

G. FERRETTI - R. RIZZO - G. VIGNALI

INGEGNERIA ALIMENTARE

Tecnologie di produzione - Impianti Produttivi
Logistica - Economia



INGEGNERIA ALIMENTARE

Tecnologie di produzione - Impianti Produttivi - Logistica - Economia



CHIRIOTTI



EDITORI



Gino Ferretti. Professore Ordinario di Impianti Industriali Meccanici, ha insegnato nelle Università di Bologna, Padova, Trento e Parma. A Parma ha avviato i corsi di ingegneria gestionale e di ingegneria per l'industria alimentare ed è stato Preside della Facoltà di Ingegneria e Rettore dell'Ateneo.

L'attività accademica è stata frequentemente caratterizzata da una significativa interazione con il sistema produttivo e industriale. Approfondimenti specifici nell'ambito dell'impiantistica industriale sono stati rivolti alla movimentazione e al trattamento dei materiali sfusi, ai processi termici nelle produzioni alimentari e alla termofluidodinamica industriale.

È autore di numerosi lavori scientifici, negli ultimi cinque anni si segnalano oltre trenta contributi su riviste e a convegni internazionali.



Roberto Rizzo. Professore Ordinario di Impianti Industriali ha insegnato Impianti Meccanici, Sicurezza degli Impianti Industriali, Servizi Generali di Impianti, Tecnologia della produzione nell'Università Federico II di Napoli. Presso l'Università di Parma, dall'anno 1988-1989, insegna Impianti dell'Industria Alimentare.

La sua lunga esperienza accademica è stata costantemente coniugata ad un'intensa attività di progettazione, di gestione e management di impianti alimentari di riferimento internazionale.

È autore di noti testi universitari sull'Impiantistica alimentare, sulla Sicurezza degli Impianti Industriali e sulla Sicurezza nella Logistica Portuale.

Numerosissime le sue pubblicazioni conseguenti a fondamentali ricerche condotte sulle tecnologie alimentari, sull'imballaggio e sui materiali di confezionamento.

Tra i primi in Europa, negli anni 70', ha sviluppato e applicato con successo le resine poliestere (PET) nella fabbricazione dei contenitori per alimenti, dando un impulso determinante allo Sviluppo delle Tecniche del Confezionamento Asettico dei liquidi alimentari.



Giuseppe Vignali. Laureato in Ingegneria Meccanica presso l'Università degli Studi di Parma nel 2004, è Dottore di Ricerca e dal 2015 professore Associato per il Settore Impianti Industriali Meccanici presso la stessa Università.

Autore di oltre 95 pubblicazioni nazionali ed internazionali sull'impiantistica, la qualità e la sicurezza degli impianti industriali alimentari. Ricopre attualmente la carica di Direttore del centro Cerit dell'Università di Parma e di Responsabile dell'Assicurazione Qualità per il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria degli Impianti e delle Macchine dell'industria Alimentare.

Ha condotto numerosi progetti di ricerca con qualificate aziende del settore impiantistico alimentare e con prestigiose istituzioni pubbliche.

ISBN 978-88-96027-34-9



9 788896 027349

Copyright©2017
Chiriotti Editori srl
Viale Rimembranza 60 - Pinerolo - TO
Tel. 0121 393127
info@chiriottieditori.it

ISBN 978-88-96027-34-9

Tutti i diritti sono riservati, in Italia e all'estero, per tutti i Paesi. Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta, memorizzata o trasmessa con qualsiasi mezzo e in qualsiasi forma (fotomeccanica, fotocopia, elettronica, chimica, su disco o altro, compresi cinema, radio, televisione) senza autorizzazione scritta da parte dell'Editore. In ogni caso di riproduzione abusiva si procederà d'ufficio a norma di legge.

In copertina
La Natura, La Scienza, La Creatività
del Prof. Antonio Solvino

G. Ferretti - R. Rizzo - G. Vignali

INGEGNERIA ALIMENTARE

————— Contributi scientifici —————

A. Rizzi - R. Montanari - A. Petroni - F. Pavesi

INGEGNERIA ALIMENTARE



ALBA - PIAZZA S. PAOLO - MERCATO DELLE UVE

Cartolina d'epoca - Alba (CN)

INDICE	V
PRESENTAZIONE.....	VII
PREFAZIONE.....	IX
RINGRAZIAMENTI.....	XI
PARTE PRIMA.....	1
<i>Criteria di progettazione igienica degli stabilimenti alimentari</i>	
Cap. 1 - I fondamenti dell'Ingegneria Alimentare.....	3
Cap. 2 - Criteri ubicazionali per le industrie alimentari.....	45
Cap. 3 - Plant layout di una fabbrica alimentare.....	61
PARTE SECONDA.....	95
<i>Materie, prodotti e tecniche di corrente impiego nelle industrie alimentari</i>	
Cap. 4 - L'acqua.....	97
Cap. 5 - I liquidi di governo. Le bevande. Gli sciroppi.....	175
Cap. 6 - Il trattamento igienico dei contenitori. Lavatrici. Sciacquatrici. Sterilizzatrici.....	247
PARTE TERZA.....	345
<i>Operazioni fondamentali nella fabbricazione degli alimenti confezionati</i>	
Cap. 7 - Operazioni basilari nella preparazione e nella fabbricazione industriale degli alimenti.....	347
Cap. 8 - Il confezionamento degli alimenti. Realizzazione di una linea completa.....	417

PARTE QUARTA	551
<i>Processi logistici e Tipologie di riferimento di alcune produzioni alimentari</i>	
Cap. 9 – Logistica interna degli stabilimenti alimentari.....	553
Cap. 10 – I processi logistici della supply chain alimentare	621
Cap. 11 – L'industria vinicola	661
Cap. 12 – L'industria birraria.....	687
Cap. 13 – L'industria lattiero-casearia: Il Parmigiano Reggiano	709
Cap. 14 – L'industria delle conserve vegetali: Il Pomodoro.....	747
Cap. 15 – Prodotti carnei e conserve animali: Il Prosciutto.....	797
Cap. 16 – Impianti dell'industria molitoria e cerealicola	817
Cap. 17 – La pasta	877
 PARTE QUINTA.....	 909
<i>Elementi di Economia e Management dell'Industria Alimentare</i>	
Cap. 18 – Studi di fattibilità nell'industria alimentare.....	911
Cap. 19 – Valutazione degli investimenti	981
Cap. 20 – Prospettive economiche sull'evoluzione dell'industria alimentare.....	1039
 POSTFAZIONE	 1068

PRESENTAZIONE

L'umanità da sempre si dibatte tra importanti e **persistenti problematiche di fondo**, cui si sovrappongono **problematiche contingenti**, che nascono silenti, si sviluppano latenti e sopravvivono con intensità declinante prima di smorzarsi in tempi brevi definitivamente.

Le **problematiche di fondo** sono insite alla natura stessa dell'uomo e sono connesse all'ambiente nel quale egli vive; esse sono generate dai duri confronti che l'uomo sostiene sia con se stesso nel proprio intimo, sia all'esterno, con i propri simili. A tali lotte si aggiunge l'immane lavoro che l'uomo deve sostenere per piegare l'ambiente alle sue esigenze: la sua è quindi una lotta continua in un mare procelloso che ha approdi radi e difficili.

Le **problematiche contingenti**, derivando da modificabili modi di pensare e stili di vivere, sono viceversa più facilmente dominabili.

Per sue connaturate esigenze morali le risorse più nobili di cui dispone, ovvero il pensiero e la sensibilità, l'uomo tende ad impiegarle nella soluzione delle **problematiche di fondo** nel convincimento di poter meglio salvaguardare la fisicità e la spiritualità della propria specie.

Proprio per questa ragione, forse, molti studiosi hanno scelto di riservare alle **difficoltà di fondo** le loro migliori energie con la riposta certezza che, alla fine, anche se il loro contributo alla causa risultasse infinitesimo, purché positivo, sarebbe comunque di grande utilità.

Con questi convincimenti, nella seconda metà del XX secolo, molti giovani ricercatori delle università e nei centri di ricerca più accreditati a livello mondiale si dedicarono con entusiasmo e spirito positivo a tre filoni di ricerca di

eccezionale rilevanza: la carenza del cibo, la salvaguardia dell'integrità fisica dei lavoratori e la salvaguardia dell'ambiente.

Problematiche purtroppo non ancora completamente risolte.

* * *

Delle prime due tematiche, nella seconda metà degli anni 80', ne parlarono con realismo e ponderatezza, nel corso di un incontro informale Imprenditori ed Accademici, che assunsero il tacito impegno di riattivare presso l'Università di Napoli Federico II l'insegnamento di Sicurezza del Lavoro e di istituire presso l'Università di Parma un corso di laurea specialistica in Ingegneria Meccanica dell'Industria Alimentare. L'insegnamento di Sicurezza del Lavoro fu riattivato a Napoli nell'a.a. 1988-1989. L'impiantistica Alimentare trovò invece un più complesso riscontro attuativo, in particolare, presso gli atenei di Parma, Salerno e altri.

Il corso di laurea Magistrale di Ingegneria Meccanica dell'Industria Alimentare fu attivato a Parma nell'anno acc. 2004/2005, sull'abbrivio del preesistente insegnamento di Macchine e Impianti dell'Industria alimentare con il decisivo sostegno dell'imprenditoria locale. Esso fu favorevolmente accolto non solo dalle Istituzioni socio-economiche della Città di Parma e della Regione Emilia Romagna, ma, con soddisfazione, dall'intera comunità scientifica e produttiva italiana.

Nell'ambito ingegneristico, dopo un impegnativo rodaggio, il Corso di Laurea fu via via implementato di contributi scientifici e di insegnamenti mutuati da discipline affini e complementari agli Impianti Industriali, fino ad assumere l'attuale denominazione di Corso di Laurea Magistrale di Ingegneria degli Impianti e delle Macchine dell'Industria Alimentare.

Con la pubblicazione di questo testo, dedicato all'**Ingegneria Alimentare**, è stato quindi rinnovato il tacito impegno assunto da parte del Prof. Ferretti e del Prof. Rizzo più di trent'anni prima.

Il nostro auspicio è che nelle nuove generazioni di ingegneri, tecnici ed industriali dediti alla produzione e distribuzione degli alimenti si rafforzino ulteriormente l'interesse per questa disciplina e venga pienamente acquisita e condivisa la consapevolezza che non ci sono solo da salvaguardare aspetti economici e scientifici ragguardevoli, ma sono da salvare i valori di una civiltà che rischia di essere definitivamente travolta: *la civiltà rurale - artigianale che non prende alla natura più di quello che riesca a riversarle, con consapevole coscienza che i conti del dare e dell'aver debbano essere sempre in pareggio.*

Le scienze tecnologiche attuali, delle quali questa opera dà ampia testimonianza, potrà essere d'aiuto agli specialisti del settore nel sostenere la subentrante civiltà **cittadina - industriale** nel continuare l'opera di quella **rurale - artigianale**, individuando e fissando il punto fermo d'equilibrio che consentirà ai fruitori delle risorse di integrare giorno dopo giorno, anno dopo anno, ciclo dopo ciclo, ciò che consumeranno.

Gino Ferretti
Roberto Rizzo

PREFAZIONE

L'esplosione culturale degli ultimi decenni del XX secolo, tuttora in atto, è generalizzata ed ha investito tutti i settori del sapere: Scienze Umane, Scienze Umanistiche, Scienze Estetiche e Scienze Tecniche; dandosi al primo e all'ultimo termine il loro significato classico, attribuendo però alle Scienze Umanistiche e alle «Scienze Estetiche» il significato di insieme delle attività di ricerca e speculazione intellettuale che investono l'individuo nel suo inscindibile binomio: fisicità-spiritualità.

Un binomio quest'ultimo nobilissimo ed esclusivo in tutto il Creato.

È evidente che la rappresentazione schematica dei saperi, così come sopra configurati, è abbastanza astratta, perché tali saperi, immancabilmente, interferiscono tra loro sovrapponendosi, intrecciandosi e distaccandosi attraverso il perenne gioco della «interferenza reciproca», determinato dal loro indipendente progresso-regresso nel tempo. Tale gioco è regolato da un principio dinamico universale, che nella fattispecie può esprimersi: «*Il Sistema dei Saperi, così come l'Universo fisico, è in continua espansione-contrazione per rinnovarsi ciclicamente.*».

Soffermandoci sulle Scienze Tecniche, in particolare quelle applicate, esse sono tuttora «nell'occhio» di questa esplosione culturale che ha rimosso molti, se non tutti, i confini tradizionali che erano stati posti all'interno di tali saperi; per cui, specificamente nel campo dell'Ingegneria è necessario non distinguere più i saperi in settori (Ingegneria elettrica, meccanica, dei materiali, idraulica ...), ma piuttosto parlare di Sistemi Ingegneristici che investono trasversalmente tutti questi saperi. Focalizzando le nostre riflessioni culturali sull'Ingegneria Impiantistica, l'esperienza e la pratica professionale ci fanno affermare, con buona confidenza, che tutti i sistemi impiantistici poggiano su basi logico-tecniche comuni, la qual cosa consente la reciproca «mutuazione» di interi apparati, sezioni e comparti, definibili sottosistemi, da un sistema all'altro.

Il Sistema Impiantistico Alimentare, che si occupa della trasformazione, dell'industrializzazione e della distribuzione degli alimenti (di origine minerale, agricola, zootecnica e di sintesi), rispetto agli altri sistemi impiantistici presenta una complessità particolare, perché tratta per lo più di materie e materiali organici, spesso a bassa *durabilità*, ai quali tuttavia devono essere assicurati il mantenimento dei principi nutrizionali e delle qualità organolettiche iniziali per tempi generalmente molto lunghi, in tutti gli stadi della loro filiera, articolata e complessa, che parte dalla individuazione della loro disponibilità sui mercati nazionali ed internazionali, passa attraverso la lavorazione industriale e si conclude con la disponibilità al consumo su un mercato ampiamente interconnesso.

Il sistema al quale si interessano gli Impianti dell'Industria Alimentare, è schematizzabile come in **fig. I**.

È evidente che, data la complessità della filiera e la diversità delle operazioni da attuare, spesso un'unica azienda alimentare non realizza il ciclo integrale, ma solo una parte dello stesso o la parte terminale.

È da tener presente che quello alimentare rappresenta il comparto più importante dell'intera economia mondiale e che l'industria degli impianti e delle macchine

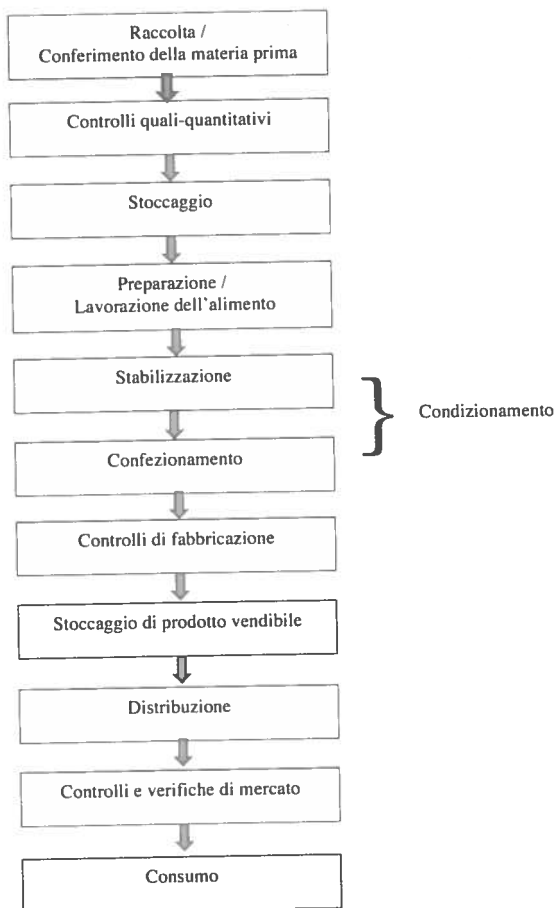


Fig. 1 - Sistema impiantistico alimentare.

per l'industria alimentare, di cui l'Italia è uno dei massimi produttori, è una delle colonne portanti del sistema manifatturiero italiano ed europeo.

Per quanto attiene viceversa alle produzioni alimentari, l'Italia rappresenta tuttora in molti comparti una «punta di diamante» mondiale, sia sotto l'aspetto qualitativo, sia quantitativo.

Su queste realtà, già da tempo consolidate, si basò la decisione operata nell'anno accademico 2004/2005 di istituire presso l'Università degli Studi di Parma un Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica dell'Industria Alimentare. L'iniziativa ebbe un decisivo impulso grazie all'impegno dei Proff. G. Ferretti, Rettore dell'Università, R. Rizzo, A. Rizzi, A. Villa Chiesi Preside della Facoltà di Ingegneria, G. Pagliarini, R. Montanari, A. Petroni e di tutto il personale docente e non docente del Dipartimento di Ingegneria

Meccanica, sostenuti in questo notevole impegno dal tessuto industriale del territorio parmense e della Regione Emilia Romagna.

È opportuno ricordare che nello stesso periodo, il Governo Italiano si impegnò positivamente presso le Istituzioni Europee, perché a Parma fosse localizzata l'EFSA (Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare), talché, anche in ordine alle molteplici iniziative dell'Università, Parma fu riconosciuta di fatto da parte della Comunità internazionale, quale Centro di Eccellenza del settore «Food».

Ci siamo soffermati su questi eventi e su alcuni nomi, perché riteniamo che **la riconoscenza nella sua vera essenza debba essere intimamente concessa dall'animo umano solo a quegli uomini e a quelle istituzioni che hanno operato ed operano con concretezza nell'egida del disinteresse individuale e nella disinteressata prospettiva del progresso della collettività.**

La nascita e lo sviluppo dell'Ingegneria Alimentare a Parma è un caso ammirevole ed emblematico di questo assunto.

Gli Autori

RINGRAZIAMENTI

*Il testo **Ingegneria Alimentare** si è molto giovato dell'incoraggiamento e dell'esperienza di Alberto Chiriotti, editore e uomo di punta della cultura impiantistica alimentare in Italia ed Europa.*

Un riconoscente ringraziamento si rivolge a Felice Vitale per la fondamentale collaborazione data nella ricerca tecnica e ingegneristica, a Ciro Beffi, Marianna C. Pepe e Davide Mosna, che con professionalità e precisione hanno svolto l'impegnativo "lavoro invisibile" che è dietro la realizzazione di un testo ampio e multidisciplinare che si spera, risulti ben fatto.

Particolare gratitudine si esprime al Cav. Lav. Dott.ssa Grazia Bottiglieri che benevolmente ha messo a disposizione i suoi ampi archivi e la rara documentazione sulla civiltà alimentare italiana in suo possesso: le osservazioni, i consigli e i suggerimenti che ne sono derivati, hanno contribuito a migliorare il testo, eliminando lacune e imprecisioni.

Ingegneria Alimentare

*“ La cultura umana trae origine da atti
di coraggio, di furbizia e di tradimento
perpetrati da rari e radi uomini
intelligenti ed altruisti ”*

R.R.

– PARTE PRIMA –

CRITERI DI PROGETTAZIONE IGIENICA DEGLI STABILIMENTI ALIMENTARI

- ▶ I fondamenti dell'ingegneria alimentare
- ▶ Criteri ubicazionali per le industrie alimentari
- ▶ Plant layout di una fabbrica alimentare

*Il miglior modo di comprendere
una cosa è costruirla*
S. Tommaso d'Aquino
Summa Theologica

* * *

*Progredite con giudizio
verso la Semplicità*
R.R.

* * *

*Quando l'umana attività fabbrica sulla natura,
noi possiamo aspettarci delle piramidi;
ma dove manca questa base, l'edificio
deve essere basso*
Thom Browne
Christian Morals

Voi non sapete quanta astuzia
s'impara guardando come un'ape entra in un fiore
e un ragno chiappa la mosca.

Scipio Slataper – Il mio Carso

Capitolo primo

I FONDAMENTI DELL'INGEGNERIA ALIMENTARE

1.1. GLI ALIMENTI: DEFINIZIONI E ASPETTI GENERALI

Per comprendere in profondità il significato di «Ingegneria Alimentare» e la necessità di dedicare ad essa un corso di Laurea Magistrale, è bene rifarsi alla definizione classica di «alimento», e richiamare l'importanza che gli alimenti assumono non solo nel sostentamento fisico degli esseri viventi, ma anche e soprattutto nella loro «qualità di vita».

Alimento può definirsi ogni sostanza che l'organismo vivente, nel nostro caso l'organismo umano, introduce in se stesso ed utilizza:

- Per riparare le perdite di materie prodotte dalla sua normale attività fisiologica;
- Per accrescere o mantenere nei limiti fisiologici la sua massa;
- Per produrre lavoro e calore;
- Per regolare le sue normali attività fisiologiche;

Conseguentemente, tutti i costituenti base degli organismi viventi, ossia i minerali (acqua e sali) e gli organici (protidi, lipidi e glucidi) sono da considerarsi alimenti.

Così come alimento deve essere considerato anche l'ossigeno, necessario per trasformare l'energia potenziale (chimica) degli alimenti organici in energia attuale (calore, lavoro, elettricità, onde elettromagnetiche).

Ritornando agli alimenti, è opportuno per coloro che si occupano prevalentemente di sistemi ingegneristici, riferirsi ad una distinzione abbastanza canonica tra i vari alimenti:

- Alimenti semplici o principi alimentari*: L'acqua, i sali, i protidi, i lipidi ed i glucidi sono detti alimenti semplici o *principi alimentari*¹
- Alimenti naturali*: Organismi o tessuti vegetali o animali più o meno modificati da procedimenti industriali. Essi contengono in genere quasi tutti i principi alimentari. Gli alimenti semplici sogliono essere distinti in plastici ed energetici: gli alimenti plastici sono quelli che vengono utilizzati per la riproduzione dei tessuti e per l'accrescimento. Tali sono, in senso assoluto, l'acqua e i sali, in senso relativo i protidi, i lipidi ed i glucidi che sono costituenti cellulari. I lipidi e glucidi, in specie questi ultimi, vengono utilizzati in massima

¹ Il Valore calorico netto dei principi alimentari, risulta: Acqua 0 cal.; Protidi 4 cal./gr.; Glucidi 4 cal./gr. Lipidi 9 cal./gr

parte per la produzione di calore e di lavoro, quindi sono soprattutto alimenti energetici², mentre i protidi dopo l'acqua e i sali sono soprattutto plastici.

c) *Alimenti protettivi*: si tratta di alimenti che, indipendentemente dall'eventuale valore plastico o energetico, hanno grande importanza per il normale svolgimento dei processi metabolici e quindi «proteggono» l'organismo da disturbi della nutrizione. Tali sono le vitamine contenute in alimenti naturali (frutta, verdura e ortaggi). Gli alimenti naturali che contengono le vitamine, generalmente hanno scarso valore plastico ed energetico, ma possiedono grande valore protettivo anche in virtù delle sostanze minerali che contengono in tracce minime, detti «elementi oligominerali», indispensabili per il normale metabolismo.

Valore protettivo hanno alcuni alimenti proteici, particolarmente di origine animale, quali il latte, la carne, le uova, i quali oltre ad essere alimenti plastici per eccellenza ed eventualmente anche energetici, hanno un grande valore protettivo, perché le loro proteine contengono in notevole proporzione aminoacidi indispensabili all'accrescimento, alla ricostruzione dei tessuti e alla elaborazione, da parte dell'organismo, di enzimi e ormoni.

d) *Alimenti Nervini*: non possono essere considerati alimenti nel senso tradizionale del termine, ma per la loro azione sul sistema nervoso, agiscono sui processi della digestione e di assorbimento degli alimenti. Fra i nervini si ricordano il caffè, il thè, il cioccolato. Un piccolo valore energetico è ad essi conferito dal poco zucchero con cui essi, in genere si condiscono; contengono tutti e tre piccola quantità di basi puriniche.

Anche il brodo di carne si può considerare tra i nervini, perché ha un'azione tonica sul sistema nervoso e in pratica nessun valore nutritivo. Esso contiene creatina e creatinina, basi puriniche e altre sostanze non nutritive.

Alcuni considerano come nervino anche l'alcool che, in piccole dosi, eleva il tono ed eccita le secrezioni digestive.

L'alcool, se consumato in moderata quantità ed in soluzioni diluite, come nel vino, è un vero alimento energetico.

I liquori (amari, tonici, distillati alcolici in genere), se consumati in piccole dosi e non abitualmente, possono stimolare la secrezione della saliva e del succo gastrico. In ogni caso i nervini sono del tutto superflui per la buona utilizzazione degli altri alimenti.

e) *Condimenti*: Sono quelle sostanze che conferiscono ai cibi sapore, odore ed in genere ne migliorano le qualità organolettiche.

Non bisogna pensare che tali sostanze siano richieste dalla golosità o dalla ghiottoneria dell'uomo più o meno civilizzato, perché è acclarato, attraverso sperimentazioni diversificate e approfondite, che anche gli animali rifiutano cibi insipidi ed inodori. Tra i condimenti, tralasciando i grassi, si annoverano il sale da cucina, lo zucchero, il miele (anche essi veri alimenti), il limone, l'a-

² Alimenti strettamente energetici possono essere considerati l'alcool etilico, nei limiti in cui l'organismo è in grado di ossidarli ed il saccarosio. Essi però vengono prodotti dall'industria alimentare e quindi non sono da considerarsi alimenti naturali.

ceto, molte erbe aromatiche (prezzemolo, basilico, timo, rosmarino e simili), e diverse droghe (pepe, senape, cannella, noce moscata, ecc.) ed infine, quegli aromi che si sviluppano durante la preparazione delle vivande, come quando si arrostitisce il pesce o la carne o si cuoce il pane al forno.

L'importanza fisiologica dei condimenti sta nella loro proprietà di eccitare la secrezione dei succhi digestivi: basta la rappresentazione mentale, o la vista o l'odore di una pietanza per far venire «l'acquolina in bocca», a provocare cioè la secrezione psichica della saliva e quella del succo gastrico.

Finalmente come osserva il Tigerstedt³, può considerarsi come condimento tutto ciò che rende gradevole i pasti, come l'accurata preparazione del tavolo, una gaia conversazione, e diciamo noi, una piacevole compagnia.

Per permettere agli alimenti di mantenere per tutto il loro complesso ciclo di durata, ossia raccolta, preparazione, stabilizzazione, confezionamento, stoccaggio, distribuzione e consumo, le loro delicatissime qualità nutrizionali ed organolettiche sostanzialmente inalterate, o come suol dirsi, conferir loro un'adeguata shelf life, bisogna intervenire anche preventivamente sui molteplici fattori che possono provocarne un decadimento qualitativo.

Tali fattori possono classificarsi in tre categorie:

1. *Fattori Fisici* (luce, temperatura, sollecitazioni meccaniche estreme, radiazioni elettromagnetiche, radiazioni ionizzanti).
2. *Fattori Chimici* (reazioni chimiche tra i componenti costitutivi dell'alimento e reazioni tra questi e sostanze ambientali esterne).
3. *Fattori Biologici* (variazioni enzimatiche, proliferazione microbiche, infestazioni).

L'Ingegneria Alimentare deve quindi suggerire, individuare e perfezionare tecnologie, in genere multidisciplinari, atte a prevenire, ad inibire e limitare le influenze negative di questi fattori sulla sicurezza di consumo e sulla accettabilità organolettica e nutrizionale del prodotto finito. Essa è quindi una branca importantissima dell'Ingegneria dei Sistemi.

Non avendo la presunzione di essere esaustivi, riteniamo che tra i fattori che maggiormente influiscono sulla sicurezza e integrità al consumo dei cibi siano da prendere in considerazione i seguenti:

- Adeguata scelta delle materie costituenti il prodotto e dei materiali con i quali essi verranno «a contatto»;
- Correttezza dei trattamenti termici finalizzati alla stabilizzazione microbiologica ed al conferimento di caratteristiche di processo essenziali come la cottura, la frittura, la bollitura, il congelamento et similia;
- Corretto stoccaggio delle materie componenti l'alimento e dei prodotti ausiliari del processo;
- Reciproca compatibilità fra le sostanze che compongono l'alimento;

³ Robert Adolph Armand Tigerstedt: (28 Febbraio 1853 Helsinki, Finlandia - + 12 Febbraio 1923 Helsinki, Finlandia) era uno scienziato finlandese, medico e fisiologo che, con il suo studente Per Bergman, ha scoperto la Renina presso l'Istituto Karolinska di Stoccolma nel 1898. La renina è un componente del sistema renina-angiotensina che regola la pressione sanguigna.

I fattori che possono avere un'influenza decisiva «sull'accettabilità» del prodotto finito, ovvero sui suoi caratteri organolettici e le sue caratteristiche nutrizionali sono:

- Le tecnologie di preparazione/trattamento dei singoli componenti;
- Le tecnologie di preparazione del prodotto finito;
- La scelta degli imballaggi primari e secondari;
- La scelta della tipologia e delle modalità di campionatura per i controlli di qualità;
- La scelta degli aromatizzanti, conservanti e altri additivi naturali e/o sintetici con verifica della loro compatibilità con il substrato;

In definitiva per realizzare un buon prodotto alimentare è necessario far convergere in un «unicus focus» moltissimi saperi teorici e pratici delle Scienze Naturali, Sperimentali e Ingegneristiche.

1.2. NOZIONI FONDAMENTALI SUI PRINCIPI ALIMENTARI⁴

1.2.1. I principi alimentari

Si definiscono alimenti le sostanze di cui l'uomo si nutre, utilizzandole per costituire e reintegrare la materia vivente e per sviluppare energia, calore, lavoro muscolare e altre forme di energia radiante.

Affinché gli alimenti entrino nell'economia dell'organismo è necessario che contengano le sostanze minerali e organiche che ne rappresentano la parte assimilabile e che vengono indicate correntemente come *principi immediati*. Non considerando l'ossigeno, prelevato in parte dall'aria e che interviene, come è noto, nella produzione di calore, i principi alimentari immediati sono l'acqua, i sali, le proteine, i carboidrati, le sostanze grasse, le vitamine e gli oligoelementi⁵.

L'acqua ha una grandissima importanza rappresentando in media il 70% del peso del corpo umano; costituisce il veicolo delle sostanze nutritive elaborate nella digestione e di buona parte di quelle che si formano nei processi di degradazione che avvengono nelle cellule, in cui partecipa anche ai fenomeni ricostruttivi. Essa viene fornita dagli alimenti, in particolare dalle verdure e dalla frutta, più ancora dalle bevande e dall'assunzione diretta. Ne occorre giornalmente una notevole quantità per compensare le continue perdite, che avvengono attraverso la respirazione, la traspirazione e l'eliminazione delle urine e delle feci.

I Sali sono contenuti nei cibi in una proporzione variabile dall'1 al 5% e provengono da vari acidi minerali e organici, presenti questi ultimi non di rado anche allo stato libero; sono indispensabili per l'edificazione, lo sviluppo e il mantenimento delle cellule e funzionano inoltre come agenti coadiuvanti nell'eliminazione dei prodotti di rifiuto, che si formano nella trasformazione delle proteine.

⁴ Cfr. S. Vanni. La conservazione dei prodotti alimentari. G. Lavagnolo. Torino.

⁵ Alcuni probabilmente attivati, per specifici loro aspetti, da radiazioni elettromagnetiche.

Gli elementi chimici maggiormente presenti nel corpo umano, ove si trovano sotto forma di sali minerali e di composti organici più o meno complessi, sono il carbonio, l'idrogeno, l'ossigeno e l'azoto, considerati appunto come gli elementi *organogenetici*.

Seguono nel rapporto quantitativo il cloro, lo zolfo, il fosforo, il potassio, il sodio, il calcio, il magnesio ed il ferro e in quantità minore il fluoro, lo iodio, il rame ed il manganese, mentre il bromo, l'arsenico, lo zinco e molti altri si trovano in quantità estremamente piccole, pur partecipando ai processi vitali con un'attività per alcuni aspetti non completamente chiarita.

Le *proteine* o *protidi*, chiamate comunemente *albuminoidi* o *sostanze azotate*, sono dei composti quaternari molto complessi, costituiti dai quattro elementi chimici citati per primi; l'azoto entra in media per il 14%. Si riscontrano in proporzioni variabili nelle piante e negli animali ove formano il componente fondamentale del plasma cellulare. Vengono considerate come degli alimenti plastici perché servono all'accrescimento dei tessuti e al rinnovo delle cellule deperite, dando all'individuo l'aspetto che noi definiamo "normale".

Si distinguono in vari gruppi, fra i quali i più importanti sono: le *albumine*, solubili in acqua e coagulate dal calore (albumina del bianco d'uova, siero-albumina del sangue, latte-albumina del latte); le *globuline* che comprendono la glutenina e la gliadina dei cereali, la legumina dei legumi, la miosina dei muscoli; le *fosfoproteine* contenenti acido fosforico (caseina del latte, vitellina del tuorlo d'uova) anch'esse coagulate dal calore; le *scleroproteine* presenti nei tessuti rigidi (collagene dei tendini e delle cartilagini, osseina delle ossa).

Il calore provoca delle modificazioni profonde nella natura di tutte le proteine, rendendole meno attaccabili dai succhi digestivi. Sono del resto delle sostanze di stabilità poco elevata, che si decompongono spontaneamente (autolisi) o sotto l'azione degli acidi, degli alcali e di particolari enzimi come quelli elaborati dalle ghiandole gastriche (*pepsina*), dal pancreas (*tripsina*), dalle ghiandole intestinali (*erepsina*).

Per azione di questi enzimi si scindono in prodotti di struttura chimica via via più semplice e solubili in acqua: i primi termini sono le albumosi ed i peptoni, a cui fanno seguito numerosi amminoacidi e come prodotti finali l'urea e l'acido urico. La produzione di quest'ultimo è notevole nella degradazione delle proteine animali; l'azoto di quelle vegetali si trasforma principalmente in urea. L'organismo, servendosi dagli amminoacidi messi in libertà nella digestione, rielabora le proteine complesse all'interno delle sue cellule.

Le sostanze proteiche naturali non contengono i medesimi amminoacidi e quelli comuni a tutte si trovano quasi sempre in proporzioni differenti; alcuni si riscontrano più abbondanti (o soltanto) nelle proteine animali, altri in quelle di origine vegetale. L'organismo umano però li richiede tutti per sintetizzare dei nuovi protidi; da qui l'utilità del regime alimentare misto vegeto-animale, con prevalenza degli alimenti vegetali.

Gli *idrati di carbonio* o *carboidrati* o con termine più esatto i *glucidi* sono contenuti, salvo il glicogeno presente nel fegato e anche nella carne degli equini, nelle piante ove si raccolgono principalmente nei frutti, nei semi e in qualche radice. Risultano formati da carbonio, idrogeno e ossigeno e hanno la funzione di ali-

menti termogeni, energetici o dinamogeni, poiché introdotti nell'organismo e trasportati nelle cellule vi vengono ossidati con sviluppo di calore e di energia utilizzata nel lavoro muscolare.

Alcuni, indicati genericamente con il nome di *zuccheri* sono solubili nell'acqua e hanno sapore più o meno dolce; possono avere una struttura chimica piuttosto semplice, come il glucosio e il levulosio o fruttosio o zucchero di frutta oppure risultare dalla condensazione di due molecole dei predetti, come il saccarosio o zucchero comune ricavato dalle bietole o dalla canna da zucchero, il lattosio (zucchero di latte) contenuto nel latte dei mammiferi.

Derivati più complessi sono i glucidi insolubili nell'acqua, quali l'amido o fecola e il celluloso o cellulosa. Gli acidi li decompongono con maggior facilità sotto l'azione di speciali enzimi idrolizzanti. Per questo suo comportamento, mentre la cellulosa è indigeribile, l'amido viene assimilato dal nostro organismo, in cui gli enzimi *ptialina* della saliva e *amilopancrasi* del succo pancreatico lo trasformano in glucosio.

Le sostanze grasse o *lipidi*, come i glucidi, risultano formate da carbonio, idrogeno e ossigeno e agiscono anch'esse da termogeni e da dinamogeni, ma mentre gli idrati di carbonio ed in particolare gli zuccheri, sono dei riparatori di energia ad effetto rapido, i lipidi hanno un'azione più lenta, ma meno passeggera.

Si riscontrano sia negli animali sia nelle piante. Nei primi, a parte quelli esistenti nel latte e nei tuorli delle uova, si trovano accumulati nel pannicolo adiposo sottocutaneo (e qui compiono anche una funzione protettiva contro le dispersioni di calore e gli urti) e nei tessuti che circondano alcuni organi interni (reni, intestini, ect.) in taluni di questi organi, ad es. nel fegato. Nelle piante si accumulano soprattutto negli organi riproduttori: frutti e semi.

Le sostanze grasse sono delle miscele di più gliceridi, vale a dire di composti derivanti dalla glicerina combinata con degli acidi organici quali, il palmitico, lo stearico, l'oleico, e simili raggruppati appunto sotto il nome generico di *acidi grassi*. Alla temperatura ordinaria possono presentarsi allo stato solido (ad es. il sego) oppure essere pastose (ad es. il burro e lo strutto) od ancora liquide, formando allora gli oli. Sono tutte insolubili nell'acqua e di stabilità relativa; all'aria e alla luce *irrancidiscono*, cioè si decompongono, liberando la glicerina e gli acidi grassi, che per ossidazione danno origine a composti di odore e sapore particolarmente sgradevoli.

L'assimilazione dei lipidi nel corpo umano avviene grazie all'intervento di speciali enzimi (*lipasi*) del succo pancreatico e intestinale che li emulsionano nel chilo⁶ acquoso, suddividendoli in particelle talmente piccole da poter attraversare l'intestino per passare nel sangue con gli amminoacidi dei protidi e gli zuccheri.

Collegati con le sostanze grasse sono i *fosfatidi* o *fosfolipidi*, i quali contengono anche azoto e fosforo, due elementi di grande importanza fisiologica, poiché concorrono alla formazione dei tessuti nervosi od ossei. Si riscontrano allo stato

⁶ Linfa proveniente dall'intestino e contenente materiali nutritivi assorbiti da questo durante la digestione.

di lecitina animale nel tuorlo d'uova, di lecitina vegetale nei germi di molti semi, di cerebrina nei gangli nervosi, ecc.

Le *vitamine*, (o *fattori vitaminici*) sono delle sostanze la cui mancanza è causa di gravi disturbi (*avitaminosi*). Si riscontrano in quantità sempre assai piccole in molte piante e in diversi organi animali; talora in una forma fisiologicamente inattiva, chiamata *provitamina*, trasformabile facilmente nella forma attiva. Si ricavano allo stato puro o concentrato, ma quasi tutte sono producibili sinteticamente. Somministrate anche in dosi minime, ristabiliscono le funzioni alterate.

Possono essere solubili nell'acqua (*vitamine idrosolubili*), oppure nelle sostanze grasse (*vitamine liposolubili*) e in generale non sono molto stabili al calore e agli agenti ossidanti.

Correntemente si usa differenziarle con le lettere dell'alfabeto, alle quali si pongono degli indici numerici quando si considerano come appartenenti al un medesimo gruppo, pur avendo in realtà delle funzioni fisiologiche differenti. Quelle più importanti sono:

- 1) *Vitamina A* - Questa vitamina liposolubile si trova relativamente abbondante allo stato di provitamina (*carotene*) in molti ortaggi: carote, spinaci, cavoli, asparagi, piselli, ecc., in parecchi frutti: pomodori, pesche, susine, ecc. ed esiste pure nelle uova e in diversi grassi animali e vegetali. Favorisce la digestione, l'accrescimento e combatte la xeroftalmia, per cui è chiamata anche *vitamina antixeroftalmica*.
- 2) *Vitamina B* - Il complesso vitaminico indicato con la lettera B comprende parecchi fattori, fra cui ricordiamo i seguenti:
 - a. La *vitamina B₁* - chiamata anche *aneurina*, *tiamina* o *vitamina antineuritica*, si riscontra nei tegumenti corticali delle granella dei cereali, nei piselli, nelle noci, nei tuorli d'uova e ancor più nel lievito di birra; stimola i processi del metabolismo e si oppone alle affezioni polineuritiche.
 - b. La *Vitamina B₂* - o *lattoflavina* interviene nel determinare la debole colorazione giallognola del latte e del burro ed è presente nella carne e in molte verdure; favorisce la moltiplicazione delle cellule e quindi l'accrescimento dei tessuti.
 - c. La *vitamina B₆* - esplica un'azione favorevole sulla pelle, sul sangue e sul sistema nervoso.
 - d. La *vitamina PP* o *fattore antipellagroso* è l'ammide dell'acido nicotinico e si riscontra nella carne, nei tuorli delle uova, nel latte, nei legumi, ecc.: combatte la malattia della pellagra⁷ e partecipa alla respirazione cellulare.
 - e. L'*acido pantotenico*, di natura amminoacido, è presente nei legumi, nei cereali e simili; interviene attivamente nel determinare la crescita dell'individuo.
- 3) La *vitamina C* - o *acido ascorbico* è una sostanza idrosolubile, abbondante principalmente nella frutta a polpa acida, come limoni, aranci, pomodori, ciliege e non manca negli ortaggi in genere e nei legumi; regola i processi di ossido-ri-

⁷ Pellagra: malattia da carenza alimentare di vitamina PP, caratterizzata da disturbi dell'apparato digerente, nervoso e da lesioni cutanee di tipo eritematoso; particolarmente frequente nelle popolazioni con alimentazione a base di granturco.

duzione, e previene lo scorbuto e non poche malattie infettive, rappresentando quindi il fattore vitaminico di difesa.

- 4) Il *complesso vitaminico D* - comprende diversi fattori liposolubili, fra cui la *vitamina D₂* o *calciferolo* che regola la fissazione del calcio e del fosforo e quindi facilita la formazione dei tessuti ossei opponendosi anche alla loro decalcificazione. Si trova principalmente nei grassi animali, soprattutto negli oli di fegato dei pesci. L'alcol aromatico ergosterolo che si riscontra in molti funghi, ad es. nella segala cornuta e in quasi tutti gli organi del corpo umano, passa allo stato di vitamina D₂ quando viene irradiato con i raggi ultravioletti; è quindi una provitamina e tali sono pure altri steroli che conducono alle vitamine D₃ e D₄.
- 5) La *vitamina E* - agisce favorevolmente sulla fecondità ed è quindi denominata anche *vitamina antisterilica*; risulta formata da due composti entrambi liposolubili e a funzione fenolica: l' α e il β tocoferolo, che si riscontrano negli oli di semi, più ancora in quelli provenienti dai germi dei cereali e anche nella lattuga, negli spinaci e nelle altre piante.
- 6) La *vitamina K* - o *antiemorragica* è considerata nella forma K₁, come un derivato del naftochinone, mentre allo stato di vitamina K₂ è un derivato dell' α -naftolo. La prima si trova nelle piante verdi e principalmente nell'erba medica; la seconda è stata isolata dalla carne di pesce alterata.

Minor importanza sembrano avere la *vitamina F* che interessa le funzioni della pelle, la *vitamina M* o *acido folico*, presente in alcuni vegetali, ad es. negli spinaci e nel lievito di birra è in stretta relazione con il fattore antiemorragico del fegato, la *vitamina P* contenuta negli agrumi è capace di mantenere la permeabilità delle pareti dei capillari sanguigni⁸.

Dipende quindi dall'apporto di vitamine la regolarità di tutte le nostre funzioni vitali ed il raggiungimento dell'equilibrio organico.

La non grande stabilità dei principi vitaminici ha un grande interesse per l'industria alimentare e giustifica la constatazione fatta da tempo che l'uso esclusivo o anche eccessivo di cibi conservati in condizioni tali da distruggere le vitamine può determinare nell'uomo degli inconvenienti non lievi. Le ricerche hanno messo in evidenza che in generale le vitamine si mantengono inalterate più a lungo in ambiente acido; che le vitamine A, E e C hanno una maggior sensibilità verso l'ossidazione delle D e F; che le B e C sopportano il calore anche a 100° purché il riscaldamento sia effettuato in assenza di aria. L'essiccamento a temperatura poco più elevata dell'ordinaria, ad es. al sole e anche il raffreddamento non alterano l'attività vitaminica, sempre nel caso che sia esclusa la possibilità di una loro ossidazione. **Queste constatazioni debbono essere tenute presenti dagli specialisti delle preparazioni alimentari, essendo indispensabile mantenere inalterate le quantità, sempre piccole, di questi preziosi principi alimentari contenuti nelle materie prime lavorate.** Le condizioni in cui oggi si lavora negli stabilimenti adeguatamente attrezzati, dove tutte le operazioni sono eseguite sotto controllo, con criteri scientifici e strumentazioni di precisione sono tali da conservare abbastanza bene, se non integralmente, il contenuto vitaminico.

⁸ Alcuni fisiologi concordarono sull'esistenza di anti-vitamine, la cui presenza blocca o riduce l'azione benefica delle vitamine.

1.2.2. L'alimentazione umana

La scoperta delle vitamine rese concettualmente incompleto il significato di razione alimentare, vale a dire la quantità giornaliera di alimenti che si ritiene corrisponda alle esigenze dell'organismo, prendendo come base esclusiva l'energia calorifica, misurata in calorie, che i protidi, i glucidi e i lipidi sviluppano nella loro ossidazione.

Ammesso, che un uomo sano di media età occupato in un lavoro non affaticante consumi giornalmente 3.400 calorie, sapendo che dalla combustione di un gr. di protidi, di lipidi e di glucidi si sviluppano rispettivamente 4,2; 9,3 e 5 calorie, veniva calcolata la quantità complessiva di questi principi immediati atta a fornire le 3400 calorie e, in base al loro tenore percentuale nelle derrate, le porzioni di queste e cioè la **razione alimentare**. Ad es. si ritenevano necessari:

100 g di proteine pari a	420 calorie
100 g di grassi pari a	930 calorie
410 g di glucidi pari	2050 calorie

con un totale di 3.400 calorie fornite ad es. da circa;

pane	300 g
pasta da minestra	100 g
burro	50 g
carne di bue magra	100 g
patate	250 g
formaggio	100 g

Si teneva conto sempre dell'età, del sesso, del clima e dell'energia consumata nel lavoro quotidiano, ma non si teneva presente che un'alimentazione, anche esuberante, limitata ai tre principi alimentari immediati è insufficiente a mantenere l'organismo in buone condizioni di salute se mancano le vitamine. Per stabilire quindi la razione alimentare capace di compensare le perdite quotidiane debbono essere valutati tutti i principi alimentari, nessuno escluso.

È necessario poi ricordare che un individuo affaticato ha bisogno di una massa alimentare ben proporzionata, altrimenti il lavoro forzato imposto all'apparato digerente ne turba il regolare funzionamento con conseguenze che si manifestano in tempo non breve, ma anche in modo difficile da riparare.

Gli alimenti principali. Gli alimenti che l'uomo consuma sono per lo più delle sostanze solide raramente solubili nell'acqua e quindi di pronta assimilazione; quelle insolubili vengono rese tali dalla digestione. Questa è più facile se i componenti non assimilabili vengono almeno in parte allontanati. È però anche necessario che i cibi presentino un aspetto, un odore ed un sapore gradevole. Molti studiosi hanno riconosciuto che il loro aroma sollecita per riflesso psichico le ghiandole elaboranti i succhi digestivi.

A ciò provvede la cucina mediante la cottura e l'aggiunta di condimenti, e l'industria alimentare con i suoi molteplici prodotti appetitosi, molti dei quali sono anche concentrati per eliminazione dei componenti non necessari. A que-

sti pregi va aggiunto ancora il fatto che molti cibi conservati sono subito o in breve tempo pronti al consumo, ciò che li rende assai utili a chi è preposto alla loro preparazione quotidiana.

Vengono inoltre evitati non pochi errori dietetici, provocati da un'insufficiente valutazione del potere nutritivo delle derrate alimentari adoperate. Questi errori, oltre a turbare il regolare andamento delle funzioni vitali, obbligherebbero molti individui a ricercare il rimedio negli eccitanti, magari nella grappa, nel thè e nei liquori più sofisticati.

È a questo punto opportuno effettuare un rapido esame preliminare delle principali derrate alimentari, attraverso il quale siano messe in rilievo le caratteristiche che interessano direttamente gli impiantisti industriali.

Carni. Con questo nome si indica il tessuto muscolare frammisto a vasi sanguigni e a nervi, talvolta a tendini e a grassi, che viene tolto agli animali macellati: bovini, equini, ovini, caprini, equini, dai conigli e dalla selvaggina in genere, dai volatili di allevamento domestico o selvatici. Alcuni visceri e principalmente il cervello, il cuore, i polmoni ed il fegato, sono pure adoperati; essi vengono spesso designati con il nome di *frattaglie*.

La carne di bue è la migliore; quella degli animali d'ingrasso è rossa, delicata nell'odore, con poche venature di grasso. La carne di vacca è più compatta con colorito più smorto, mentre quella dei giovani vitelli ha color roseo, è tenera, ma meno sostanziosa. La carne di cavallo è caratterizzata da una maggior lunghezza delle fibre muscolari, dall'assenza di venature grasse e dal sapore dolciastro, dovuto alla presenza del glicogeno. Le carni ovine presentano caratteri diversi a seconda dell'età dell'animale; quella degli agnelli e dei capretti è tenera e di color roseo, quella della pecora è più dura, con colore rosso sbiadito e grasso più o meno abbondante, mentre le carni della capra sono piuttosto tigliese e hanno un odore non molto piacevole. Infine le carni suine posseggono una tessitura fina, delicata, una consistenza alquanto molle, sono fornite abbondantemente di grasso e manifestano un odore speciale caratteristico.

La carne contiene principalmente acqua in ragione del 50-70%, proteine da 15 a 25%, sostanze grasse 1-30 % a seconda che provenga da animali grassi o magri, sali minerali variabili da 1 a 2 % con tracce di acidi organici; mancano gli idrati di carbonio, salvo in quella equina.

Occupi un posto molto importante nell'alimentazione e da molti è considerata come la più ricca apportatrice di sostanze azotate, il che non corrisponde al vero. Molto diffusa è l'opinione, non sempre confermata dalle ricerche sperimentali, che le carni così dette *bianche*, cioè provenienti da pollame, siano di più facile digestione e quelle fornite dal maiale siano *calorose* e da usarsi con molta limitazione. Se una limitazione è utile, essa riguarda le carni di qualsiasi provenienza e deve essere dettata dalle condizioni di salute del consumatore. Ad ogni modo è bene non abusare nel consumo della carne, tanto più quando si è affetti da disturbi uricemici.

La carne deve preferibilmente essere consumata dopo cottura. Questa dà origine a delle sostanze aromatiche aventi anche un'azione cardiaca e provoca la coagulazione delle albumine (tanto più facilmente in presenza di sale) e nelle altre proteine una modificazione profonda, talché l'insieme diventa di meno rapida digestione. Grandi quantità possono essere conservate allo stato cotto.

Le proteine della carne sono assai più facilmente alterabili di quelle vegetali, ciò che conferma la loro diversa natura chimica. Tenute anche al riparo dall'aria (carni in scatola, carni insaccate) le carni non tardano a diventare flaccide e ad essere preda dei batteri della putrefazione, i quali le decompongono con formazione di prodotti gassosi, di ammoniaca, di basi amminiche e di numerose altre sostanze d'odore sgradevolissimo. Prendono origine anche alcuni composti di costituzione chimica non sempre definita, indicati con i nomi di *ptomaine* e di *tossine*, la cui ingestione provoca dei disturbi molto gravi, sovente letali. La formazione di questi composti nelle carni avviene anche quando l'alterazione non è resa evidente dalle modificazioni dei caratteri organolettici.

Pesci e prodotti ittici. Gli italiani considerano di solito la carne dei pesci come un alimento secondario di minor valore delle altre carni. Nessuna differenza sostanziale esiste fra i due tipi. Se in quella di pesce il tenore in ferro è minore, è più alto quello in iodo e proteine, la cui quantità varia dal 18 al 22%, sono meno abbondanti gli amminoacidi che generano l'acido urico; le vitamine e in particolare la D₂ si trovano in percentuali maggiori.

L'unico inconveniente è la sua più facile alterabilità, che ne provoca un rapido rammollimento, ne modifica il colore e dà origine a dei prodotti gassosi d'odore particolare caratteristico (trimetilamina) e non di rado ad una formazione di velenosissime ptomaine e tossine, non sempre rese palesi da mutamenti nei caratteri organolettici.

La digeribilità del pesce varia da pesce a pesce; se non esiste una vera differenza fra quella dei pesci a carni bianche e quella dei pesci a carne rossa, è certo più laboriosa per i pesci la cui carne è ricca di olio. Si digerisce meglio il pesce lessato di quello arrostito. In generale la digeribilità è alquanto minore nel pesce conservato (il baccalà è quello di più rapida digestione), ma il valore biologico della carne dei pesci ben preparati in conserva è sempre buono; altrettanto si può dire per le carni conservate degli animali terrestri.

Scarso potere nutritivo e digeribilità bassa hanno le carni dei crostacei (gamberi, aragoste, ecc.) e dei molluschi (ostriche, mitili e altri), in dipendenza della diversa struttura anatomica delle loro fibre e della particolare composizione chimica; mollo facile è poi la loro putrefazione che si accompagna alla formazione di speciali tossine (*mitilotossina*).

Uova. Le uova di gallina, le sole che siano universalmente usate, sono senza dubbio l'alimento naturale più concentrato. L'albumine e il tuorlo complessivamente corrispondono a circa 30 g per uovo normale; nel primo si trova il 7% di acqua e circa il 18% di ovalbumina oltre ad altre sostanze, fra le quali l'ovomucina che ne determina la viscosità; nel tuorlo o giallo d'uovo, il cui peso varia attorno ai 18 g, il tenore in acqua si riduce a circa il 51%, mentre quello delle proteine, fra le quali predomina la vitellina, sale al 28-31%. Nel tuorlo sono presenti anche dei lipidi, dei fosfatidi (ovolecitina), degli steroli provitaminici e non poche vitamine; la A, la B₁, la B₂ (anche nell'albumine) e la D₂. Si riscontrano anche composti dello iodo, del ferro, del rame, del manganese, ecc. le cui proporzioni dipendono in gran parte dalla natura del mangime somministrato alle galline. In base al solo valore termogeno si può dire che un uovo equivale a circa 35 g di carne di bue magra.

La cottura, coagulando l'ovalbumina e modificando la vitellina, rallenta la solubilizzazione provocata dagli enzimi dell'apparato digerente.

Un grave inconveniente per l'impiego delle uova è la loro debole resistenza ai germi, assenti nelle uova appena deposte dalle galline sane, ma che penetrano facilmente attraverso il guscio, determinando l'alterazione delle sostanze proteiche, da cui prendono origine delle tossine (ovotossine).

Latte. Il latte è notoriamente un alimento completo della più alta importanza e l'unico idoneo ad assicurare il primo sviluppo nei neonati; in esso si trovano riuniti tutti i sei principi alimentari immediati, contenuti sotto una forma chimica che non richiede un lavoro stomacale e intestinale profondo, quale è appunto necessario nei primi tempi della vita extrauterina. **Non è però un alimento a composizione armonica confacente per l'ulteriore accrescimento dei bambini e tanto meno per gli adulti.** Ammesso che dal punto di vista energetico la razione alimentare giornaliera per l'uomo in periodo di normale lavoro debba comprendere 100 g di proteine, altrettanto di grassi e 110 g di carboidrati, in base alla composizione media del latte vaccino che qui riponiamo nei suoi limiti minimo e massimo:

Acqua	84,1	91,9%
Caseina	2,0	4,0
Albumina	0,2	0,6
Grasso	2,5	4,8
Lattosio	3,0	6,0
Sali minerali	0,4	0,6

Se ne dovrebbero ingerire giornalmente 3,5 kg per l'apporto delle proteine, circa 1,75 kg per quello delle sostanze grasse e ben 10,5 kg per quello degli idrati da carbonio. Dalla tabella seguente che riporta il numero medio di calorie sviluppabili teoricamente da un kg di alcuni fra i più comuni prodotti alimentari:

Prodotto	Calorie/kg
Formaggio Parmigiano	3.500
Fagioli secchi	3.180
Pane di frumento	2.920
Uova	1.450
Carne di bue	1.300
Patate	950
Latte di vacca	710
Mele, pesche	500

si rileva che il latte occupa il penultimo posto. Ma esso è anche un alimento deficitario sotto altri rapporti. È povero di ferro e di rame, due elementi richiesti dal sangue, il suo contenuto in vitamine del gruppo B e in vitamina C è scarso; inoltre il tenore elevato in cloruro di sodio (gr. 0,23 in un litro di latte di vacca) lo controindica in molti casi.

Grassi commestibili - Per gli usi commestibili trovano impiego il burro, il lardo, lo strutto e molti oli vegetali. Il burro è riconosciuto come il grasso alimentare più pregiato e in realtà per la natura chimica dei suoi componenti è quello

meglio assimilato; la qualità migliore è quella preparata direttamente dalla crema (burro centrifugato, burro di casone). Viene spesso sostituito da altri prodotti raggruppati sotto il nome generico di *margarina*, che oltre alla vera margarina preparata impastando l'oleomargarina ricavata dal sego di bue, con degli oli di semi, sono costituiti da miscele di olio di cocco, di olio di balena o di aringhe parzialmente idrogenato, ecc.

Il lardo, cioè il tessuto adiposo sottocutaneo del maiale e lo strutto o sugna separato per fusione dai tessuti adiposi interni dello stesso maiale, anche se freschi o ben conservati e quindi non irranciditi sono di digestione più laboriosa; vengono preferiti al burro per la cottura dei fritti e delle verdure, alle quali comunicano una maggior sapidità.

Per gli stessi usi si dà anche la preferenza agli oli, indispensabili per la preparazione delle insalate e delle salse. L'olio di oliva è senza dubbio il più apprezzato, soprattutto quando è genuino, con sapore dolce, leggero profumo del frutto, poco *grasso* e con un contenuto minimo in acidi grassi liberi. Gli oli di semi non hanno comportamento fisiologico differente e non esiste alcuna giustificata diversità fra uno e l'altro dei vari oli commestibili, purché essi siano ben raffinati. Sono di largo consumo quelli di arachide, di sesamo, di vinaccioli, di granone (proveniente dai germi dei chicchi di granoturco), di soia, di girasole e di molte altre materie prime. La raffinazione allontana le sostanze estranee, ma toglie anche alcuni costituenti utili come i fosfatidi e le vitamine liposolubili, quali la E e quelle del gruppo D.

Formaggio — Il formaggio per il suo contenuto in protidi costituisce un prodotto alimentare di alto valore, poiché in un piccolo volume racchiude un'elevata proporzione di due principi immediati, entrambi in uno stato di facile assimilabilità. A parte l'acqua, presente nella quantità del 20-60% a seconda che si tratti di formaggi a pasta dura o molle, contiene dal 16 al 45% di sostanze proteiche (caseina in parte trasformata in prodotti più semplici e solubili durante il processo di maturazione) e dal 20 al 50% di sostanze grasse. Tra i sali minerali predominano il fosfato di calcio ed il cloruro di sodio, quest'ultimo in quantità più o meno grande, secondo che i formaggi siano stati sottoposti a salatura intensa o moderata. Non vanno dimenticati, per la loro utile azione eccitatrice, i prodotti aromatici che prendono origine durante la maturazione del formaggio e che si accentuano con la buona stagionatura.

Accompagnato da pane, il formaggio costituisce quindi un alimento completo, di ottimo potere calorico ed energetico e, almeno in tempi normali e per i tipi più comuni, anche di prezzo moderato.

Pane — La composizione del pane varia a seconda della qualità della farina da cui proviene. A parte l'acqua, che per le forme piccole del peso sino a 100 g non dovrebbe superare il 28%, e per le pezzature grosse oltre i 1.200 g il limite del 40%, si può ritenere che il pane bianco confezionato con buone farine di frumento contenga in media il 6,8% di proteine, il 63% di carboidrati, costituiti quasi esclusivamente da amido e 0,5% di sostanze grasse, oltre una certa quantità di sali minerali, di fosfatidi e di vitamine.

Per quanto non sia un alimento armonicamente completo è la base dell'alimentazione mediterranea. Le sostanze proteiche, raggruppate sotto il nome ge-

nerico di *glutine*, vengono dalla cottura in parte degradate in prodotti più facilmente attaccabili dai succhi digestivi; nello stesso tempo l'amido è parzialmente trasformato in amido solubile e in destrine di più pronta assimilabilità. La cellulosa esistente nella farina non abburrattata a fondo, non è digerita, ma la sua presenza è utile perché contribuisce alla normale defecazione; d'altra parte appunto negli strati corticali si riscontrano le preziose vitamine.

Meno ricca in sostanze proteiche (*zeina*) è la farina di granoturco la quale contiene però una quantità di sostanze grasse, in modo particolare se proviene dalla macinazione di chicchi non privati del germe.

Proprietà corrispondenti a quelle del pane hanno le paste da minestra, le cui qualità migliori dal punto di vista della capacità nutritiva sono quelle provenienti da farine di grano tenero.

Riso — Ad alto tenore in amido (in media il 75% nel camolino) e povero di glutine, il riso è di facile assimilabilità; se non è stato sottoposto ad una eccessiva brillatura, che allontana non solo il perisperma, ma anche il tegumento sottostante ed il germe, contiene una buona quantità di vitamina B₁ e di fitina, fosfati di calcio-magnesiaco di alto valore nutritivo.

Ortaggi — Sono numerose le piante che forniscono questi prodotti che a buon diritto occupano un posto importante nell'alimentazione. Il loro contenuto proteico è basso, oscillando da 1,5 a 2,8% nelle verdure ricche di acqua e da 2 a 7% nei legumi freschi, ma che in quelli secchi sale a 23-25% portandosi al valore riscontrato nelle buone qualità di carni. Tutti i protidi sono di facile assimilazione nella digestione non danno origine ad acido urico. Non elevato è l'apporto dei glucidi, salvo nelle patate (11-28%), nelle bietole, carote e altre radici tuberose; scarso è quello dei lipidi. Tuttavia gli ortaggi intervengono principalmente come fornitori di acidi organici, di sali minerali e di vitamine. Se alto è il tenore in cellulosa, questa non disturba il processo digestivo, anzi riesce benefica per la sua azione lassativa.

Gli ortaggi costituiscono una delle materie più adoperate dall'industria conserviera che le fornisce sotto diverse forme: dalle secche facilmente riportabili allo stato fresco, agli appetitosi sotto aceti e sott'olio, a quelle in cui sono mantenute nel loro stato naturale.

Sotto il profilo commerciale i funghi vengono considerati fra gli ortaggi e tale classificazione è seguita nella trattazione impiantistica dei procedimenti di conservazione. Il loro valore alimentare è poco lontano da quello delle comuni verdure (5% di protidi nei porcini freschi, 35% in quelli secchi). Intervengono nelle preparazioni alimentari soprattutto per la presenza di sostanze di odore e sapore gradevolissimo, aventi un'azione eccitatrice sulle ghiandole gastriche assai più regolare di molti condimenti aromatici sin troppo attivi e di cui talora si fa un uso eccessivo.

Frutta — Molte sono le frutta prodotte nella fascia mediterranea e importate da regioni tropicali, da quelle ricche di succo a quelle con polpa asciutta, farinosa od oleosa, tutte ricche di zucchero (14-16% nell'uva, 12% nei fichi freschi, 9% nelle mele, ecc.), di acidi organici liberi (acido tartarico, citrico, malico), di sali minerali, di vitamine e di principi profumati, non prive di sostanze proteiche (13% nelle noci, 20% nelle mandorle). Costituiscono un alimento sano, di benefiche vir-

tù, che non deve mai mancare alla mensa quotidiana, tanto più che quando non sono reperibili allo stato fresco, l'industria conserviera le fornisce allo stato essiccato o sciroppato o trasformate in succhi concentrati, in marmellate, in gelatine, tutte di gusto eccellente e squisito, nelle quali il loro valore energetico e biologico è pressoché inalterato.

Numerose ricerche hanno dimostrato che i sali degli acidi tartarico, citrico e malico della frutta si trasformano nel nostro organismo in carbonati, ottimi mezzi di neutralizzazione dell'acidità degli umori e di eliminazione dei prodotti tossici generati nella disassimilazione cellulare. È pure stato evidenziato che l'acqua contenuta nella frutta, talora in proporzioni che raggiungono l'85%, facilita il lavoro digestivo molto più di quella esistente in altri prodotti alimentari e che i principi aromatici di cui i frutti sono ricchi (acetato di amile nelle mele, valerianato di amile nelle pere, butirrato di etile nelle fragole e negli ananas, esteri del linalolo nelle pesche e così via) sono tutti dei potenti attivatori della secrezione gastrica.

1.2.3. L'alterazione delle derrate alimentari

La natura prevalentemente idrica e organica delle derrate alimentari naturali favorisce la loro alterazione, quando vengono tolte dagli animali o dalle piante in piena attività vitale. I tessuti che le formano subiscono delle modificazioni d'ordine fisico e chimico, molte delle quali si rendono manifeste con la diminuzione o la perdita della rigidità iniziale, con dei cambiamenti nel colore, nel sapore e nell'odore. Esse, a seconda della loro natura e delle circostanze ambientali, finiscono per appassire o cadere in putrefazione. Rischioso è il loro consumo e quindi vanno distrutte o disperse.

Gli agenti che provocano le alterazioni sono dei parassiti animali, più sovente dei microorganismi e degli enzimi. Si rende quindi necessario applicare tutti i mezzi escogitati, attraverso l'esperienza più che millenaria, per realizzare una barriera difensiva.

I parassiti animali, oltre a provocare delle perdite dirette di prodotto, lo inquinano con le loro deiezioni. Sono rappresentati principalmente dai topi, da un gran numero di insetti (mosche, blatte, larve di lepidotteri), da alcuni acari (acaro delle farine e del formaggio) e da qualche verme (anguillule dell'aceto). Possono essere distrutti ricorrendo all'azione del calore o con maggior frequenza a quella di alcuni prodotti che li intossicano provocandone la morte. Sono numerosi i preparati insetticidi adoperati nelle disinfestazioni, ma non tutti possono essere adoperati nei locali ove le derrate alimentari vengono tenute. Infatti è indispensabile che, oltre alle normali garanzie di innocuità verso chi li impiega, non provochino la pur minima alterazione delle derrate e non lascino su queste dei residui che possano essere tossici per coloro che le consumano. Siffatte esigenze fanno escludere l'impiego dei disinfestanti arsenicali, di quelli formati da derivati organici clorurati del tipo D.D.T. (diclorodifeniltricloroetano) poiché permangono sulle derrate con cui vengono a contatto, rendendole nocive alla salute.

I microorganismi, attivissimi agenti di alterazione, sono dei funghi le cui dimensioni estremamente piccole, anche dell'ordine di qualche millimicron, non

permettono sempre di percepirla senza l'aiuto di un microscopio; si rendono altrimanti palesi con le manifestazioni prodotte. Quelli che ci interessano sono tutti dei *saprofiti*. Si trovano più o meno abbondanti nel polviscolo atmosferico, nel terreno e sopra gli stessi corpi in cui agiscono, sia allo stato di sviluppo completo, sia in quello di spora.

1. Sporangio del *Mucor Muticelo*, muffa bianca delle marmellate;
2. *Bacterium butyricum* che causa il marciume delle verdure;
3. *Proteus vulgaris*, uno dei microbi della putrefazione;
4. *Micrococcus prodigiosus* che colora in rosso molte sostanze alimentari.

Sotto la forma sporigena sono a vita dormiente che può essere prolungata per lungo tempo, ma non appena si trovano in un ambiente favorevole per alimentazione, temperatura, umidità e aerazione riprendono la loro attività e si moltiplicano con ritmo prodigioso.

I microorganismi che attaccano le derrate alimentari appartengono agli ordini seguenti: ifomiceti, saccaromiceti e schizomiceti.

Gli *ifomiceti*, volgarmente indicati con il nome di *muffe*, vivono per lo più a spese dei protidi e dei glucidi, sui quali sviluppandosi danno origine a dei sottili filamenti (*ife*), che si sviluppano formando una specie di peluria (*micelio*), avente vario colore a seconda della specie. Vi appartengono generi diversi: penicilli, aspergilli, *mucor*, ecc. e sono ben note le muffe bianche delle marmellate, quelle bianche e verdognole del pane e dei limoni, quelle rosse e azzurrognole dei formaggi, ecc.

I *saccaromiceti* o *lieviti* sono dei funghi microscopici, di forma sferica o ovoidale, i quali trasformano il glucosio e il levulosio in alcol e anidride carbonica, provocando cioè la fermentazione alcolica. Si trovano allo stato di spora nell'aria e sulle bucce delle frutta dolci. Agiscono meglio quando la temperatura si aggira sui 25-30°C; muoiono a 70°C e la loro attività cessa quando la quantità di alcol prodotto supera il 16-17% oppure la soluzione zuccherina in cui si trovano è molto concentrata. Una specie tipica di questi lieviti è il *saccharomyces elipsoideus* dell'uva che trasforma il mosto in vino.

Gli *schizomiceti* o *batteri* sono la forma più bassa della vita vegetale. Costituiti da una sola cellula capace di vita indipendente, si possono vedere soltanto al microscopio sotto forte ingrandimento. Si differenziano a seconda della loro forma in: *cocchi* se rotondi od ovali, *bacilli* se hanno l'aspetto di bastoncini diritti o leggermente incurvati, *spirilli* se molto curvi a guisa di serpentelli. I cocci possono riunirsi a catena e prendono il nome di *diplococchi* se le cellule sono riunite due a due, di *streptococchi* se la catena è formata da più individui, *stafilococchi* se ha l'aspetto di grappoli.

Alcuni batteri richiedono per moltiplicarsi la presenza dell'ossigeno e quindi dell'aria e si dicono *aerobi*; altri invece e cioè gli *anaerobi* esplicano la loro attività anche in assenza di aria.



Fig. 1.1 - Alcune specie più comuni di microorganismi che provocano le alterazioni degli alimenti.

Per ogni specie esiste un *optimum* di temperatura al quale manifestano più intensamente la loro attività, ma esiste anche una temperatura minima e una massima che non possono sopportare. La resistenza alle variazioni della temperatura è notevolmente superiore quando i batteri sono allo stato di spora; così mentre i batteri nella forma ordinaria raramente sopportano temperature di qualche grado sotto lo zero o vicino al punto di ebollizione dell'acqua, le spore possono conservare la loro vitalità anche a 200°C sotto zero oppure a 120-131°C. La temperatura mortale, variabile per ogni singola specie, è influenzata dalla reazione dell'ambiente (quella acida l'abbassa) dal modo di riscaldamento (il calore secco viene meglio sopportato di quello umido) e dalla sua durata. La resistenza al calore è più alta nei batteri qualificati con il nome di *termostabili*, mentre si dicono *termofili* quelli che agiscono meglio al caldo.

Molte sostanze chimiche si oppongono alla vita dei batteri e costituiscono i comuni *antisettici*, alcuni dei quali ne provocano la morte effettiva, mentre altri li neutralizzano soltanto temporaneamente e vengono allora contraddistinti con il nome di *conservativi*. I primi sono impiegati soprattutto per distruggere le specie patogene, gli altri ricevono applicazioni nella conservazione dei prodotti alimentari. Molti batteri riunendosi in colonie danno origine a delle macchie colorate che si sviluppano sulle derrate: ad es. il *Micrococcus prodigiosus* fa apparire delle macchie rosse sopra il pane umido, sulle patate cotte, nel latte e in quest'ultimo si produce una colorazione azzurrognola quando è avvenuta una *infezione* di *Bacillus cyanogenus*.

Ogni specie di microorganismo agisce su un determinato gruppo di principi immediati: protidi o glucidi o lipidi e anche solo su una definita qualità trasformandoli in prodotti più semplici. Le trasformazioni, indicate con il nome di *fermentazioni*, sono la conseguenza diretta del loro bisogno alimentare oppure sono provocate per la via indiretta dagli enzimi che gli stessi microorganismi elaborano nelle loro cellule.

Gli *enzimi* sono delle sostanze che si riscontrano nelle cellule degli animali o delle piante; provocano le trasformazioni delle sostanze organiche senza parteciparvi in apparenza, intervenendo cioè come dei catalizzatori; si considerano infatti come dei *biocatalizzatori*. Si trovano talora nelle cellule allo stato di *proenzima* inattivo, il quale acquista la sua attività specifica quando le condizioni dell'ambiente sono opportune. In generale prendono il nome da quello del prodotto su cui agiscono oppure dal tipo di reazione chimica provocata: così si hanno le proteasi che solubilizzano i protidi, le lipasi che provocano la scissione dei lipidi mettendo in libertà la glicerina e gli acidi grassi, le idrolasi che fissano l'acqua a molte sostanze, le riduttasi che danno origine a delle reazioni di riduzione, le ossidasi che determinano delle ossidazioni.

L'azione degli enzimi è regolata da opportune condizioni di temperatura e di ambiente. Alcune sostanze esercitano un effetto favorevole sulla loro attività. Altre invece la rallentano e la inibiscono; queste ultime non sono sempre quelle impiegate contro i microorganismi e possono coesistere con gli stessi enzimi. È alla presenza di queste sostanze, indicate con il nome di *inibitori*, che si deve la resistenza delle sostanze grasse all'irrancimento, quella della carne alla degradazione autolitica e simili. Quando mancano gli inibitori naturali si procede all'addizione di speciali prodotti di azione analoga. Così come agenti che inibiscono le

ossidasi a cui è dovuto l'irrancidimento dei grassi, l'imbrunimento di molti ortaggi, dei succhi di agrumi, di molte varietà di mele, delle carni crude, ecc. quando si lasciano all'aria, si impiegano a seconda dei casi la lecitina, il carotene (pro-vitamina A), il gallato di etile o di propile, l'acido nordidroguairetico, che è il 2,3 dimetil 1,4 diidrossifenilbulano, ecc.

Tutti questi prodotti, generalmente innocui per l'uomo, agiscono a dosi minime tanto più se vengono associati a dei composti sinergici; ad es. l'acido nordidroguairetico impedisce le ossidazioni già alla dose di 0,05% quando si unisce a 0,005% di acido ascorbico (vitamina C).

1.2.4. Principi della conservazione degli alimenti

L'intervento dei microorganismi e degli enzimi torna utile in molti casi, ad es. nella preparazione del pane, nella maturazione dei formaggi, ecc., ma in altri riesce dannoso e deve essere precluso con mezzi adeguati.

A tale scopo due sono i procedimenti fondamentali applicati: quelli che fanno intervenire delle sostanze antisettiche e inibitrici dell'attività enzimatica (*conservazione con mezzi chimici*) e quelli che modificano l'ambiente in cui i microorganismi svolgono la loro attività portandone l'aerazione, la temperatura o l'umidità a quei valori che li rendono inattivi o li uccidono (*conservazione con mezzi fisici*).

Questo secondo modo di conservazione, assolutamente preferibile per molte ragioni, si realizza in vario modo: isolando la derrata alimentare dal contatto dell'aria mediante avvolgimento o sigillatura in materiali idonei (*conservazione per avvolgimento*); sottoponendola ad una temperatura sufficientemente elevata per uccidere o paralizzare gli agenti delle alterazioni (*conservazione per sterilizzazione*, detta comunemente *conservazione con metodo Appert*); tenendola ad una temperatura sufficientemente bassa (*conservazione con il freddo*); allontanando una buona parte dell'acqua esistente nella derrata (*conservazione per concentrazione e conservazione per essiccamento*); per *disidratazione completa* (liofilizzazione).

A questi procedimenti vanno aggiunti quelli, di applicazione assai frequente, che si propongono di mantenere per un tempo, in generale non lungo, i generi alimentari nel loro stato di freschezza naturale, senza un vero intervento dei mezzi fisici e chimici (*conservazione allo stato naturale*).

In pratica si associano non di rado due processi differenti, così ad es. molti pesci, i funghi e qualche ortaggio si conservano per sterilizzazione e per avvolgimento contemporaneo in olio; altri prodotti orticoli sono sottoposti ad una preventiva sterilizzazione e poi tenuti in presenza di sale; nell'economia domestica e talora anche nell'industria si preparano delle salse di pomodoro o delle marmellate per cottura, che concentra le materie prime e ne distrugge i germi e poi incorporando acido salicilico o un altro composto antisettico.

Ognuno dei procedimenti accennati ha i suoi pregi e i suoi difetti. Lasciando da parte le modalità di esecuzione che presentano una grande varietà di adattamento a seconda della natura e della quantità del prodotto trattato, è evidente che l'avvolgimento, il raffreddamento e, entro certi limiti, anche l'essiccamento sono i metodi che al meglio lasciano inalterati i prodotti alimentari e quindi l'intero valore nutritivo, ma non ne assicurano una lunga conservazione, mentre la

sterilizzazione della derrata posta in un recipiente ermeticamente chiuso con il riscaldamento e la concentrazione a caldo, se permettono di prolungare per lungo tempo l'inalterabilità dei prodotti, provocano delle modificazioni nelle loro caratteristiche organolettiche e biologiche.

L'addizione degli agenti chimici, a differenza dei mezzi fisici, è in grado di assicurare una conservazione anche permanente, però apporta un composto assolutamente estraneo non sempre tollerato dall'organismo e per conseguenza non sempre ammesso dalle disposizioni di legge che attengono alla sicurezza e all'igiene degli alimenti. Qualunque sia il procedimento applicato, la buona conservazione di una derrata alimentare è più facile quando essa non è inquinata da germi, si trova in uno stato di ottima freschezza e sono assicurate nel trattamento tutte le condizioni atte ad impedire qualsiasi apporto di microorganismi dannosi.

L'aria è indubbiamente una fonte di infezione, ma lo è assai meno degli attrezzi, del locale di lavoro e delle mani del preparatore.

Da qui risultano quattro norme fondamentali che non debbono venir trascurate dal momento che i generi conservati sono tutti destinati all'alimentazione umana, anche dei bambini, dei vecchi e degli ammalati.

La derrata da conservare deve essere scelta fra le qualità migliori, privata della polvere e delle altre impurezze e presentarsi integra in tutte le sue parti, poiché i germi penetrati nell'interno vengono meno facilmente distrutti di quelli superficiali.

La lavorazione deve avere inizio al più presto e condotta in modo da impedire ogni alterazione prima che il sistema conservativo, sia esso fisico o chimico, abbia portato a termine la sua azione.

Non si deve pretendere una durata di conservazione che superi il limite normale corrispondente al procedimento applicato, tenendo presente la natura del prodotto lavorato.

I locali in cui immagazzinare i prodotti alimentari prima, durante la lavorazione e al termine di questa debbono essere idonei e corrispondere in pieno ai dettami dell'igiene e alle esigenze dei processi tecnologici a cui verranno sottoposte le varie derrate.

Quando si tratta di lavorazioni effettuate industrialmente è indispensabile adeguarsi alle numerose disposizioni di legge che oltre a imporre le preventive denunce alle Autorità preposte, prescrivono con regolamentazioni e protocolli nazionali e internazionali, norme tassative riguardo alle qualità delle materie prime, ai processi di conservazione, alle indicazioni da apporre sui recipienti, alle modalità di trasporto, conservazione e distribuzione al consumo degli stessi.

1.3. IL CIBO E L'ORGANISMO UMANO

1.3.1. La costituzione chimica degli organismi viventi

Sotto l'aspetto chimico, gli organismi viventi sono dei sistemi organizzati di molecole organiche ed inorganiche nelle quali sono riscontrabili tutti gli elementi del sistema periodico; di essi solo alcuni sono presenti in quantità significativa e costante.

Tali sistemi sono dotati di alta reattività, per cui la materia vivente va guardata

come la risultante di un sistema dinamico in equilibrio tra il processo *catabolico*, causa della degradazione della materia ed il processo *anabolico* che attua la sua biosintesi.

Gli elementi che essenzialmente concorrono alla costituzione della *materia vivente e quindi all'organismo umano* sono il carbonio, l'ossigeno, l'idrogeno e l'azoto, che danno origine a tre gruppi di composti:

- Protidi: sostanze quaternarie, costituite da carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto;
- Lipidi: sostanze ternarie, costituite da carbonio, idrogeno e ossigeno;
- Glucidi: sostanze ternarie ancora costituite da carbonio, idrogeno e ossigeno diversamente combinate.

Protidi, lipidi e glucidi costituiscono la sostanza organica; l'acqua e numerosi altri elementi (quali: calcio, fosforo, potassio, sodio, cloro, zolfo, magnesio e numerosi oligoelementi) costituiscono la *sostanza inorganica degli organismi viventi*.

Prendendo a riferimento un uomo del peso di 70 kg, altezza di 1,80 m, la classificazione quantitativa dei bio-elementi è quella riportata in **Tab. 1.I**.

Talché i 70 kg di materia corporea risultano quelli riportate in **Tab. 1.II**.

Macro-costituenti (elementi plastici)	Contenuto %		Micro-costituenti (oligoelementi)	Contenuto %
O	62,43	= 96,48	Fe	0,005
C	21,15		Zn	0,002
H	9,80		Cu	0,0004
N	3,10		Mn	0,00005
Ca	1,90	= 99,90	Co	tracce
P	0,95		I	0,014
K	0,23		Mo	tracce
Na	0,08		Br	0,002
Cl	0,08		Al	0,001
S	0,16		Ti	-
Mg	0,02		B	-
			Rb	-
		Cs	-	
		As	-	
		Li	-	
		Si	0,001	

Tab. 1.I - Percentuale dei bio-elementi nel corpo umano.

La componente proteica è costituita da *proteine strutturali* e da *proteine mobili*; le prime restano quantitativamente invariabili; mentre le seconde si riducono in condizioni di deficit proteico; questo consente all'organismo umano di poter perdere circa 2 kg di proteine senza compromettere l'equilibrio delle sue funzioni vitali.

Dei liquidi circa 1 kg entra nella costituzione delle strutture cellulari, mentre la rimanente parte va a costituire una sorta di riserva.

Infine i glucidi, presenti sotto forma di glicogeno vanno a costituire una riserva energetica e sotto forma di galattosio, di glicoproteine e di pentosi vanno nella sostanza strutturale.

L'acqua nell'organismo umano è localizzata nelle zone intracellulari e, in minor misura, in quella extracellulare.

Sostanza organica 25,6 kg	13 kg Proteine 12 kg Lipidi 0,6 kg Glucidi
Sostanza inorganica 44,4 kg	41,4 kg Acqua 3 kg di ceneri o sali minerali
Vitamine	3÷5 g

Tab. 1.II - Materia corporea.

I minerali sono rappresentati principalmente da metalli (**tab. 1.III**) e da metalloidi quali fosforo, zolfo, cloro. Le *vitamine*, seppure quantitativamente non rilevanti (3-5 g), sono costituenti essenziali ed indispensabili dei sistemi enzimatici.

Calcio 11,69 g Sodio 680 g Potassio 150 g	Magnesio 21 g Ferro 3,5 g Zinco 1,4 g
-------------------------------------------------	---------------------------------------------

Tab. 1.III - Elementi costitutivi dell'organismo umano.

È interessante notare che se si sottrae dal peso dell'uomo adulto il peso all'atto della nascita si ottiene la quantità di sostanza organica ed inorganica trattenuta e formata dall'organismo a partire dalla nascita.

Sperimentazioni, condotte da emeriti studiosi su ogni singolo principio nutritivo, hanno confermato i seguenti dati:

12,67 kg di proteine 11,66 kg di lipidi 0,57 kg di glucidi

Tab. 1.IV - Quantità di sostanze organiche trattenute dall'organismo umano.

Per formare tali quantità è stato necessario fornire all'individuo rispettivamente 1802 kg di sostanze proteiche, 1578 kg di sostanze grasse e 9932 kg di glucidi.

Un dato di notevole interesse riguarda proprio i glucidi dato il forte sbilanciamento tra le quantità acquisite e quelle introdotte; esso *evidenzia la funzione eminentemente energetica dei glucidi*.

Per quanto attiene all'acqua⁹ presente nell'organismo umano, essa può avere due diverse provenienze connotate rispettivamente come:

- *Acqua esogena*: introdotta dall'esterno per mezzo di cibi e bevande;
- *Acqua endogena*: che si forma all'interno dell'organismo come prodotto catabolico delle reazioni ossido riduttive:



⁹ Cfr. R. Rizzo. Volume 1° l'Acqua. Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande. Chi-riotti Editori. Pinerolo (TO). 2005.

Dalle reazioni ossido riduttive di glucidi, lipidi e protidi si forma sempre acqua:

- 100 g di glucidi ➔ 55 g di acqua
- 100 g di lipidi ➔ 107 g di acqua
- 100 g di protidi ➔ 41 g di acqua

All'acqua esogena compete una funzione diversa da quella dell'acqua endogena. Quest'ultima si forma all'interno delle cellule, ove determina una diluizione del protoplasma cellulare, con conseguente diminuzione di pressione osmotica.

Poiché la pressione osmotica che si esercita sulla parete interna della membrana cellulare deve avere intensità uguale a quella che si esercita sulla parete esterna, la diminuita pressione osmotica all'interno richiama sostanze dall'esterno verso l'interno della cellula, allo scopo di mantenere costante la concentrazione protoplasmatica.

Mediante questo meccanismo si opera il continuo rinnovo della materia costitutiva, talché si può ben dire che **l'acqua endogena mette in moto il meccanismo che presiede alla nutrizione della cellula.**

L'acqua esogena, localizzandosi nei liquidi circolanti all'esterno della cellula, diluisce questi ultimi e, poiché anche questi devono trovarsi in determinate concentrazioni, una loro diluizione provoca richiamo di sostanza dall'interno della cellula verso l'esterno.

Mediante questo meccanismo vengono eliminati i prodotti del catabolismo, la cui presenza nel protoplasma cellulare non è prevista. **Si può quindi affermare che l'acqua esogena presiede al meccanismo di disintossicazione dell'organismo.**

La percentuale di acqua che entra nella composizione dell'organismo deve mantenersi costante, quindi dalla quantità di acqua eliminata è possibile dedurre la quantità da assumere. L'individuo è in **"equilibrio idrico"**, quando la **quantità introdotta più quella che si è formata nell'organismo stesso, è pari a quella eliminata.**

Se l'acqua introdotta è superiore alla capacità di eliminazione dell'organismo, si possono manifestare disturbi anche gravi, perfino **intossicazione da acqua.**

Parimenti nel caso opposto: quando il quantitativo di acqua fornita è inferiore al fabbisogno, si manifestano fenomeni di disidratazione.

Per un organismo umano rientrante negli standard più sopra richiamati, i dati relativi al bilancio idrico sono, con buona approssimazione riportati in **tab. 1.V.**

Acqua introdotta con le bevande e bibite	cc. 1.300
Acqua introdotta con gli alimenti	cc. 1.100
Acqua endogena	cc. 350
Totale	cc. 2.750
Acqua eliminata attraverso i polmoni	cc. 500
Acqua eliminata attraverso la pelle	cc. 550
Acqua eliminata con l'urina	cc. 1.500
Acqua eliminata con le feci	cc. 200
Totale	cc. 2.750

Tab. 1.V - Bilancio idrico nell'organismo umano.

Questi dati sono rappresentati dall'ortogramma riportato in **fig. 1.2.**

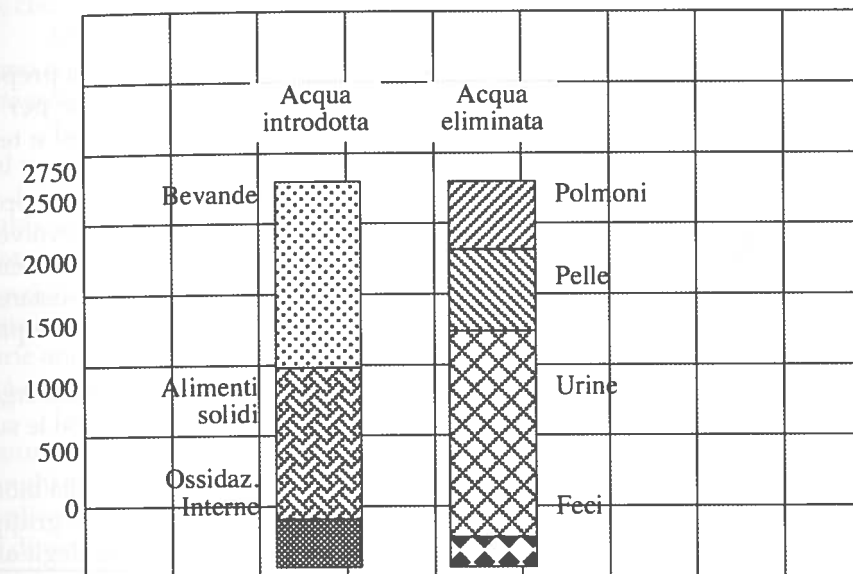


Fig. 1.2 - Bilancio idrico di un organismo umano in equilibrio fisiologico.

È tuttavia da considerare che alcuni particolari stati patologici portano ad una alterazione del ricambio idrico:

- può essere indotta **una ritenzione idrica** in eccesso nel caso di nefriti, cardiopatie scompensate, malattie del fegato, diabete insipido e altre;
- può essere indotta disidratazione da vomiti, diarree, emorragie. In questi casi se la riduzione del contenuto acquoso nell'organismo supera il 25 ÷ 30 % vi sono rischi per la sopravvivenza.

In ogni caso, la sete è un bisogno da soddisfare in modo corretto.

Secondo reputati fisiologi bisogna bere moderatamente durante i pasti, perché l'acqua provoca un'eccessiva diluizione del succo gastrico ed è una cattiva abitudine bere continuamente. Essa va corretta, riducendo nella dieta l'apporto dei farinacei ed aumentando quello della carne, del pesce, della verdura e della frutta. È buona regola bere normalmente anche dopo abbondanti sudate, ricorrendo a brodi di verdure, che svolgono un'azione equilibrante del sistema idrosalino, da ingerire tiepidi e a temperatura ambiente. Infatti i liquidi troppo freddi arrestano normalmente l'afflusso di sangue alle mucosa della bocca, della gola, dello stomaco e, in seguito a questa vaso-costrizione si avverte un immediato sollievo, ma poco dopo si verifica un forte afflusso di sangue in queste zone, talché il calore interno aumenta e lo stimolo della sete ricompare.

1.4. RIFERIMENTI GENERALI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI STABILIMENTI DI PRODUZIONE DI ALIMENTI

1.4.1. Gli aspetti igienici degli impianti e delle fabbriche per la produzione di alimenti: il ruolo della qualità

Da migliaia di anni l'uomo si avvale di metodi biologici per la preparazione, la conservazione ed la trasformazione del suo cibo, nonché per la fabbricazione di articoli e prodotti a "base organica", come pellami e tessuti.

L'attività alimentare, dapprima individuale, si è estrinsecata e sviluppata fino all'inizio del XIX secolo su base artigianale e sperimentale, per evolversi poi in attività industriale vera e propria nel corso del XX secolo, meccanizzando, automatizzando e computerizzando procedimenti che spesso nella sostanza sono adattamenti di vecchi sistemi empirici, sia nella coltivazione che nella preparazione dei cibi.

Molti di questi procedimenti e sistemi si basano sull'attività di microrganismi, come dimostrò Pasteur intorno alla metà del XIX secolo attraverso le sue ricerche riguardanti malattie di animali e di piante.

Da allora le conoscenze sui microrganismi, sulla biochimica e sulla biofisica degli organismi viventi si sono notevolmente accresciute e diversi gruppi industriali hanno sviluppato proprie tecnologie per la preparazione degli alimenti, basandosi proprio su queste conoscenze.

Tuttavia l'ingegneria alimentare ha acquisito dignità scientifica autonoma quando insigni ricercatori hanno constatato che esistevano simmetrie, somiglianze e affinità tra molte tecniche utilizzate in processi alimentari apparentemente molto diversi, potendosi quindi ricondurre questi processi ad un certo numero di operazioni basilari che potevano essere studiate a fondo, prescindendo dal particolare tipo di lavorazione cui venivano o sarebbero state applicate.

Per studiare e sviluppare i mezzi di esercizio più idonei per la produzione e il condizionamento dei cibi e dei prodotti di natura biologica è opportuna una discreta conoscenza della biochimica, della biofisica e soprattutto della microbiologia dei prodotti organici naturali.

1.4.2. Cenni sui microrganismi

1.4.2.1. La riproduzione dei microrganismi

Alla base e ai fini dell'ingegneria alimentare vanno considerati innanzitutto i microrganismi e gli enzimi ad essi associati.

Come accennato molti organismi unicellulari si moltiplicano facilmente in substrati nutritivi estremamente semplici e sono in grado di formare autonomamente per sintesi la vasta gamma di composti, molto complessi, che costituiscono il loro corpo.

È interessante notare che quantità piccolissime di questi composti esistono

nella cellula primitiva e formano una sorta di "stampo" per una produzione virtualmente illimitata¹⁰.

Da parte loro gli enzimi¹¹ possono essere utilizzati per catalizzare la reazione di composti chimici semplici per formare molecole complesse di tipo biologico, che però non hanno la capacità di autoriprodursi.

Questa infatti è una prerogativa esclusiva degli organismi viventi che devono essere considerati come un *insieme equilibrato di molecole complesse, organizzate secondo uno schema speciale unico*.

La vita di questi microrganismi, come quelli di qualsiasi altro essere sul nostro pianeta, è sempre associata alla presenza di acqua entro un intervallo di temperatura limitato, che può ritenersi compreso tra -20°C e 90°C. Tali limiti sono da considerarsi orientativi in quanto sono stati registrati esempi di "letargo" a temperature esterne a questo intervallo. L'esplicazione attiva delle funzioni vitali, in particolare quelle riproduttive, può avvenire entro intervalli ristretti di temperatura ed in presenza d'acqua; queste condizioni sono necessarie anche per l'attivazione di reazioni di tipo biologico, data la limitata stabilità degli enzimi.

In condizioni di scarsa concentrazione d'acqua i semi e le spore, che hanno capacità di adattamento ad un livello metabolico molto basso e per lunghi periodi di tempo, vanno in uno stato di letargo, ma sono in grado di esplicare le funzioni vitali non appena si stabiliscono convenienti condizioni di umidità e di temperatura, talvolta, quando sono presenti particolari sostanze nutrienti.

Artificialmente possono essere create condizioni di "letargo" anche per microrganismi che non formano spore e per alcuni tessuti umani e persino per gli spermatozoi, mediante congelamento spinto ed essicamento.

1.4.3. Lo sviluppo e la crescita degli organismi viventi

Gli organismi viventi, siano essi monocellulari o complessi, assumono una dimensione naturale massima, modificabile solo in ristretti limiti da fattori esterni.

¹⁰ Una particella di virus costituisce un caso particolare, perché è capace di sovrapporsi allo stampo della cellula e obbligarla a riprodurre altre particelle di virus, non avendo capacità di autoriproduzione diretta.

¹¹ Il termine "enzima", che significa "nel lievito" fu coniato dopo la dimostrazione delle proprietà dei lieviti e dei succhi di lievito. La proprietà essenziale degli enzimi, e dei catalizzatori in genere, è costituita dalla loro partecipazione a certe reazioni chimiche.

Gli enzimi vengono elaborati da microrganismi quali lieviti e batteri e si trovano inoltre nel nostro organismo dove vengono secreti dalle ghiandole salivari, pancreatiche dalla mucosa gastrica, intervenendo nella digestione. Gli enzimi sono quindi dei catalizzatori biologici e la loro funzione è quella di agire come biocatalizzatori. Per l'utilizzazione degli enzimi l'industria procede alla loro purificazione e cristallizzazione (separazione e purificazione dal microrganismo che li produce) e poi alla cultura di lieviti selezionati.

Van Bertalanffy¹² nel 1949 espresse matematicamente questo principio generale mettendo in relazione due caratteristiche principali, ossia lo sviluppo superficiale che limita l'entrata di sostanze nutritive e la rottura dei tessuti, che è funzione del volume.

Il ritmo di sviluppo di un organismo può quindi essere espresso dalla formula:

$$dM/dt = V - KMt$$

dove:

Mt = massa del Tempo t del microorganismo;

V = funzione di Velocità dell'entrata di sostanze nutritive;

K = funzione di Velocità di rottura della membrana.

Integrando la precedente tra Mo = massa iniziale ed Mt si ottiene la massa al Tempo t

$$Mt = v/k - (v/k - Mo) e^{-kt}$$

quindi per $t \rightarrow \infty$ il valore della massa è v/k .

Nei processi biologici industriali ed in particolare nell'industria alimentare è importantissimo definire la possibilità di vita degli organismi e dei microorganismi che possono contaminare il prodotto, ai fini della sua assunzione e consumo in relazione al mantenimento delle caratteristiche qualitative prefissate.

Allo scopo vale la pena di ricordare che molti prodotti sterilizzati e confezionati, ritenuti e definiti sterili fino a qualche anno addietro, sulla base di risultati analitici approfonditi e completi, si sono viceversa dimostrati capaci di promuovere lo sviluppo e la riproduzione di organismi che erano rimasti "in letargo" per molti anni nel contenitore condizionato.

Alcuni studiosi, più attenti alla risposta del mercato che alla proprietà del linguaggio e alla verità scientifica, hanno affermato che nell'industria alimentare quando si parla della sterilità dei prodotti bisogna intendere la **sterilità commerciale**.

Come al solito, in tale linguaggio si usa una mezza verità per contrabbandare una mezza bugia.

La capacità di sviluppo dei microorganismi, che si riferisce correntemente alla loro **capacità di riproduzione**, viene presa in considerazione come principale criterio della loro possibilità di vita, sebbene questo concetto debba essere completato, definendo le condizioni limiti di mezzo, temperatura e tempo.

I sistemi per stimare la densità delle cellule in un mezzo fluido comprendono tra gli altri: il conteggio microscopico delle cellule, il calcolo della densità ottica, la determinazione del peso a secco ed umido dopo la centrifugazione.

¹² Ludwig von Bertalanffy (Vienna, 19 settembre 1901 - New York, 12 giugno 1972) è stato un celebre biologo austriaco, nonché il fondatore della Teoria Generale dei Sistemi.

Cominciò la sua carriera come biologo a Vienna, ben presto aderì ad un gruppo di scienziati e filosofi noto a livello internazionale come Circolo di Vienna. Fin dall'inizio estese il suo lavoro a tematiche filosofiche più ampie e nel 1968 pubblicò il suo volume principale, Teoria generale dei sistemi, nella cui introduzione scrive: «Pensare in termini di sistemi gioca un ruolo dominante in un ampio intervallo di settori che va dalle imprese industriali e degli armamenti sino ai temi più misteriosi della scienza pura...». Un approccio orientato al sistema è infatti divenuto comune a tutte le scienze e le discipline che trattino di interazioni.

Nel caso teorico di un organismo unicellulare che non si raggruppi (qual è il caso di funghi del tipo mycelium che si sviluppano a catena o altri che tendono a raggrupparsi insieme), ma sia capace di svilupparsi in misura limitata in un conveniente mezzo nutriente, prelevando campioni in tempi diversi e procedendo alla conta di organismi, si ottiene una curva del tipo di quella rappresentata in fig. 1.3.

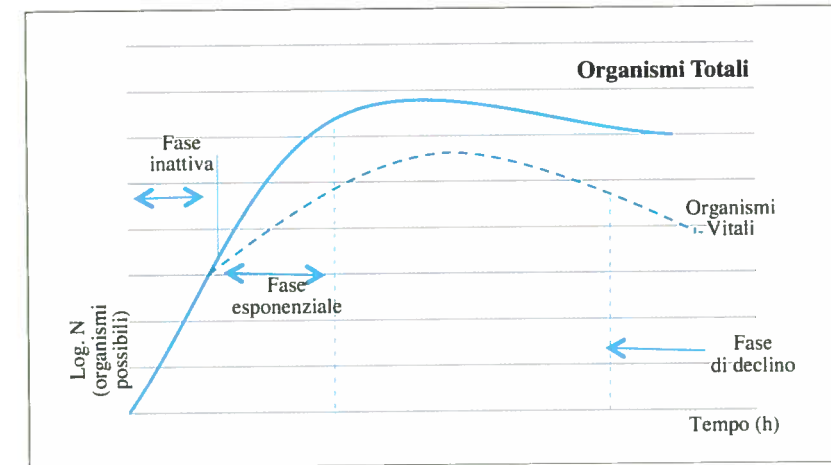


Fig.1.3 - Curva di riproducibilità di un microorganismo.

In fig.1.3 la curva tratteggiata è quella che si ottiene rilevando il numero di microorganismi, mediante diluizione e conteggio, e riporto su soluzione nutritiva di agar e successiva incubazione.

Nella parte esponenziale della curva può presumersi che la maggior parte dei microorganismi sia pienamente vitale. Molto prima che venga raggiunta la densità massima, entra in gioco un meccanismo inibitore, che rallenta la crescita, imputabile a due cause principali: in primo luogo l'esaurimento di qualche componente essenziale di nutrimento, in secondo luogo l'aumento di concentrazione di qualche prodotto che si oppone alla riproduzione: ad esempio sui sistemi aerobici la formazione di perossido di idrogeno svolge questa azione inibente.

Il limite di sviluppo è determinato perciò dal volume e dalla composizione del mezzo nel quale si sviluppa la cultura. Se tale volume cresce progressivamente, questo sviluppo continua con andamento logaritmico quasi continuo.

È stato calcolato che se un microorganismo si riproduce per divisione ogni 20 minuti per quarantotto ore si formano 2^{144} cellule, corrispondenti come quantità a circa 2×10^{31} g ovvero $2,4 \times 10^{25}$ tonnellate, pari a 4,000 volte il peso della Terra.

È provvidenziale quindi che diversi fattori limitino questo potenziale sviluppo.

Tuttavia in molte industrie alimentari e farmaceutiche, questa abnorme capacità di crescita è utilizzata per ottenere prodotti o trasformare sostanze, come nel caso della fabbricazione del lievito alimentare, del penicillium mycelium, della fabbricazione della birra.

Ove questo avviene, è più appropriato parlare di *industrie biologiche alimentari o bioalimentari*.

1.4.4. Agenti biologici e industrie alimentari

L'industria alimentare è caratterizzata dall'esigenza basilare di tenere sotto controllo la densità di popolazione e l'attività dei microrganismi presenti nel sito produttivo sia all'esterno, sia in tutte le strutture costruttive, sui macchinari, sulle materie prime e su tutti gli altri fattori fisici di produzione, personale compreso.

Questo può essere fatto:

1. Organizzando il processo produttivo in modo da non incrementare eccessivamente il livello di contaminazione iniziale (ad es. operando un'accurata scelta e selezione delle materie prime e dei materiali di confezionamento)
2. Riducendo la concentrazione e l'attività dei microrganismi presenti nelle materie prime, senza tuttavia provocare la mutazione permanente dei sistemi enzimatici associati, attraverso la somministrazione/sottrazione di calore (pastorizzazione, congelamento) e altre applicazioni tecniche.
3. Distruggendo tutti gli organismi unicellulari con riduzione dell'attività enzimatica a un livello molto basso (appertizzazione, surgelazione);
4. Selezionando particolari gruppi di organismi utili per la fermentazione, la trasformazione di zuccheri e simili.

In generale può affermarsi che quanto più spinto è il grado di sterilizzazione dell'alimento, tanto più elevato è il costo di produzione dell'alimento stesso. Influiscono in questo caso non solo i costi energetici, ma anche i dispendiosi accorgimenti per mantenere in limiti accettabili gli effetti collaterali indesiderati sulla qualità dell'alimento, che fatalmente si accompagnano ai sistemi di sterilizzazione.

Uno dei goal più ambiti dalla moderna tecnologia alimentare è l'individuazione di una combinazione ottimale tra il mantenimento delle caratteristiche qualitative iniziali degli alimenti e il conferimento del desiderato livello di sterilità "commerciabile" al prodotto confezionato.

La conseguenza più indesiderata della contaminazione biologica di un alimento confezionato è il suo *deterioramento qualitativo* prima di una prefissata data che circoscrive la *durabilità del prodotto*¹³

Tale deterioramento generalmente si esplica attraverso lo sviluppo di muffe e/o flora batterica che ne alterano i caratteri organolettici e le qualità nutritive.

Tuttavia le conseguenze più gravi della contaminazione biologica dei cibi sono indotte dalla possibile presenza nell'alimento di *organismi patogeni* e relativo sviluppo di tossine. Questo evento, che deve essere categoricamente escluso per le sostanze medicinali, deve essere tassativamente scongiurato anche per i prodotti alimentari.

Nelle industrie alimentari, nelle quali sono richieste reazioni specifiche da parte di particolari microrganismi (industrie di fermentazione), contaminanti biologici non controllati possono entrare in competizione con tali microrganismi e inibire o alterare il corretto sviluppo del processo biologico con grave danno qualitativo e quantitativo del prodotto finale.

Quando questo rischio è concreto il processo di fermentazione deve avvenire in un ambiente praticamente sterile.

¹³ La durabilità del prodotto deve essere comunque superiore alla sua "shelf life", ossia alla sua vita di mercato, intesa come periodo intercorrente tra la sua produzione e il suo consumo.

1.4.5. Microrganismi e problemi industriali

Il grado di contaminazione biologica e polluzioni varie che può essere tollerato in un alimento dipende dalla natura dello stesso, dai limiti fissati dalla normativa dei Paesi nei quali viene prodotto e di quelli nei quali verrà commercializzato e consumato, dai tempi di "shelf life" fissati, dalle prevedibili condizioni di stoccaggio.

Nel fissare il grado di contaminazione biologica tollerabile è opportuno adottare dei *coefficienti di sicurezza* così come avviene di fatto in tutte le branche ingegneristiche, calcolati secondo metodi che tengano conto della distribuzione statistica e del "peso" dei fattori (indesiderati) agenti.

Per stabilire con attendibile grado di fiducia i margini di sicurezza, è necessario effettuare una serie di test qualitativi protratti per un intervallo di tempo adeguatamente lungo, relativamente ai fattori di contaminazione e alle cause responsabili della possibile immissione di essi nel processo.

Bisogna quindi prendere in considerazione:

1. Contaminanti presenti nelle materie prime, ivi compresa l'acqua;
2. Contaminanti trasportati dall'aria o da polluzioni ambientali;
3. Contaminanti apportati dai materiali di confezionamento che vengono "a contatto" con l'alimento e dalle apparecchiature del processo.

Inoltre bisogna tener conto dei fattori impiantistici che possono fungere da moltiplicatori degli effetti di tali inquinanti:

1. Idoneità degli edifici ad ostacolare la trasmissione di inquinanti da un ambiente all'altro; assenza di fenditure sulle pareti o sui pavimenti; assenza di zone di ristagno d'aria nelle soffittature e negli "angoli morti" situati nelle "zone remote" dei locali di produzione;
2. Adeguata progettazione delle apparecchiature e dei macchinari, con particolare riferimento ai materiali di costruzione e al loro "design", che deve mirare alla eliminazione di punti e superfici di discontinuità.

Per quanto attiene all'esercizio dello stabilimento in generale e delle macchine ed impianti specifici, è necessario tenere sotto controllo i seguenti fattori:

1. Frequenza necessaria della pulizia e l'idoneità di tutte le superfici ad essere pulite;
2. Caratteristiche di stagionalità delle lavorazioni; tenendo conto che più accentuata è la stagionalità, più prevale la tendenza dei responsabili delle fabbriche a impiegare mezzi di esercizio di scarsa qualità, anche sotto l'aspetto igienico.
3. Professionalità specifica delle maestranze, che in molti casi, proprio perché di impiego stagionale, non viene selezionata con i necessari requisiti di preparazione specifica, di attitudine e di sensibilità verso le problematiche igieniche, né in tal senso viene sufficientemente addestrata.

Tuttavia una nota di ottimismo su questo punto: fortunatamente esistono in tutti i Paesi avanzati normative e regolamentazioni che fissano "i requisiti minimi di igienicità" nella costruzione e nella conduzione di opifici industriali per la produzione di alimenti.

A tali normative si rimanda per gli orientamenti ed eventuali soluzioni di problemi specifici; tali normative essendo differenti da paese a paese vanno ap-

plicate con senso di responsabilità e consapevolezza piena di eventuali conseguenze di immagine aziendale e di mercato.

1.4.6. I microrganismi di interesse specifico nel settore alimentare

Fatto salvo quanto detto, si può affermare che quasi tutti i microrganismi con i quali conviviamo sono di interesse nell'industria alimentare, perché possono inquinare i cibi e deteriorarli, trasformandoli e variando sensibilmente i loro connotati organolettici e nutrizionali.

Senza tuttavia entrare ulteriormente nel dominio specifico della microbiologia, le cui fondamenta devono far parte dell'indispensabile corredo conoscitivo e culturale dei tecnici e degli operatori che si occupano della produzione industriale dei cibi, ci limitiamo a ricordare che, per quanto di nostro interesse, possiamo distinguere i microrganismi in:

- **Saprofiti:** che non sono responsabili di malattie, ma possono alterare, se presenti al di sopra di una certa quantità, alimenti e bevande;
- **Indici di inquinamento:** che di per sé non sono patogeni, ma essendo normalmente presenti nel tratto intestinale di uomini ed animali, denotano scarsa igienicità del prodotto.
- **Germi patogeni attivi:** che possono diffondersi nell'organismo per assunzione di alimenti contaminati. Essi possono provocare malattie specifiche in alcuni casi molto gravi.

1.4.6.1. I microrganismi di contaminazione degli Alimenti

Normalmente si fa riferimento a:

- Schizomiceti o "Batteri";
- Miceti o "Muffe" e "Lieviti";
- Virus.

Schizomiceti

Sono microbi costituiti da una massarella di liquidi, carboidrati, acqua, nella quale si trovano vitamine, sali minerali, enzimi che costituiscono il citoplasma. Nel citoplasma si trova il DNA (acido desossiribonucleico), materiale genetico che non è avvolto in alcuna membrana come invece accade negli organismi più evoluti (eucarioti).

Rispetto al violetto di genziana, alcuni si colorano, ovvero reagiscono positivamente e sono detti *gram-positivi*:

- *Staphylococcus botulinum*;
- *Clostridium botulinum*;
- *Clostridium perfringens*;
- *Bacillus subtilis*;
- *Bacillus stearothermophilus*.

Altri non si colorano e sono detti *gram-negativi*:

- *Salmonella typhimurium*;
- *Shigella dysenteriae*;

- *Vibrio cholerae*;
- *Vibrio parahaemolyticus*;
- *Escherichia coli*.

Rispetto ai Sali minerali, i germi sono autotrofi in acqua.

Rispetto al pH, si distinguono in:

- Acidofili: lieviti e lattobacilli;
- Germi resistenti a pH >7: coliformi.

Rispetto all'ossigeno, a seconda della loro capacità di sopravvivenza in mancanza o carenza di ossigeno, si classificano:

- Germi aerobi;
- Germi micro-aerobi;
- Germi anaerobi.

Rispetto alla temperatura:

- Germi mesofili $20^{\circ} < T < 40^{\circ}\text{C}$
- Germi psicrofili $5^{\circ} < T < 15^{\circ}\text{C}$
- Germi termofili $40^{\circ} < T < 55^{\circ}\text{C}$

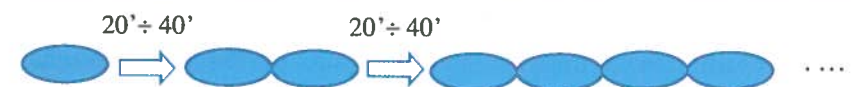
Batteriostatici dei Germi:

Ricordando che "il contenuto dell'acqua libera in un alimento A_w (water activity), è il rapporto tra la tensione di valore dell'acqua distillata e quello di un determinato alimento nelle stesse condizioni di temperatura e pressione", i valori minimi di A_w per la sopravvivenza di alcuni germi di interesse nell'industria alimentare sono:

- *Escherichia coli* ≈ 0.96
- *Bacillus subtilis* ≈ 0.95
- *Staphylococcus aureus* ≈ 0.86
- *Saccharomyces rouxii* ≈ 0.62

Riproduzione dei Germi

La riproduzione dei germi avviene secondo il processo di divisione diretta:



Miceti: Lieviti e Muffe

Le muffe sono costituite da più cellule disposte in filamenti (IFE).

Gli IFOMICETI possono avere riproduzione sessuata o asessuata. Quelli che interessano le produzioni alimentari appartengono al secondo gruppo e si dicono perciò *Funghi "imperfecti"*.

Gli ifomiceti crescono bene a temperature inferiori a quelle necessarie per i batteri, inoltre:

- Prediligono substrati acidi (bevande e conserve);
- Sono meno resistenti dei batteri alla bonifica termica;

La *BYSSOCHLAMYS FULVA*, che produce alterazioni nei prodotti in scatola, è particolarmente resistente alle temperature elevate;

I Lieviti

- Hanno forma tondeggiate, ovoidi, ellittici;
- Sono dimensionalmente più grandi dei batteri;
- Formano colonie più piccole di quelle delle muffe a forma tondeggiate;
- Tollerano pH sia alcalini che acidi, ma preferiscono questi ultimi;
- Crescono anche in presenza di elevate concentrazioni di zucchero (55% e oltre) e di Alcool Etilico;
- Intervengono sulla produzione di molti alimenti, delle bevande analcoliche (*hansenula saccharomices*) e delle bevande alcoliche (*brettanomyces* per la birra, *mycoderma* e *kloekera* per il vino, e la *candida* e *brettanomyces* per la carne)

IVirus

Rappresentano forme di vita più rudimentali dei batteri:

- Sono migliaia di volte più piccoli;
- Sono costituiti di solo materiale genetico (DNA e RNA acido ribonucleico) e pochi enzimi;
- Non sono in grado di riprodursi e possono duplicarsi solo all'interno di cellule viventi;
- Non crescono all'interno dei terreni di cultura per miceti e batteri;
- Per le loro ridotte dimensioni possono passare attraverso setti porosi di amianto, cellulosa e alcune plastiche.

Le Alghe

Rappresentano un gruppo di organismi che può contaminare acque, bevande analcoliche ed alcuni alimenti a matrice liquida.

- Ne esistono più di 18.000 varietà;
- Possono essere monocellulari con dimensioni di pochi micron, o pluricellulari. In questo caso si rassomigliano a piante superiori, ma non ne posseggono la differenziazione in tessuti e organi diversi;
- La riproduzione può avvenire sia per divisione diretta, sia per fusione di materiale genetico di due cellule diverse;
- Le alghe possono pervenire nelle acque sia per via tellurica, sia per via aerea;
- La presenza di alghe in substrati o condutture idriche può creare problemi non solo al prodotto, ma al flusso stesso del liquido, perché la loro crescita incontrollata può portare alla formazione di veri e propri "ammassi" che ostruiscono le tubazioni e intasano i punti singolari della condotta, come le curve, i gomiti, le valvole, armature e pezzi speciali.

1.4.7. Peculiarità di alcuni germi di interesse nell'industria alimentare

I Saprofiti

- Sono germi *ubiquitari*, ossia presenti nel suolo, nell'acqua, sui vegetali, nell'aria, sulla superficie cutanea.
- Possono essere negli alimenti all'origine o indotti dalla lavorazione.
- Hanno significato tecnologico e non sanitario.
- Quando la loro carica microbica (quantità per grammo o millilitro) supera de-

terminati limiti, il prodotto presenta o potrà presentare alterazioni delle proprie caratteristiche organolettiche e/o di conservabilità per effetto dell'azione svolta dagli enzimi elaborati dagli stessi microrganismi.

I Germi indici di inquinamento fecale

- Sono presenti nel lume intestinale e quindi nelle feci degli animali e degli uomini.
- La loro presenza è tollerata entro moderati limiti, perché un elevato numero di questi germi può "indicare l'eventuale presenza di germi patogeni".
- Di questo gruppo fanno parte i *coliformi* con habitat molto eterogeneo, vegetale o tellurico; i coliformi fecali con habitat correlato all'intestino, gli streptococchi fecali, i clostridi solfito riduttori, i quali sono dotati di spore che ne assicurano a lungo la sopravvivenza, anche in condizioni difficili essendo essi anaerobi.

I Germi patogeni

Di essi fanno parte i germi responsabili di infezioni patologiche; essi sono in grado di riprodursi nell'organismo, in cui determinano processi patologici con decorso medio-lungo; ed i germi responsabili di intossicazioni, non provocato dal germe di per sé, ma dalle sue tossine elaborate nell'alimento.

Tra i più frequenti patogeni ricordiamo:

- **Staphylococcus aureus** produttore di enterotossine. Quando raggiunge nell'alimento una concentrazione dell'ordine di 10^5 cellule/g, questo genere produce sindrome gastroenterica.

Le enterotossine resistono a trattamenti di cottura a 100°C per 30'.

Gli alimenti contaminati dallo stafilococco, anche in concentrazione elevata, possono mantenere inalterate le loro caratteristiche organolettiche.

Tra gli alimenti più frequentemente contaminati, si devono segnalare i prodotti dolciari, i gelati a base di latte e uova, i prodotti lattiero-caseari.

- **Salmonella minori**, forma bastoncellulare, gram-negative, contaminano carni e derivati. Da ricordare per il suo significato epidemiologico la *salmonella typhimurium*.

Germi responsabili di sindromi gastroenteriche:

Tra essi si segnalano:

- *clostridium perfringens*;
- *escherichia coli*;
- *yersinia enterocolitica* (si sviluppa nei frigoriferi);
- *campylobacter jejuni*;
- epatite infettiva di tipo "A";
- germi opportunisti;
- micotossine;

1.4.8. Il controllo dei microrganismi in ambiente industriale alimentare

1.4.8.1. Aspetti generali

In linea generale, quanto più spinto è il grado di asetticità richiesto per un prodotto alimentare, tanto più elevato è il suo costo di produzione; infatti mol-

te conseguenze collaterali, spesso non gradite sotto l'aspetto della qualità intrinseca, accompagnano i processi di sterilizzazione, per ridurre i nefasti effetti delle quali è necessario attuare accorgimenti che possono essere anche molto dispendiosi. Talché spesso è economicamente vantaggioso investire risorse economiche e umane sulla ricerca di combinazioni operative, ovviamente sotto l'aspetto economico, tra composizione del cibo, apparecchiature di lavorazione e processo produttivo.

Certamente per conseguire il miglior risultato si dovranno accettare anche condizioni di compromesso, che saranno tanto più tollerabili quanto minore è la contaminazione igienica iniziale delle materie, dei materiali e di quella dell'ambiente fisico nel quale il processo avviene.

Nelle industrie biologiche, nelle quali siano richieste delle reazioni specifiche, determinate o favorite da particolari microrganismi, i microrganismi di contaminazione possono entrare in competizione con i primi e ridurre la resa del processo o inquinare il prodotto finale con sostanze e composti non desiderati.

È il caso della presenza di fermenti estranei nelle fermentazioni alcoliche: essi possono abbassare la resa di alcool, oppure alterare sensibilmente alcuni caratteri organolettici tipici del prodotto (flavour, odore, colore, limpidezza, e simili).

Altro esempio abbastanza indicativo è rappresentato dai formaggi, le cui caratteristiche tipiche possono essere profondamente modificate da una banale modificazione della flora batterica.

Fosse solo per queste ragioni, molte lavorazioni alimentari e agroalimentari devono svolgersi in ambienti tendenti alla sterilità completa.

1.5. CRITERI IGIENICI DI PROGETTAZIONE PER IL CONTROLLO DEI MICROORGANISMI IN AMBIENTE INDUSTRIALE E ALIMENTARE

1.5.1. Linee generali di progettazione igienica

Fin dall'entrata in vigore della prima Direttiva "Macchine" (89/392/CEE), la marcatura "CE" riportata dal costruttore sulla macchina è una dichiarazione di conformità a tutti gli obblighi pertinenti (autocertificazione). Nel caso delle macchine destinate all'industria alimentare, tale conformità si riferisce, oltre che ai requisiti di sicurezza dell'utilizzatore, anche ai requisiti igienici specifici aggiuntivi elencati al punto 2.1 dell'Allegato 1. Questi requisiti aggiuntivi sono stati ribaditi pressoché immutati nelle successive versioni della "Direttiva Macchine", fino a quella attualmente vigente recepita con D.Lgs. 27 gennaio 2010 n. 17.

Tra le norme EN armonizzate alla "Direttiva Macchine", finalizzate a esemplificare le modalità pratiche di adempimento e con il volontario rispetto delle quali si acquisisce la presunzione di conformità alla Direttiva stessa, alcune trattano specificatamente proprio dei requisiti di igiene delle macchine per l'industria alimentare.

Prima ancora della emanazione di queste norme armonizzate, le modalità applicative per rispettare gli obblighi igienici delle apparecchiature alimen-

tari previsti dalla "Direttiva Macchine" era stato approfondito e divulgato dalla EHEDG¹⁴ con apposite Linee guida.

Eppure, nonostante si tratti di una problematica trattata da più di un ventennio, tuttora non è raro trovare nelle imprese alimentari apparecchiature che non possono essere considerate effettivamente igieniche. Evidentemente non tutti i soggetti interessati sono stati finora consapevoli degli obblighi igienici aggiuntivi per le macchine destinate all'industria alimentare.

La ragione può essere individuata nel fatto che la "Direttiva Macchine" si riferisce soprattutto alla sicurezza del lavoro ed è ben conosciuta da coloro che, nei diversi ambiti di competenza, hanno tale interesse e responsabilità; mentre la legislazione specifica sull'igiene alimentare, come il Regolamento (CE) N. 852/2004 nel capitolo V dell'Allegato II, non richiama la "Direttiva Macchine" all'attenzione di coloro che hanno interesse e responsabilità per l'igiene alimentare.

1.5.2. Le normative cogenti di progettazione igienica

1.5.2.1. D.Lgs. 17 del 27 gennaio 2010 (recepimento 2006/42 CE)

I requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute dovrebbero essere rispettati al fine di garantire che la macchina sia sicura; questi requisiti dovrebbero essere applicati con discernimento, tenendo conto dello stato dell'arte al momento della costruzione e degli aspetti tecnici ed economici stringenti e vincolanti.

Le macchine costruite in conformità ad una norma armonizzata, il cui riferimento sia stato pubblicato nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, sono presunte conformi ai requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute coperti da tale norma armonizzata.

Tra tutte le indicazioni fornite dalla Direttiva macchine in generale si trovano anche alcune precisazioni proprie delle macchine per le industrie alimentari al paragrafo 2.1. "Macchine alimentari e macchine per prodotti cosmetici o farmaceutici". Campo di applicazione (da linea guida europea): sono macchine per la fabbricazione, preparazione, cottura, la trasformazione, il raffreddamento, la manipolazione, stoccaggio, trasporto, condizionamento, confezionamento e distribuzione di prodotti alimentari, cosmetici e prodotti farmaceutici.

Al punto 2.1.1. "Considerazioni generali" si specifica inoltre che trattandosi di "macchine destinate ad essere utilizzate per prodotti alimentari o per prodotti cosmetici o farmaceutici devono essere progettate e costruite in modo da evitare qualsiasi rischio di infezione, di malattia e di contagio".

¹⁴ European Hygienic Engineering and Design Group. L'EHEDG sostiene attivamente le leggi europee che prevedono che la movimentazione, la preparazione, la lavorazione e l'imballaggio degli alimenti avvenga in modo igienico utilizzando macchinari igienici e in luoghi igienici (Direttiva CE 2006/42/CE per i Macchinari, Requisiti di igiene EN 1672-2 e EN ISO 14159).

Devono quindi essere osservati i seguenti requisiti:

- a) i materiali a contatto o che possono venire a contatto con prodotti alimentari, cosmetici o farmaceutici devono essere conformi alle direttive in materia. La macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che detti materiali possano essere puliti prima di ogni utilizzazione; se questo non è possibile devono essere impiegati elementi monouso;
- b) tutte le superfici a contatto con i prodotti alimentari, cosmetici o farmaceutici, ad eccezione di quelle degli elementi monouso, devono:
 - essere lisce e prive di rugosità o spazi in cui possano fermarsi materie organiche. Lo stesso requisito va rispettato per i collegamenti fra le superfici,
 - essere progettate e costruite in modo da ridurre al minimo le sporgenze, i bordi e gli angoli,
 - poter essere pulite e disinfettate facilmente, se del caso, dopo aver asportato le parti facilmente smontabili; gli angoli interni devono essere raccordati con raggi tali da consentire una pulizia completa;
- c) i liquidi e i gas aerosol provenienti da prodotti alimentari, cosmetici o farmaceutici e dai prodotti di pulizia, di disinfezione e di risciacquo devono poter defluire completamente verso l'esterno della macchina (se possibile in una posizione «pulizia»);
- d) la macchina deve essere progettata e costruita al fine di evitare l'ingresso di sostanze o di organismi vivi, in particolare insetti o il formarsi di accumuli di materie organiche in zone impossibili da pulire;
- e) la macchina deve essere progettata e costruita in modo che i prodotti ausiliari pericolosi per la salute, inclusi i lubrificanti, non possano entrare in contatto con i prodotti alimentari, cosmetici o farmaceutici. All'occorrenza, la macchina deve essere progettata e costruita per permettere di verificare regolarmente il rispetto di questo requisito.

Sempre dalla linea guida europea può dedursi che nei casi in cui i materiali destinati ad essere in contatto con i prodotti alimentari siano incorporati nelle macchine, essi devono essere accompagnati da una dichiarazione scritta (come la Dichiarazione di conformità previsto dall'articolo 16 del regolamento (CE) n. 1935/2004); le dichiarazioni inoltre devono essere incluse nel fascicolo tecnico per le macchine in base al nono trattino, dell'allegato VII A 1. Se questo non è il caso, il fabbricante della macchina deve documentare l'idoneità del materiale in questione nella scheda tecnica della macchina.

Le istruzioni delle macchine alimentari e delle macchine destinate ad essere utilizzate per prodotti cosmetici o farmaceutici devono indicare i prodotti e i metodi raccomandati per la pulizia, la disinfezione e la risciacquatura non solo delle parti facilmente accessibili, ma anche delle parti alle quali è impossibile o sconsigliato accedere.

Le specifiche generali per i requisiti d'igiene per le macchine sono riportati nella:

- *EN ISO 14159*. Sicurezza del macchinario – Requisiti relativi all'igiene per la progettazione del macchinario alimenti
- *EN 1672-2* Macchine per l'industria alimentare - Concetti di base - Parte 2: Requisiti di igiene

1.5.2.2. EN ISO 14159

La principale norma armonizzata applicabile a tutte le macchine e apparecchiature ausiliari e utilizzate in applicazioni in cui possono verificarsi pericoli di igiene per il consumatore del prodotto è la: *EN ISO 14159:2008* Sicurezza del macchinario. Requisiti relativi all'igiene per la progettazione del macchinario (*ISO 14159:2002*). La norma (di tipo B)¹⁵ ha una larga applicazione con esclusione dell'uscita di agenti microbiologici dalla macchina. È stata redatta dal CT ISO 199 (sicurezza del macchinario). Non è specifica per le macchine per l'industria alimentare, ma contiene molti requisiti che si ritrovano nella *EN 1672-2* che è una norma di tipo C per le macchine per imballare prodotti alimentari.

1.5.2.3. EN 1672-2

La norma *EN 1672-2* Macchine per l'industria alimentare - Concetti di base - Parte 2: Requisiti di igiene – è una norma di classe C specificatamente dedicata alle macchine per l'industria alimentare sviluppate dal CEN/CT 153. Stabilisce i requisiti di igiene ai fini della sicurezza dell'operatore e del prodotto trattato dalla macchina. La norma ricalca in gran parte la *EN ISO 14159*. Al punto 6 (verifiche) presenta una tabella che fornisce utili spunti per il fascicolo tecnico. Nell'allegato A (informativo) sono evidenziati esempi di soluzioni tecniche che presentano rischi e che sono accettabili, in parte diversi dalla norma *EN ISO 14159*.

¹⁵ **Norme di tipo A:** norme generali di sicurezza che specificano i principi generali di progettazione applicabili a tutti i tipi di macchine.

Norme di tipo B: norme di sicurezza comuni a gruppi che si dividono in due categorie:

- norme di tipo B1: riguardano un aspetto specifico della sicurezza come ad esempio:
 - il posizionamento dei dispositivi elettrosensibili di sicurezza in riferimento alla velocità di avvicinamento delle parti del corpo umano;
 - le distanze di sicurezza per la protezione degli arti superiori e inferiori;
 - la sicurezza dell'impianto elettrico a bordo macchina ecc.;
 - gli elementi dei sistemi di comando relativi alla sicurezza;
- norme di tipo B2: riguardano i dispositivi di sicurezza come ad esempio:
 - i dispositivi elettrosensibili di protezione - principi generali e prove;
 - i dispositivi elettrosensibili di protezione - particolari requisiti per dispositivi che utilizzano elementi optoelettronici attivi (barriere fotoelettriche);
 - i dispositivi elettrosensibili di protezione - particolari requisiti per dispositivi fotoelettrici attivi di protezione che rispondono alla riflessione diffusa (laser scanner);
 - i dispositivi di arresto di emergenza.

Norme di tipo C: norme di sicurezza che riguardano specifici tipi di macchine come ad esempio:

- le presse meccaniche;
- le presse idrauliche;
- le macchine per imballaggio;
- i palettizzatori e depalettizzatori;
- i robot industriali.

Una norma di tipo C è prioritaria rispetto alle norme di tipo A e B. In assenza di norme di tipo C è possibile raggiungere la conformità alla Direttiva utilizzando le norme di tipo A e B.

1.5.2.4. Le normative volontarie di progettazione igienica

La legislazione europea prevede che la movimentazione, la preparazione, la lavorazione e l'imballaggio degli alimenti avvenga in modo igienico utilizzando macchinari igienici e in luoghi igienici (come da direttiva sull'igiene alimentare, direttiva macchine e direttiva sui materiali a contatto con gli alimenti).

I produttori e gli utenti di apparecchiature alimentari sono responsabili per l'implementazione di questi requisiti e l'EHEDG fornisce loro delle linee guida relative ai principali criteri di progettazione igienica nel rispetto delle leggi nazionali ed internazionali. L'obiettivo principale dell'EHEDG è quindi la promozione di alimenti sicuri ottenuti migliorando la progettazione igienica in tutti gli aspetti della produzione alimentare.

Poiché la sicurezza degli alimenti non si ferma ai confini dell'Europa, l'EHEDG promuove attivamente l'armonizzazione globale delle linee guida e degli standard. Le organizzazioni statunitensi NSF e 3-A hanno accettato di contribuire allo sviluppo delle Linee Guida EHEDG e a sua volta l'EHEDG contribuisce allo sviluppo degli standard di 3-A e NSF.

L'EHEDG è una fondazione. Essa è costituita da un Gruppo Principale, un Comitato Esecutivo, Sottogruppi (Gruppi di lavoro) e Sezioni Regionali con i rispettivi presidenti e membri. Il Presidente rappresenta formalmente l'EHEDG e viene eletto dal Gruppo Principale per un periodo di 2 anni. Il Comitato Esecutivo è responsabile delle attività quotidiane dell'organizzazione. Esso è costituito dal Presidente, il Segretario Generale, il Tesoriere e dai membri del Comitato Esecutivo. Le Sezioni Regionali sono estensioni locali dell'EHEDG e vengono create per promuovere l'igiene nella produzione alimentare attraverso le rispettive attività regionali.

Le principali attività dell'EHEDG sono:

- Sviluppo, pubblicazione e periodica revisione di linee guida pratiche di Hygienic Design capaci di orientare costruttori di impianti e industrie alimentari verso la conformità alla legislazione internazionale.
- Sviluppo di test di verifica utilizzabili da terze parti per la valutazione di igienicità delle macchine, e dunque per la valutazione di conformità alle norme.
- Certificazione EHEDG da parte di enti accreditati, sulla base dei test di verifica sopraccitati.
- Organizzazione di conferenze e workshop.

In definitiva gli obiettivi che si prefigge questo Ente sono:

- Fornire una guida sugli aspetti della progettazione igienica per la produzione di alimenti sicuri e sani
- Fornire linee guida relative ai principali criteri di progettazione igienica basandosi sulla scienza e sulla tecnologia e revisionarle periodicamente. Questi documenti forniscono ai produttori e agli utenti di apparecchiature una guida per il rispetto delle leggi nazionali e internazionali.
- Sviluppare metodi di verifica che possano essere utilizzati da terzi nella valutazione della progettazione igienica per favorire il rispetto delle leggi applicabili.

- Garantire che l'uso del nome e del logo EHEDG sia adeguatamente controllato.
- Identificare le aree nelle quali la conoscenza dei principi di progettazione igienica è insufficiente e incoraggiare la ricerca e lo sviluppo in tali aree.
- Fornire un punto d'incontro equilibrato fra i costruttori, gli utilizzatori e gli organismi di regolamentazione europei, per discutere di argomenti inerenti alla progettazione igienica e favorire l'igiene e la sicurezza degli alimenti.

La rete EHEDG è aperta alle persone, alle aziende e agli istituti, essa è costituita da 700 persone che rappresentano

Aziende produttrici di alimenti e apparecchiature per alimenti, produttori di farmaci e cosmetici

- Aziende fornitrici di servizi di progettazione
- Organizzazioni scientifiche e istituti di ricerca
- Autorità sanitarie.

L'EHEDG è sostenuto dal supporto costante delle aziende e degli istituti membri che hanno un ruolo essenziale nel raggiungimento del suo principale obiettivo di lungo termine, ossia di contribuire alla prevenzione dei problemi igienici grazie all'applicazione della progettazione igienica. Queste aziende e organizzazioni si impegnano a rispettare gli standard più elevati in termini di sicurezza degli alimenti e fanno il possibile per migliorare l'immagine generale dell'industria agli occhi del consumatore. Attraverso la rete dell'EHEDG, le aziende possono promuovere il proprio punto di vista a condizione che s'impegnino a rispettarne gli obiettivi; possono influenzare tendenze e guadagnare un riconoscimento internazionale per gli sforzi fatti. L'associazione aziendale include anche l'associazione come gruppo operativo. L'utilizzo del logo di azienda membro dell'EHEDG è una dichiarazione di questo impegno.

1.5.2.5. Sviluppo delle linee guida EHEDG

Lo sviluppo delle linee guida EHEDG è svolto dai membri dei gruppi operativi organizzati in vari Sottogruppi. È possibile consultare un elenco di tutti i sottogruppi EHEDG con i relativi recapiti. Una volta che il Comitato Esecutivo ha approvato un argomento, si identifica un autore principale e si seleziona un gruppo operativo ricercando degli esperti che sviluppino un nuovo documento di linee guida. Un diagramma di flusso e delle note accompagnatorie descrivono il processo di revisione e approvazione delle linee guida. I membri che hanno individuato un argomento adeguato che potrebbe giustificare lo sviluppo di un nuovo documento di linee guida hanno a disposizione un modulo di proposta. Tutte le linee guida EHEDG vengono regolarmente revisionate e aggiornate.

Elenco esemplificativo delle linee guida EHEDG:

1. Pastorizzazione continua microbiologicamente sicura di alimenti liquidi.
2. Metodo di prova della pulibilità in loco (CIP) delle apparecchiature per la lavorazione degli alimenti.
3. Imballaggio asettico microbiologicamente sicuro dei prodotti alimentari.

4. Metodo di valutazione della possibilità di pastorizzare in linea le apparecchiature per la lavorazione degli alimenti.
5. Metodo di valutazione della possibilità di sterilizzare in linea le apparecchiature per la lavorazione degli alimenti.
6. Sterilizzazione termica a flusso continuo microbiologicamente sicura di alimenti liquidi.
7. Metodo di valutazione dell'impermeabilità batterica delle apparecchiature per la lavorazione degli alimenti.
8. Criteri per la progettazione igienica delle apparecchiature.
9. Saldatura dell'acciaio inox nel rispetto dei requisiti igienici.
10. Progettazione igienica di un'apparecchiatura chiusa per la lavorazione di alimenti allo stato liquido.
11. Imballaggio igienico dei prodotti alimentari.
12. Il trattamento termico a flusso continuo o semicontinuo degli alimenti in polvere.
13. Progettazione igienica delle apparecchiature per la lavorazione aperta.
14. Requisiti di igiene relativi alle valvole per la lavorazione degli alimenti.
15. Metodo di valutazione della pulibilità in loco delle apparecchiature per la lavorazione degli alimenti di dimensioni moderate.
16. Accoppiamenti igienici per tubazioni.
17. Progettazione igienica di pompe, omogeneizzatori e umettatrici.
18. Passivazione dell'acciaio inox.
19. Metodo per la valutazione dell'impermeabilità batterica dei filtri a membrana idrofobica.
20. Progettazione igienica ed uso in tutta sicurezza delle valvole a due vie a doppia sede.
21. Challenge test per la valutazione delle caratteristiche igieniche delle confezionatrici per prodotti liquidi e semiliquidi.
22. Criteri generali di progettazione igienica per la lavorazione in tutta sicurezza dei materiali in polvere secchi.
23. Produzione e uso dei lubrificanti ad uso alimentare.
24. Prevenzione e controllo della Legionella spp. (inclusa la legionellosi) nelle fabbriche di prodotti alimentari.
25. Progettazione di tenute meccaniche per applicazioni igieniche e asettiche.
26. Progettazione igienica di impianti per la lavorazione dei materiali in polvere secchi.
27. Conservazione e distribuzione dell'acqua in tutta sicurezza nelle fabbriche di prodotti alimentari.
28. Trattamento igienico e in tutta sicurezza dell'acqua nelle fabbriche di prodotti alimentari.
29. Progettazione igienica degli impianti di confezionamento per alimenti solidi.
30. Linee guida sulla movimentazione dell'aria nell'industria alimentare.
31. Progettazione igienica di essiccatori a letto fluido e nebulizzatori.
32. Materiali per la costruzione delle apparecchiature a contatto con gli alimenti.
33. Progettazione igienica degli impianti di scarico dei materiali in polvere secchi.

34. Integrazione di impianti igienici e asettici.
35. Saldatura di tubi in acciaio inox nell'industria alimentare.
36. Progettazione igienica degli impianti di trasferimento dei materiali in polvere secchi.
37. Progettazione e applicazione igienica dei sensori.
38. Progettazione igienica di valvole rotative nelle linee di processo per materiali in polvere secchi.
39. Principi di progettazione per apparecchiature e aree di lavorazione nella produzione asettica di alimenti.
40. Hygienic Engineering of Valves in Process Lines for Dry Particulate Materials (2010).
41. Hygienic Engineering of Diverter Valves in Process Lines for Dry Particulate Materials (2011).
42. Disc Stack Centrifuges - Design and Cleanability (2013).
43. Hygienic Design of Belt Conveyors for the Food Industry (will be published soon).
44. Hygienic Design Principles for Food Factories (2014).
45. Cleaning Validation in the Food Industry - General Principles, Part 1
47. Guidelines on Air Handling Systems in the Food Industry - Air Quality Control for Building Ventilation

1.6. BIBLIOGRAFIA

- D.Lgs. 27 gennaio 2010 n. 17, Attuazione della direttiva 2006/42/CE, relativa alle macchine e che modifica la direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori. GU n.41 del 19-2-2010 - Suppl. Ordinario n. 36; REGOLAMENTO (CE) N. 852/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 29 aprile 2004 sull'igiene dei prodotti alimentari;
- Decreto del Presidente della Repubblica 24 luglio 1996, n. 459 "Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine";
- EN ISO 14159:2008. Sicurezza del macchinario — Requisiti relativi all'igiene per la progettazione del macchinario (ISO 14159:2002);
- EN 1672-2:2005+A1:2009 Macchine per l'industria alimentare — Concetti di base — Parte 2: Requisiti di igiene;
- EHEDG (disponibile al sito: <https://www.ehedg.org/>)
- EHEDG ITALIA (disponibile al sito: <http://www.ehedg.unipr.it/>)
- Farris - Gobbetti - Neviani - Vincenzini: 2012. Microbiologia dei prodotti alimentari Casa Editrice Ambrosiana ISBN: 9788808182463;
- Jay James J., Loessner Martin J., Golden David A., 2009. Microbiologia degli alimenti Editore: Springer Verlag EAN: 9788847007857
- Krämer Johannes, Cantoni Carlo, 2011. Alimenti, microbiologia e igiene 2011. (Traduttore: S. Dalle Molle) Editore: Tecniche Nuove. EAN: 9788848124713
- Rizzo Roberto, 2005. Scienza e tecnologia acque minerali e bevande - Vol. I "L'acqua", Chiriotti Editori - Pinerolo (TO).
- Rizzo Roberto, 2006. Scienza e tecnologia acque minerali e bevande - Vol. VI "Igiene, qualità e sicurezza nella produzione delle acque minerali e delle bevande". Chiriotti Editori - Pinerolo (TO).
- Vanni S. Anni 30. La conservazione dei prodotti alimentari. Editore G. Lavagnolo - Torino.

*Se il nostro solo strumento è un martello,
ogni problema assomiglierà
ad un chiodo da battere.*

B. Gates

Capitolo secondo

CRITERI UBICAZIONALI PER LE INDUSTRIE ALIMENTARI

2.1. INTERAZIONI TRA GLOBALIZZAZIONE, DISLOCAZIONE DEI MERCATI E LOCALIZZAZIONE DELLE PRODUZIONI

Sempre di più a livello mondiale si sente parlare di globalizzazione e creazione di mercati globali nei quali ogni singola azienda deve confrontarsi. Questo fenomeno investe anche le industrie alimentari e non solo contesti manifatturieri come quello della meccanica e dell'impiantistica, dove questo aspetto è diffuso da tempo. In un contesto globalizzato tuttavia le aziende alimentari devono affrontare anche la tematica della localizzazione dei propri stabilimenti produttivi e dei costi logistici per spedizioni e/o arrivo di materie prime e semilavorati per le produzioni industriali.

Tutto questo può impattare notevolmente sul costo finale del prodotto e sulla shelf life residua al punto vendita, rendendo talora difficile affrontare a livello globale la vendita di prodotti alimentari o l'utilizzo di ingredienti e semilavorati prodotti in zone distanti dallo stabilimento alimentare di produzione industriale.

Le tecnologie di processo sul prodotto alimentare base (ad esempio congelamento e refrigerazione o addirittura alte pressioni idrostatiche) posso aiutare, congiuntamente alle tecnologie di packaging, a superare queste problematiche, rendendo possibili esportazioni ed importazioni fino a qualche decennio passato impensabili. Questo trova tuttavia più facile applicazione su matrici alimentari con alto valore e marginalità, le quali possono più agevolmente coprire i costi connessi alla globalizzazione grazie alla peculiarità della produzione che può trovare riconoscimento in ogni parte del mondo.

Laddove questo non sia possibile o fattibile, negli ultimi anni è andata affermandosi la tendenza di delocalizzare alcune produzioni vicino ai mercati di destinazione. Nel settore alimentare questa possibilità è vincolata all'utilizzo di materie prime locali di qualità riconosciuta e certificata, essendo assolutamente possibile disporre in qualsiasi zona del mondo delle tecnologie produttive e di confezionamento di eccellenza provenienti dai maggiori top-players del settore. Anche la componente umana in molte lavorazioni è fondamentale, ma sempre più le linee produttive automatizzate e l'utilizzo di tecnologie emergenti, quali *realtà aumentata* e *assistenza in remoto* hanno reso questo fattore meno importante rispetto al passato, rendendo possibile una delocalizzazione produttiva. Tuttavia in controtendenza rispetto a questo cambiamento, si è assistito anche alla crescita e alla ricerca da parte dei consumatori di un prodotto alimentare a "km0", con il

che si è cercato di sfruttare le risorse del territorio e avvicinare il consumatore al produttore, eliminando parte degli intermediari della filiera. In tale contesto fondamentale risulta il ruolo delle certificazioni e delle prescrizioni legislative che impongono controlli e valutazioni nel massimo rispetto della sicurezza alimentare e della costanza di qualità del prodotto.

Il tema nella sua interezza è quindi di difficile razionalizzazione, anche perché soggetto a mutevoli variabili relative al contesto internazionale, ma anche a imposizioni legislative tipiche di ogni area di produzione.

2.2. ASPETTI DI GLOBALIZZAZIONE E LOCALIZZAZIONE DELLE ATTUALI PRODUZIONI ALIMENTARI

Il punto di partenza per comprendere le tematiche connesse alla globalizzazione e localizzazione delle produzioni alimentari è la tendenza al consumo alimentare da parte della popolazione. Oggi nei punti vendita della Grande Distribuzione Organizzata (GDO) è possibile trovare un'ampissima gamma di prodotti alimentari, con caratteristiche completamente diverse tra loro. Questo vasto assortimento è necessario alla GDO per soddisfare le esigenze di tutta la sua clientela, sempre meno standardizzata verso gusti comuni, ma alla ricerca di prodotti aderenti alle mutate esigenze personali.

Molti dei prodotti alimentari presenti a scaffale richiedono una complessa serie di operazioni, alcune delle quali posso essere svolte vicine ai luoghi di provenienza e di coltivazione dei principali ingredienti del prodotto, altri in luoghi più vicini ai mercati di consumo. La fase agricola e le prime fasi di trasformazione del prodotto sono di solito svolte in prossimità dei luoghi di coltivazione, mentre alcuni processi di trasformazione, che conferiscono valore aggiunto e/o prevedono l'utilizzo di quantità elevate di acqua per la finitura del processo, possono essere svolte in prossimità dei mercati di consumo. Questa dicotomia tra diverse fasi della produzione presente in alcuni casi, è stata resa possibile dalla velocità e economicità dei trasporti e dai bassi costi di produzione o lavorazione in alcune delle aree coinvolte da questo processo.

Queste possibilità hanno condotto in alcuni casi verso la delocalizzazione delle prime fasi di produzione in vicinanza di zone agricole in paesi dal basso costo di produzione che vedono in tal modo accrescersi il lavoro, a scapito di aree maggiormente evolute dove non avviene più la coltivazione e le prime fasi di lavorazione del prodotto. Fase fondamentale per poter instaurare un meccanismo come quello sopra esposto è la certezza nei paesi di produzione di avere disponibilità di acqua e approvvigionamenti e la stabilità dal punto di vista socio-politico. Solo in queste condizioni le aziende multinazionali possono instaurare un solido avvenire per le loro produzioni; in assenza di queste condizioni, in modo cautelativo si rimane spesso in paesi dal più alto costo di produzione, ma con maggiore certezza nelle produzioni.

Il meccanismo con il quale nell'industria alimentare si decide di delocalizzare le produzioni può essere differente e prevedere o un investimento estero diretto della casa madre, che acquista terreni e gestisce direttamente la produzione,

oppure tramite rapporti di subcontratto o di subfornitura anche in aree geografiche distanti tra loro.

Molte aziende multinazionali recentemente si sono orientate verso una delocalizzazione che comporta l'acquisto di realtà produttive locali ed estesi appezzamenti di terreni. Di solito a capo di tali realtà produttive è posto un manager con alto livello di indipendenza e flessibilità nelle scelte strategiche, al fine di poter adattare le politiche aziendali anche ai principi e alle logiche produttive locali. Questo ha consentito di avere una migliore valorizzazione delle risorse locali, con un aumento della consapevolezza e della conoscenza delle popolazioni autoctone.

Dall'altra parte una tipologia di delocalizzazione che preveda la forma contrattuale di subfornitura o tramite subcontractor, può garantire una forma di approvvigionamento di prodotto da aree geografiche separate. In questo caso generalmente vengono imposte determinate caratteristiche di qualità e costanza delle produzioni alimentari primarie, legate quindi alla coltivazione e alle prime fasi di trasformazione in loco. Si verificano quindi fenomeni di produzioni delocalizzate di singoli ingredienti che confluiranno poi nella zona di trasformazione finale e di confezionamento per la preparazione del prodotto alimentare finito. La differenza rispetto al passato è che ora non ci si rifornisce da una azienda esterna alla realtà della multinazionale, ma è essa stessa che agisce controllando le produzioni alimentari, fissando standard elevati e assumendosi anche l'onere di eseguire controlli sulle produzioni stesse, spesso senza preavviso. Di conseguenza, anche in campo alimentare, il commercio internazionale si configura sempre più come trade-in-tasks piuttosto che trade-in-goods (REF), rendendo possibile una catena del valore composta da diversi soggetti presenti anche in nazioni diverse, ma comunque controllate dalla azienda distributrice del bene finale. Si è arrivati anche nell'alimentare a logiche proprie di altri settori, grazie, come detto in precedenza, all'alta efficacia della logistica distributiva lungo tutta la supply chain alimentare.

A contrastare i fenomeni di localizzazione sopra esposti è sorta invece in alcuni casi da parte dei consumatori, specialmente nei mercati più evoluti, un radicamento al territorio, alle cui produzioni dirette è riconosciuto un maggior valore. Viene ad essere valorizzato in questo caso l'utilizzo di esperienze e valori tipici della tradizione e l'utilizzo ad esempio di specialità e specie agronomiche antiche o protette, non sviluppate e derivate geneticamente per avere maggiore produttività. Questo fenomeno da un lato si collega al concetto di naturalità desiderato da un numero elevato di consumatori, dall'altro si connette ad un desiderio di riscoprire le realtà locali e le origini delle produzioni agricole del proprio territorio. In questo senso, anche la riscoperta del consumo di frutta e verdura di stagione, bene si collega con la volontà di usufruire delle risorse del proprio territorio nei periodi in cui se ne ha la disponibilità. Questo fenomeno non si ferma quindi solo al cambiamento locale delle tipologie di produzioni affrontate, ma si estende anche alle modalità di commercializzazione del prodotto stesso. L'evoluzione e la diffusione degli spacci aziendali, delle vendite a "km0" e dei mercati sono evidenti soprattutto nelle realtà maggiormente industriali e industrializzate, dove una fascia di consumatori predilige riscoprire le caratteristiche del territorio piuttosto che rifornirsi di prodotto di marchi noti e da sempre presen-

ti nella GDO. Questo fenomeno così distante da quelli caratterizzanti la globalizzazione sopra riportati non vuole tuttavia porsi in aperto contrasto con essi, ma rappresentare un'alternativa a volte anche per consumatori usualmente rivolti al marchio, da utilizzarsi in diversi momenti dell'anno o della settimana. Entrambe le realtà convivono e ben si presentano agli occhi del consumatore. La stessa GDO assieme a prodotti classici da sempre realizzati e commercializzati tramite co-packer, sempre di più propone anche specializzazioni regionali, realizzate tramite ricette particolari, sfruttanti pregiate materie prime del territorio. Come risultato finale il consumatore si trova di fronte ad una amplissima gamma di prodotti per la stessa categoria merceologica presentati con packaging e grammature, nonché prezzi di vendita unitari veramente differenti. Il tutto unito dal comune multiplo denominatore della sicurezza alimentare, elemento imprescindibile per qualsiasi produzione alimentare sia proveniente da mercati globalizzati sia da produzioni esternamente locali.

In conclusione sempre più si evidenzia come siano molteplici gli approcci attuali nella scelta delle produzioni alimentari e come a volte essi portino a comportamenti completamente opposti gli uni agli altri. Questo tuttavia non ha portato ad una netta prevalenza di una impostazione rispetto all'altra, ma alla coesistenza di entrambi con l'effetto sostanziale di avere un mercato con una vastissima scelta di prodotto, dove sicuramente la tendenza precedente di stabilizzazione delle vendite non trova più riscontro¹. Si evidenziano infatti sempre più casi di crescita esponenziale o calo drastico nelle vendite, in funzione di come un'azienda ha saputo posizionarsi sul mercato e intercettare i desiderata dei clienti a loro volta sempre più mutevoli.

2.3. STORIOGRAFIA DELLE ANALISI DEI SISTEMI AGROALIMENTARI IN CHIAVE TERRITORIALE

Lo studio dell'evoluzione del concetto di produzione alimentare trae le sue origini da molto lontano e fin dal medioevo ci si è interessati delle modalità di coltivazione e di raccolta nei campi e tutta la storia è piena di dettagli su quella che giustamente era ritenuta l'operazione fondamentale per la sopravvivenza del genere umano.

In epoca moderna le analisi si sono focalizzate soprattutto sulla variazioni del modello di impresa agricolo e dei suoi rapporti con l'impresa alimentare, nonché con l'industria produttrice di macchine e impianti sia per la fase agricola sia per quella industriale. Negli anni 70 Iacoponi e Becattini svilupparono poi le teorie basate proprio sulla crescita e diffusione dei "distretti industriali" e poi anche dei "distretti agricoli" o dei "distretti rurali".

Tali approcci sostenevano che in alcuni territori circoscritti si sviluppavano relazioni tra diversi attori anche di tipologie di imprese differenti (agricole, produttive e impiantistiche), grazie alle quali la cultura e le conoscenze su determinati temi venivano condivise e accresciute. Su questa base anche

¹ Valdani e Ancarani, 2001.

gli enti di istruzione si sono sviluppati assecondando le richieste di formazione provenienti dal territorio, traendone inoltre linfa vitale per supportare ricerche in quei settori. Questo fenomeno in Italia ha preso piede ed ha visto crescere e svilupparsi numerosi "distretti" connessi con le produzioni locali o legati a produzioni originatesi da illuminati industriali o produttori locali. Distretti nel settore tessile, meccanico, delle ceramiche, infatti sono sorti in aree più o meno estese, ma caratterizzate da una altissima produzione o lavorazione in quello specifico settore.

Anche i distretti alimentari si sono sviluppati in diverse aree geografiche italiane, sfruttando sia la presenza di produzioni tipiche preesistenti all'epoca industriale, sia l'idoneità del territorio verso particolari tipologie di produzioni. Tali produzioni hanno contribuito inoltre all'evolversi della cultura impiantistica legata a tali produzioni, garantendo la crescita di aziende del settore metalmeccanico in grado di massimizzare le produzioni industriali del territorio, garantendo una maggiore qualità del prodotto trattato.

La crescita di queste realtà impiantistiche ha portato poi anche ad una espansione dell'area di vendita di queste tecnologie prima sull'intero territorio nazionale, poi soprattutto in ambito internazionale. Come evidenziato in precedenza per il contesto produttivo, la globalizzazione e la localizzazione nonché la crescita di produzioni all'estero, ha portato quindi in tali distretti in vari casi ad un maggior peso delle realtà impiantistiche rispetto a quelle produttive, quest'ultime a volte soffocate dalla competizione globale. In quest'ottica l'istruzione e la ricerca stessa sono divenute maggiormente connesse proprio con tali realtà, rispetto a quelle più propriamente produttive alimentari, richiedendo forze formate specificatamente in determinati settori.

Questo fenomeno non è stato solamente tipico dell'Italia o di alcune parti di essa, ma ha trovato forte sviluppo per quanto riguarda l'industria alimentare e quella impiantistica ad essa connessa anche in Francia, Germania, Svizzera e nazioni del nord Europa.

Le risorse locali ora sono divenute caratterizzanti non tanto delle tipologie di produzioni alimentari tipiche, quanto delle conoscenze impiantistiche e di lavorazione dei metalli proprie delle tecnologie meccaniche ed impiantistiche del settore alimentare.

A livello produttivo e agricolo la tendenza è stata quella di riappropriarsi di specie agroalimentari tipiche e lavorazioni classiche rivisitate alla luce delle nuove tecnologie disponibili. Questo ha fatto sì che i distretti non perdessero un elemento fondamentale caratterizzato dalla componente agricola e produttiva, la quale tuttavia per sopravvivere ha dovuto evolversi grazie ad una migliore preparazione e formazione, nonché riscoprendo le sue origini.

2.4. ASPETTI SPECIFICI DELLE SCELTE UBICAZIONALI DELLE INDUSTRIE ALIMENTARI

Le teorie ubicazionali tradizionali relative alle industrie di base, alle industrie manifatturiere e alle industrie agroalimentari si rifanno generalmente alle

condizioni preesistenti alla "globalizzazione dell'economia e dei mercati"², iniziata negli anni 90 del XX secolo e attualmente sostanzialmente realizzata.

È tuttavia utile richiamare nel prosieguo della trattazione i concetti fondamentali posti alla base della teoria ubicazionale tradizionale, perché essi ancora mantengono un elevato grado di validità, assimilando il comportamento di tipologie industriali molto diverse ad un unico modello generale.

Il tentativo di "reinquadrare" la teoria ubicazionale classica alla luce dei nuovi concetti di mondializzazione e globalizzazione pur non risultando sempre pienamente soddisfacente, ha indicato tuttavia buoni indirizzi, anche applicato al comparto alimentare che, come chiarito in precedenza, abbisogna di approcci maggiormente diversificati a tutti i livelli di scelta:

- Macro-ubicazione (a livello macro-regionale mondiale)
- Ubicazione (a livello transnazionale)
- Localizzazione (a livello territoriale locale e agglomerati urbani)
- Scelta del sedime impiantistico.

Lo studio ubicazionale delle industrie alimentari storicamente è stato affrontato con metodologie simili a quelle utilizzate per tutte le altre aziende manifatturiere. Tenendo conto che i mercati di assorbimento erano geograficamente abbastanza circoscritti, si sono a lungo presi in analisi solo fattori prevalentemente economici.

Alla fin fine il problema si riportava ad un'unica domanda: "conviene ubicare le industrie alimentari in prossimità della zona di disponibilità della materia prima o in prossimità dei mercati di consumo?" Metodologie economico-finanziarie anche molto sofisticate ed attendibili³, analizzarono tutte le possibilità in gioco: disponibilità dei mercati, fattori della produzione, fruibilità delle indispensabili infrastrutture, censimento quantitativo e culturale della popolazione residente; esse davano una risposta, quasi sempre ineccepibile sotto l'aspetto tecnico-teorico, ma quasi mai completa sotto l'aspetto politico-economico e pratico.

Come illustrato nel precedente paragrafo, la globalizzazione che, talvolta oborto-collo, tutte le economie significative del globo hanno dovuto accettare, ha modificato completamente le prospettive del problema ubicazionale, perché la globalizzazione non abbatte solo muri o frontiere, ma ne crea anche di nuove. Tra i fattori ubicazionali quindi, oltre a quelli economici, bisogna assumerne altri, molto più pulsanti sotto l'aspetto finanziario di quelli che sono sempre stati alla base del calcolo economico di identificazione ubicazionale; parliamo dei fattori politici, culturali e confessionali che stanno stravolgendo i noti criteri macro-

² Fenomeno di unificazione dei mercati a livello mondiale, consentito dalla diffusione delle trasformazioni economiche, dalle innovazioni tecnologiche e dai mutamenti geopolitici che hanno spinto verso modelli di produzione e di consumo più uniformi e convergenti. Coniato dalla rivista *The Economist* nel 1962, il termine *globalizzazione* si è diffuso solo a partire dalla metà degli anni Novanta del XX secolo, e talvolta è inteso come sinonimo di liberalizzazione, per indicare la progressiva riduzione degli ostacoli alla libera circolazione delle merci e dei capitali su scala planetaria (Fonte: Dizionario di Storia, 2010).

³ Le filiere agro alimentari tra innovazione e tradizione, Tolomeo, Rapporto finale, novembre 2013.

economici e operano all'interno della apparentemente stabile economia globalizzata, rendendola viceversa fortemente instabile.

Questa instabilità, estremamente pericolosa per i beni di prima necessità quali sono quelli alimentari, impone nei calcoli di convenienza ubicazionali di dare un peso adeguato soprattutto ai tre fattori richiamati, quali politica, cultura e confessioni.

2.4.1. Macroubicazione

Alla luce di quanto esposto risulta chiaro come le precedenti teorie sulla macro-ubicazione delle industrie e in particolare delle industrie alimentari, vengano a perdere significato. Più consone al precedente approccio risulteranno invece le scelte di localizzazione all'interno di un predefinito territorio e la scelta del sedime sul quale modulare il plant layout di stabilimento.

Per quanto attiene alla macro-ubicazione, si è notato come la scelta di un Paese per la produzione di un determinato prodotto o semilavorato possa essere anche funzione dell'arco temporale nel quale questo viene ad essere prodotto. Al di là dell'esistenza di moderne tecnologie di conservazione degli alimenti anche non lavorati tramite tecniche ad esempio di refrigerazione, uso di atmosfere protettive e controllate oltre eventualmente alla surgelazione, è evidente che uno stessa tipologia di prodotto agroalimentare possa essere prodotto in periodi differenti dell'anno al variare delle condizioni climatiche dei Paesi di produzione. Non è quindi da disprezzare la provenienza estera in alcuni periodi dell'anno di alcune derrate alimentari, perché spesso maggiore sinonimo di freschezza, rispetto a prodotti nazionali commercializzati "fuori stagione". Per questo la macro-ubicazione può risentire non solo del fenomeno della globalizzazione precedentemente illustrato per le aziende alimentari, ma anche della possibilità di una duplice, se non triplice, dislocazione in funzione della disponibilità del bene alimentare fresco per un periodo più lungo di tempo. Valgono poi tutti i concetti sopra esposti per cui la scelta del luogo (nazionale) di produzione non segue solamente logiche di costo e del suo rapporto con la qualità del prodotto ottenuto, ma anche logiche connesse con la stabilità socio-economica e politica dei luoghi di interesse, oltre ovviamente alla facilità di trasporto e conservazione. Il tutto dovrà essere valutato ovviamente in funzione del valore del bene alimentare in oggetto e della sua complessità nella lavorazione, che può richiedere la presenza di tecnici specializzati per la conduzione e manutenzione dell'impianto, anche se come detto anche questo aspetto ha leggermente perso importanza grazie all'avvento di soluzioni di assistenza in remoto e realtà aumentata.

Infine si sottolinea come la scelta della macro ubicazione ed in parte anche della localizzazione non tocchi produzioni tipiche gestite da marchi IGT e DOP, DOPG, essendo in tal caso potette e vincolate ad un disciplinare che nella maggior parte dei casi indica anche le località ammesse per la loro produzione. Il riconoscimento di tali sigle da un lato tutela i produttori locali, ma non può essere visto come uno scudo impenetrabile con il quale proteggersi da fe-

nomeni di globalizzazione. Infatti il consumatore è sempre più attento e scrupoloso nel cercare un prodotto che dia valore aggiunto al suo stile di vita e sia in linea con i costi da lui ritenuti equi. Per tali motivi a detta di molti autori anche le produzioni tipiche locali saranno costrette ad evolversi, mantenendo come punto fermo sicuramente la sicurezza alimentare, alla ricerca di una qualità sempre più distintiva, non solo tra le produzioni locali, ma anche tra quelle globali.

2.4.2. Localizzazione

Come già chiarito nel paragrafo precedente a livello macro, nell'industria alimentare anche a livello di localizzazione territoriale i tradizionali fattori (come la vicinanza ai luoghi di approvvigionamento della materia prima e ai mercati di sbocco, l'abbondanza della manodopera, la disponibilità delle utilities), non sono attualmente quelli essenziali che determinano la scelta di dove realizzare uno stabilimento.

Si guarda con estremo interesse alla disponibilità di risorse tecniche e ipertecnologiche necessarie alla moderna industria alimentare, alla densa presenza dei sistemi di trasporti e alla possibilità di trasportare i prodotti agricoli e i prodotti finiti senza che si deteriorino (efficienza logistica).

I fattori che oggi condizionano maggiormente la localizzazione delle industrie alimentari sono:

- il basso costo dei terreni;
- la presenza di agevolazioni fiscali;
- la presenza di solide organizzazioni degli agricoltori e degli allevatori;
- la coerenza delle normative sulla tutela dell'ambiente.

La scelta del territorio nel cui ambito lo stabilimento verrà costruito, viene fatta anche tenendo conto degli orientamenti politico-economici e di pianificazione assunti su base regionale. Tale pianificazione si prefigge un uso equilibrato del territorio e deve essere preceduta da specifiche considerazioni ambientali volte ad assicurare uno sviluppo sostenibile (direttiva 42/2001/CE sulla cosiddetta Valutazione Ambientale Strategica).

Esistono comunque diverse metodologie in letteratura per la scelta della localizzazione ottimale di uno stabilimento industriale che possono bene adattarsi, con le limitazioni espresse, anche al contesto dell'industria alimentare. Si riassumo di seguito i 3 metodi maggiormente adottati.

2.4.2.1. Metodo dei costi totali

La scelta fra più alternative, che soddisfino in misura diversa i parametri di localizzazione sopra elencati, può essere condotta considerando ogni fattore d'influenza in termini di costo, fatta eccezione per quelli che coinvolgono elementi "intangibili", cioè di carattere politico-sociale. La selezione della località di maggiore interesse per la dislocazione di uno stabilimento alimentare potrebbe quindi essere condotta valutando i costi totali noti delle alternative disponi-

bili in concreto, provando a quantificare sotto l'aspetto economico anche le realtà ed i fattori ambientali.

2.4.2.2. Metodo del costo dei trasporti

In alcuni casi, la scelta della località più conveniente per la localizzazione di un nuovo impianto può essere effettuata, più semplicemente, considerando soltanto uno o pochi parametri di influenza: così, a volte, è possibile impostare la scelta ubicazionale tenendo conto ad es. del solo costo dei trasporti. Naturalmente, la localizzazione così determinata potrà subire correzioni a seguito della considerazione degli altri fattori, ma ciò non toglie che essa possa risultare di per sé già molto indicativa. L'indicazione del punto geometrico ottimale prescinde da ogni considerazione sui vincoli che le reti stradale e ferroviaria esistenti impongono ai trasporti fra le località A, B e C: infatti, in base a tali vincoli, l'ubicazione effettiva di un impianto può discostarsi dall'ubicazione geometrica trovata applicando il metodo del triangolo ubicazionale⁴. È in ogni caso opportuno, una volta determinata la località più conveniente in base al metodo adottato, verificarne la validità anche dal punto di vista degli altri fattori ubicazionali più sopra citati.

2.4.2.3. Metodo a punteggio

Un metodo interessante per la scelta localizzativa tra due o più soluzioni alternative è quello cosiddetto a punteggio.

Si elencano i fattori da considerare per ciascuna possibile localizzazione (l'abilità di chi è incaricato della scelta, si esplica nella individuazione di tutti i fattori maggiormente influenzanti). A ciascun fattore viene assegnato un peso (espresso mediante un numero indicante la sua influenza sulla scelta della località).

Tali pesi derivano dall'importanza di ciascun fattore rispetto ai costi totali di produzione, tenendo eventualmente conto di considerazioni diverse, come quelle connesse allo sviluppo industriale della zona, dal quale possono derivare maggiori difficoltà di reperire manodopera, quelle riguardanti le possibilità di future espansioni e così via.

Si effettua poi una valutazione numerica di ciascuna localizzazione presa in esame sulla base dei fattori considerati. Il prodotto del peso per la valutazione fornisce una misura di ciascun fattore relativo ad ogni località considerata. Sommando le cifre trovate per le varie località si ottiene la valutazione numerica totale di ciascuna localizzazione.

Si ricorda infine che la scelta localizzativa può anche essere impostata ricorrendo alla ricerca operativa. A tale fine, si devono anzitutto individuare i fattori determinanti sulla localizzazione del nuovo stabilimento. Effettuata questa prima selezione, si identifica la località più conveniente a mezzo di un modello

⁴ Cfr. A. Monte. Elementi di impianti industriali. Volume I. III edizione. Libreria Cortina. Torino. 1994.

matematico, la cui risoluzione è in genere affidata a programmi di calcolo elettronici.

2.4.3. Scelta del sedime

La scelta (e l'acquisto) del terreno occorrente dovrebbe concretizzarsi solo quando sia stato elaborato il progetto (se non esecutivo, almeno di massima) del nuovo stabilimento e quindi sia nota la forma e l'estensione dell'area necessaria. Solo allora si ricerca (o almeno così dovrebbe farsi), nell'ambito del territorio di localizzazione individuato, il terreno più adatto e conveniente per la costruzione del nuovo impianto industriale. Fa eccezione a questa impostazione di carattere generale il caso in cui si disponga di un terreno così vasto che l'inserimento del nuovo stabilimento possa avvenire senza che il relativo plant-layout debba subire adattamenti o limitazioni.

I principali elementi che possono intervenire nella scelta di tale terreno sono i seguenti:

- 1) *Interventi pubblici*: la scelta della localizzazione di uno stabilimento industriale deve tenere conto delle prescrizioni legislative vigenti. È noto infatti che i piani regolatori pubblici delimitano le zone dei territori comunali destinate agli impianti industriali e regolano le possibilità di utilizzo di un terreno a scopi industriali; in ogni caso, non si dovrebbero costruire stabilimenti alimentari, le cui lavorazioni risultino pericolose, rumorose o producano reflui dannosi alla salute e all'ambiente, in prossimità di abitazioni civili o in zone vincolate da particolari prescrizioni (tutela del paesaggio, ad esempio). Inoltre, nelle zone considerate "da incentivare" (secondo gli "obiettivi" definiti dagli enti locali e dalla UE), gli insediamenti industriali possono usufruire di agevolazioni finanziarie e creditizie.

Infine, i progetti pubblici e privati che possono avere un rilevante impatto sull'ambiente devono superare positivamente una preventiva valutazione degli effetti che essi potrebbero esercitare su patrimonio culturale, paesaggio, abitanti, clima, aria, acqua, suolo, fauna, flora. Tale procedura di valutazione dell'impatto ambientale, determinato da progetti rilevanti e particolari, è stata introdotta dal Consiglio della Comunità Europea con la Direttiva 27 giugno 1985, n. 337.

L'Italia recepì la Direttiva 85/337/CEE con i seguenti decreti: D.P.C.M. 10 agosto 1988 n. 377 e 27 dicembre 1988, D.P.R. 12 aprile 1996 e s.m.i.. Risultano pertanto definite le opere soggette alla valutazione di impatto ambientale (in sigla, VIA), nonché le norme tecniche per la loro redazione e la procedura per la formulazione del giudizio di compatibilità.

Per quanto riguarda il settore dell'industria dei "prodotti alimentari" si tratta di:

- Impianti per il trattamento e la trasformazione di materie prime animali (diverse dal latte) con una capacità di produzione di prodotti finiti di oltre 75 tonnellate al giorno;
- Impianti per il trattamento e la trasformazione di materie prime vegetali con una produzione di prodotti finiti di oltre 300 tonnellate al giorno su base trimestrale;

- Impianti per la fabbricazione di prodotti lattiero-caseari con capacità di lavorazione superiore a 200 tonnellate al giorno su base annua;
- Impianti per la produzione di birra o malto con una capacità di produzione superiore a 500.000 hl/anno;
- Impianti per la produzione di dolci e sciroppi che superino 50.000 mc di volume;
- Macelli aventi una capacità di produzione di carcasse superiore a 50 tonnellate al giorno e impianti per l'eliminazione o il recupero di carcasse e di residui di animali con una capacità di trattamento di oltre 10 tonnellate al giorno;
- Molitura dei cereali, industria dei prodotti amidacei, industria dei prodotti alimentari per zootecnia che superino 5.000 mq di superficie impegnata o 50.000 mc di volume;
- Impianti per la produzione di farina di pesce o di olio di pesce con capacità di lavorazione superiore a 50.000 q/anno di prodotto lavorato;
- Zuccherifici, impianti per la produzione di lieviti con capacità di produzione o raffinazione superiore a 10.000 t/giorno di barbabietole;
- Per tali progetti, il committente che li propone deve fornire, in particolare, le seguenti informazioni: descrizione del progetto, quadro programmatico di riferimento, misure previste per evitare rilevanti effetti negativi sull'ambiente, dati necessari per valutare tali effetti, sintesi non tecnica delle suddette indicazioni destinata all'informazione del pubblico.

Contestualmente alla presentazione della domanda contenente il progetto dell'opera e lo studio di impatto ambientale, il committente provvede a specifiche misure di pubblicità al fine di informare il pubblico interessato, che può presentare pareri od osservazioni di cui si terrà conto in un sintetico contraddittorio prima della conclusione della procedura.

La normativa italiana attribuisce al ministero dell'Ambiente, di concerto con il ministero per i Beni culturali e ambientali, sentita la Regione interessata, la valutazione dei suddetti progetti; allo stesso ministero compete la formulazione di eventuali prescrizioni al committente, nonché la pronuncia di compatibilità ambientale o meno, previa eventuale richiesta di documentazione e specificazioni aggiuntive ritenute utili. La stessa competenza fu attribuita alle Regioni dal D.P.R. 12 aprile 1996 per una serie di opere ed interventi "minori" rispetto a quelli soggetti alla competenza ministeriale. Competenze regionali che sono in continua evoluzione.

Successivamente allo scopo di:

- rafforzare la qualità della procedura di valutazione d'impatto ambientale,
 - semplificare e armonizzare le procedure previste,
 - garantire il miglioramento della protezione ambientale,
 - garantire una maggiore efficienza delle risorse,
 - garantire il sostegno alla crescita sostenibile nell'Unione Europea,
- è stata emanata la nuova direttiva 2014/52/UE di modifica della direttiva 2011/92/UE, che aveva codificato le precedenti direttive (85/337/CEE, 97/11/CE, 2003/35/CE, 2009/31/CE).

Le modifiche apportate dalla nuova direttiva VIA dovranno essere recepite

dall'Italia entro il 16 marzo 2017. L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha pubblicato un'analisi della nuova Direttiva VIA 2014/52/UE.

- 2) *Trasporti*: in vista della scelta ubicazionale di un nuovo impianto, i trasporti (esterni) influenzano:
- costi finali dei prodotti;
 - i sistemi di carico e scarico dei prodotti finiti e dei materiali greggi;
 - gli accessi e le uscite (stradali, ferroviari, fluviali, ecc.) da prevedere nel nuovo stabilimento.

È ovvio che si deve preferire l'area cui corrispondono i minori costi di trasporto dei materiali che pervengono allo stabilimento e dei prodotti finiti che ne escono.

- 3) *Manodopera*: deve essere assicurata la disponibilità di manodopera necessaria (eventualmente qualificata) alle esigenze produttive del nuovo stabilimento.

Le possibilità di reperire manodopera qualificata in entità sufficiente sono maggiori in prossimità dei grandi centri industriali. In alcuni casi, però, la manodopera specializzata si trova, più che nelle grandi città industriali, in zone aventi una lunga tradizione di lavoro in quelle attività specifiche.

Un problema che coinvolge sia i trasporti sia la manodopera, è quello delle distanze che le maestranze devono giornalmente percorrere per recarsi al lavoro e ritornare alle loro case.

Da questo punto di vista, è importante considerare la comodità dei mezzi di trasporto (che possono essere pubblici od organizzati dall'azienda) ed il tempo occorrente per tali trasferimenti: infatti, questi fattori, essendo causa di disagio, possono influenzare negativamente il regolare funzionamento di una fabbrica.

Per ovviare a tali inconvenienti, alcune aziende provvedono ad acquistare aree adatte nelle vicinanze dello stabilimento, a dotarle di opportune infrastrutture e a cederle ai propri dipendenti a condizioni favorevoli, oppure contribuiscono alle spese di cooperative edilizie costituite fra i dipendenti stessi. Si tratta comunque di costi da tener presenti in vista della scelta della localizzazione più conveniente dello stabilimento.

- 4) *Acqua*: soprattutto per una azienda alimentare è necessario localizzare i nuovi impianti in zone che abbiano ampia disponibilità di acqua (di fiume, sotterranea, di lago, marina dissalata o di acquedotto pubblico) di buona qualità o suscettibile di diventare tale dopo adeguati trattamenti. È però opportuno che l'eventuale falda acquifera risulti sufficientemente profonda: infatti, la presenza di falde acquifere poco profonde richiede opere di fondazione per i fabbricati e gli impianti, che possono risultare particolarmente onerose, facendo lievitare sensibilmente i costi di costruzione.
- 5) *Vie di comunicazione*: il nuovo stabilimento dovrebbe essere costruito in prossimità di una o più vie di grande comunicazione (strada, ferrovia, ecc.); una favorevole ubicazione consente pure di essere sfruttata dal punto di vista pubblicitario. Per alcuni stabilimenti può risultare utile la presenza di canali, di fiumi navigabili o del mare, al fine di effettuare trasporti per via d'acqua.

- 6) *Esposizione ai venti*: se lo stabilimento alimentare produce fumi, polveri, odori, rumori molesti, è necessario costruirlo in una posizione favorevole rispetto ai venti dominanti (a prescindere da ogni indispensabile impianto o intervento per l'abbattimento di tali inquinanti).
- 7) *Condizioni del terreno*: il terreno su cui sorgerà il nuovo impianto deve avere buona resistenza ai carichi indotti dalle fondazioni degli edifici e degli impianti e non essere troppo impervio o accidentato, onde evitare rilevanti spese per movimentazione terra. Inoltre, il terreno non dovrebbe risultare soggetto a piene o inondazioni. A quest'ultimo proposito appare consigliabile fissare il piano di sedime dello stabilimento a quota superiore a quella del terreno circostante.
- 8) *Servitù e vincoli*: un terreno gravato da servitù, da vincoli demaniali o privati, oppure confinante con terreni appartenenti ad enti o privati la cui attività contrasti con quella del costruendo impianto, comporta la stipulazione preventiva di accordi o compromessi, con spese e "buon fine" non sempre prevedibili a priori.
- 9) *Estensione del terreno*: al fine di consentire eventuali ampliamenti futuri dell'impianto, il terreno deve avere l'estensione e la forma individuate dallo studio del piano regolatore generale dello stabilimento (plant layout).
- 10) *Rifiuti*: molti stabilimenti alimentari "producono" materiali di rifiuto di entità e con caratteristiche tali che il loro allontanamento o il loro smaltimento può costituire un problema assai critico (si pensi alle acque inquinate, ai rifiuti solidi pericolosi, a quelli melmosi e agli scarti di lavorazione): ne deriva che devono essere tenuti in debito conto i vincoli che ogni località presenta per la soluzione di tale problema nel pieno rispetto delle disposizioni legislative vigenti in proposito, sia a livello nazionale che sovranazionale.
- 11) *Presenza di aziende complementari o ausiliarie*: sovente, uno stabilimento industriale, per poter assolvere al suo compito produttivo, ha bisogno di materiali, servizi e assistenza forniti da altre aziende (complementari e/o sussidiarie). Sono evidenti i vantaggi che derivano dall'avere tali aziende nelle vicinanze, sia per le economie nei trasporti, sia per eventuale sollecita assistenza tecnica.
- 12) *Costo*: è ovvio che il costo del terreno e delle relative opere di sistemazione deve risultare minimo.

Si comprende perciò il motivo per cui l'acquisto del terreno occorrente per un nuovo impianto nell'ambito di un certo territorio, deve avere luogo solo dopo che sia stato definito il plant layout dello stabilimento. Infatti, solo allora si conosceranno nel dettaglio la forma e la dimensione del terreno necessario, inizialmente ed in vista degli ampliamenti futuri dei reparti produttivi, degli uffici, dei servizi, e simili. Si deroga da tale prassi nel caso in cui si disponga già di un terreno molto più vasto di quanto richiesto dal piano regolatore generale dello stabilimento (plant-layout).

A questo punto si pone la domanda se convenga acquistare un terreno le cui dimensioni corrispondano strettamente alla superficie risultante dallo stu-

dio del piano regolatore aziendale oppure un terreno più esteso. Tale decisione sarà presa di volta in volta in base ad una valutazione economica che tenga conto di diversi fattori, tra i quali ricordiamo, in senso positivo, il probabile aumento di costo del terreno circostante a seguito della costruzione di una nuova azienda produttiva e in senso negativo, l'investimento di una quota di capitale non trascurabile in un ambito diverso dal core-business. A prescindere dalle richiamate indicazioni, la scelta localizzativa di un nuovo stabilimento deve sempre essere preceduta dalle seguenti fasi progettuali:

- definizione del plant layout attuale dello stabilimento e del suo piano regolatore di sviluppo;
- precisazione delle esigenze di strade, ferrovie, corsi d'acqua, fognature, scarichi e simili;
- determinazione dei quantitativi occorrenti di acqua, energia elettrica, metano e delle altre utilities;
- verifica che sussistano le necessarie zone di sicurezza fra lo stabilimento e gli abitati, ai fine di limitare al massimo i rischi di inquinamenti dovuti a gas, polveri, fumi, odori, rumori ed altre polluzioni pericolose.

2.5. BIBLIOGRAFIA

- Bagarani M., Tartaglia A. (1994), "Analisi interpretative del territorio agricolo rurale". In Tartaglia A., Strutture e redditi delle aziende agricole, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Ambientali e Microbiologiche, Università degli Studi del Molise, Campobasso
- Barjolle D., Boisseaux S., Dufour M., (1998), Le lien au terroir. Bilan des travaux de recherche, Eth Institut d'économie rurale, Lausanne
- Becattini G. (1979), "Dal settore industriale al distretto industriale. Alcune considerazioni sull'unità di indagine dell'economia industriale", Rivista di Economia e Politica Industriale. V, n.1, pp. 1-79
- Berard L., Marchenay P. (1997), Rosette et Rosette de Lyon. Éléments historiques et ethnologiques, Bourg en Bresse: CNRS, Recherche et Information sur les ressources des terroirs
- Carbone A. (1992), "Integrazione produttiva sul territorio e formazione di sistemi agricoli locali", La Questione Agraria, n. 46 pp. 136-163
- Casabianca F., Sylvander B., Noël Y., Béranger C., Coulon J.B., Roncin F. (2005), Terroir et Typicité: deux concepts-clés des Appellations d'Origine Contrôlée. Essai de définitions scientifiques et opérationnelles, Symposium international "Territoires et enjeux du développement régional", Lyon
- Casabianca F., Valceschini E. (1996), La Qualité dans l'agro-alimentaire: émergence d'un champ de recherches, Rapport de l'Action Incitative Programmée de l'INRA
- De Sainte Marie C. (1996), Spécification des produits et appropriation juridique, La qualité dans l'agroalimentaire, émergence d'un champ de recherche, INRA
- Favia F. (1992), "L'agricoltura nei sistemi produttivi territoriali". La Questione Agraria, n. 46, pp. 109-136
- Feenstra G. (1997), "Local food systems and sustainable communities". American Journal of Alternative Agriculture, 12, 28-36
- Goodman D. (1997), "World-scale processes and agro-food systems: critique and research needs". Review of International Political Economy, 4, 4, pp. 663-687
- Goodman D. (2003), "The quality "turn" and alternative food practices: reflections and agenda". Journal of rural studies, 19, 1, pp.1-7
- Gordon R. (1994), Internationalization, Multinationalization, Globalization: Contradictory World Economies and New Spatial Divisions of Labor, Working Paper 94-10, Center for the study of Global Transformations, College Eight, University of Californiam Santa Cruza, CA 95064, United States

- Iacoponi L. (1990), "Distretto industriale marshalliano e forma di organizzazione delle imprese in agricoltura", Rivista di Economia Agraria, pp. 711-743
- Iacoponi L. (2001), "Distrettualità agricola: una difficile (e breve?) navigazione tra opposto paradigmi economici", La Questione Agraria, n. 4, pp. 111-118
- Lucas C. (2003), "Localization - an alternative to corporate-led globalization", International of Consumer Studies, 27, 4, pp. 261-265
- Mancini M. C. (2010). Globalizzazione e localizzazione nei moderni sistemi agroalimentari. Agrire-gioneuropa anno 6 n°23, Dic 2010
- Monte A., (2010). Elementi di impianti industriali vol.1, Editore: Cortina (Torino) ISBN: 8882391442
- Monte A., (2010). Elementi di impianti industriali vol.2, Editore: Cortina (Torino) ISBN: 8882391450
- Muchnik J. (2006), Sistemas Agro-alimentarios Localizados: Evolución del Concepto y Diversidad de Situaciones. In Congreso Internacional De La Red Sial - "Alimentación Y Territorios", 3, 2006, Baeza (Jaén)
- Murdoch J., Miele M. (1999), "Back to nature": changing "worlds of production" in the food sector", Sociologia ruralis, 39, 4, pp. 465-483
- Renting H., Marsden T.K., Banks J. (2003), "Understanding alternative food networks: exploring the role of short food supply chains in rural development", Environment and Planning A 35, pp. 393-411
- Rizzo Roberto, 2006. Scienza e tecnologia acque minerali e bevande - Vol. VI "Igiene, qualità e sicurezza nella produzione delle acque minerali e delle bevande". Chiriotti editore Pinerolo (TO);
- Robinson G. (2004), Geographies of agriculture, globalisation, restructuring and sustainability, Pearson, England
- Schiattarella R. (1999), "La delocalizzazione internazionale: problemi di definizione e di misurazione", Economia e Politica Industriale, n.103, il Mulino, Bologna
- Thevenot L. (1989), "Equilibre et rationalité dans un univers complexe", Revue économique, 2, pp. 147-198
- Valdani, E., Ancarani F. (2001), Strategie di Marketing del Territorio, Milano, EGEA

*Non consiste tanto la prudenza dell'economia
nel sapersi guardare dalle spese,
perché sono molte volte necessarie,
quanto in sapere spendere con vantaggio.*

F. Guicciardini – Ricordi politici e civili

Capitolo terzo

PLANT LAYOUT DI UNA FABBRICA ALIMENTARE

3.1. DEFINIZIONI

Una definizione abbastanza attuale di plant layout, accettabile seppur con qualche distinguo, è: "Il plant layout di una fabbrica è il piano regolatore dello sviluppo dei fabbricati, della viabilità, degli spazi a verde e degli spazi aperti organizzati in previsione dell'andamento produttivo dell'azienda sul medio-lungo-termine¹".

Per la stesura di tale piano sono necessari approfonditi studi sullo stato delle "tecnologie attuali" utilizzate dalla stessa azienda e da altre aziende avanzate del settore, sulle tecnologie di interesse in fase di sperimentazione presso accreditati centri ed enti di ricerca e di quelle non sperimentate, ma già in fase di studio avanzato.

Lo studio accurato di un plant layout rappresenta quindi, già di per sé, un investimento economico importante e, come per tutti gli investimenti industriali, ad esso è associata un'elevata cifra di rischio economico.

D'altra parte lo studio del plant layout è prodromico a tutte le attività progettuali esecutive ed è un investimento assolutamente necessario, perché non è infrequente riscontrare che nuovi stabilimenti industriali, non ancora entrati in pieno regime produttivo, siano già diffusamente obsoleti in alcuni reparti e quindi abbisognevole di costosi "riaggiornamenti e riallineamenti".

Lo studio di un plant layout richiede perciò competenze approfondite e aggiornate delle specifiche tecniche e tecnologie di interesse, versatilità sulle tematiche della ricerca, conoscenza del trend di sviluppo del settore e monitoraggio costante delle nuove acquisizioni tecnico-scientifiche nel campo specifico.

Nel caso della produzione di beni rapidamente mutevoli con le mode o per effetto di nuove acquisizioni scientifiche (caso degli alimenti, delle apparecchiature elettroniche e di quelle informatiche), è necessario da parte dei progettisti del layout di grande "sensitivity in emerging markets" ed anche di una spiccata sensibilità verso i riscontri di mercato del prodotto (marketing).

Il plant layout è quindi il risultato di un lavoro di gruppo ben orchestrato e diretto da un "imprenditore"² che conosca bene il presente ed abbia uno "sguardo acuto e sicuro" rivolto al futuro.

¹ Intendendosi per andamento produttivo sul medio-lungo-termine le prevedibili variazioni qualitative e tipologiche della produzione su un arco temporale non superiore ai 10 anni.

² Definizione di imprenditore: la persona che esercita professionalmente un'attività economica organizzata ai fini della produzione e dello scambio di beni o di servizi (diz. Della lingua italiana, G. Devoto - G. Oli).

3.2. IMPOSTAZIONE DEL PLANT LAYOUT

L'impostazione del plant layout generalmente parte dallo schema operativo che dovrà realizzarsi nel sito produttivo e che nella sua espressione più generale, relativamente alle aziende alimentari, è riportato in fig. 3.1.

È opportuno precisare che per *schema operativo* si intende la rappresentazione attraverso uno "schema a blocchi" delle operazioni che dovranno attuarsi sul prodotto ovvero sulle singole componenti del prodotto dal loro arrivo in fabbrica fino all'uscita del "prodotto vendibile" sul mercato.

È del tutto evidente che lo schema operativo di fig. 3.1 si riferisce ad un *ciclo integrale*, che parte dalla materia prima, che processata è trasformata nel prodotto finito vendibile al consumo. Tale processo spesso incorpora anche le lavorazioni e le fabbricazioni dei materiali secondari e ausiliari che concorrono nella

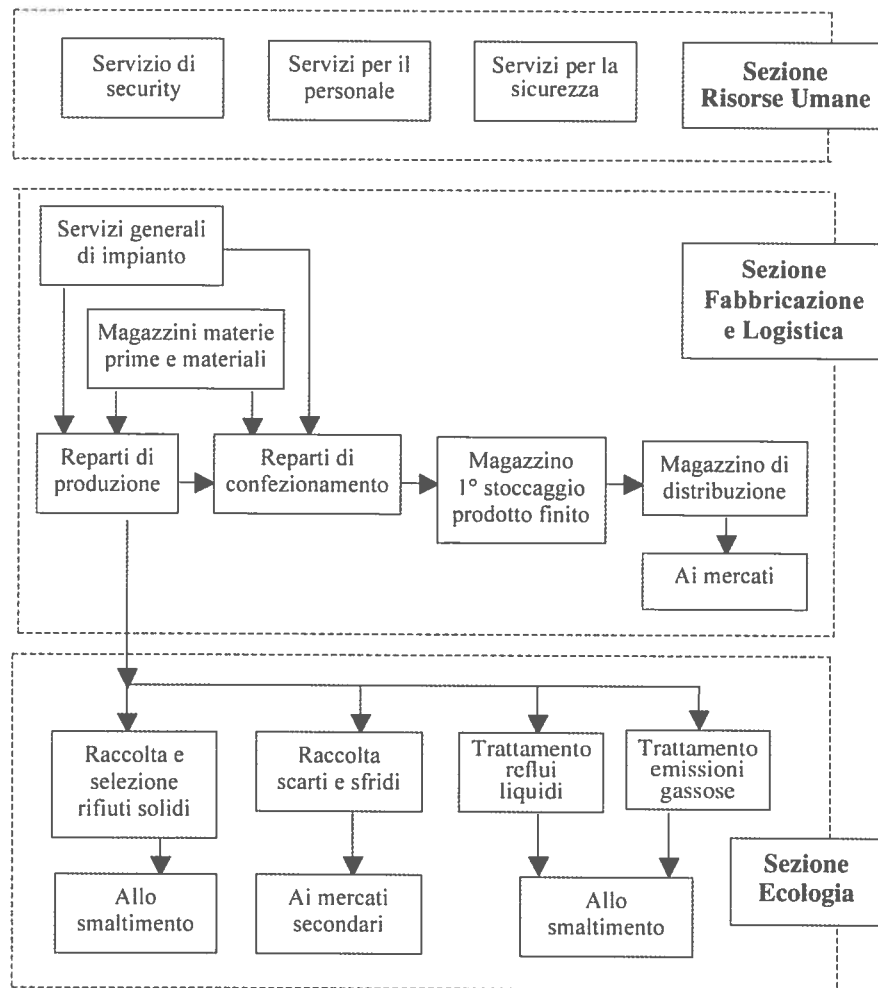


Fig. 3.1 - Schema operativo alla base dello studio del plant layout di un'azienda alimentare, distinto in tre sezioni: Risorse umane, Fabbricazione, Ecologia.

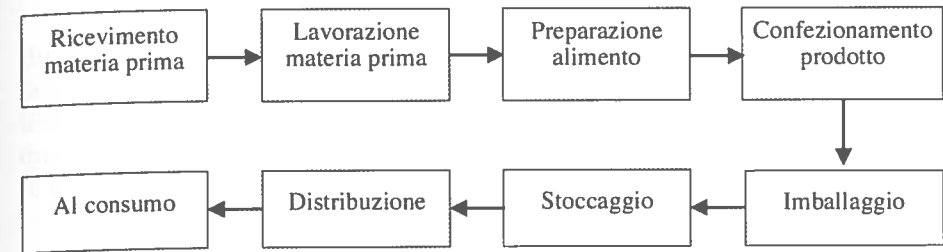


Fig. 3.2 - Ciclo produttivo completo per la manifattura di un cibo pronto al consumo.

razioni e le fabbricazioni dei materiali secondari e ausiliari che concorrono nella manifattura del prodotto vendibile.

È bene far presente che la stragrande maggioranza delle aziende alimentari non realizza quasi mai il processo integrale, ma si limita a realizzare un segmento più o meno esteso dello stesso, che in forma segmentata e semplificata è riportato in fig. 3.2.

I segmenti più interessanti per il conferimento di valore al prodotto sono quelli della preparazione dell'alimento, che caratterizza il prodotto e la qualità del prodotto e quella del confezionamento, che contribuisce in maniera decisiva all'incremento di valore del marchio associato al prodotto stesso.

Il Plant Layout³ è quindi una rappresentazione piano - volumetrica di un complesso articolato di volumi, fabbricati ed aree scoperte, destinati alla realizzazione di un processo produttivo che si realizza attraverso le seguenti fasi:

1. Ricevimento delle materie prime / semilavorati;
2. Immagazzinamento e stoccaggio delle materie prime / semilavorati;
3. Formulazione e preparazione dell'alimento (ricette);
4. Preparazione / fabbricazione degli imballaggi;
5. Condizionamento del prodotto;
6. Imballaggio;
7. Immagazzinamento del prodotto finito;
8. Preparazione del prodotto per la prima fase della logistica distributiva;
9. Distribuzione al consumo.

Nel precisare ancora che in una *fabbrica alimentare* non necessariamente vengono realizzate tutte le fasi del ciclo integrato più sopra specificato (circostanza questa piuttosto rara), ma solo alcune di esse, nel seguito ci riferiremo al caso più generale di un ciclo integrale e integrato da attività secondarie come la produzione dei contenitori e degli imballaggi e dai controlli qualitativi in linea e sul mercato.

³ L'accezione del termine plant layout, del quale non ci è stato possibile risalire, in ambito strettamente impiantistico, al primo utilizzo, indica la consistenza attuale e il piano di sviluppo di uno stabilimento industriale. In esso è rappresentata la dislocazione di tutti i reparti di produzione, magazzini, servizi generali di impianto, servizi per il personale, le aree scoperte, la viabilità, i piazzali per gli automezzi, le aree di parcheggio, le aree di futuro sviluppo edilizio e impiantistico dello stabilimento.

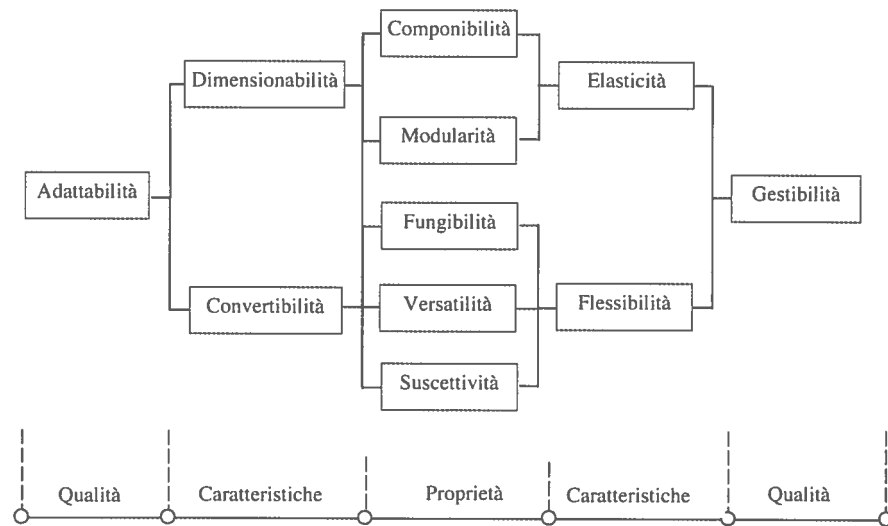


Fig. 3.3 - Qualità, caratteristiche e proprietà di un impianto industriale.

Schematizzando graficamente il plant layout di uno stabilimento alimentare, le cui qualità caratteristiche e proprietà sono rappresentabili come in fig. 3.3, esso, realizzato su un terreno piano di forma geometrica regolare, assume la rappresentazione di fig. 3.4

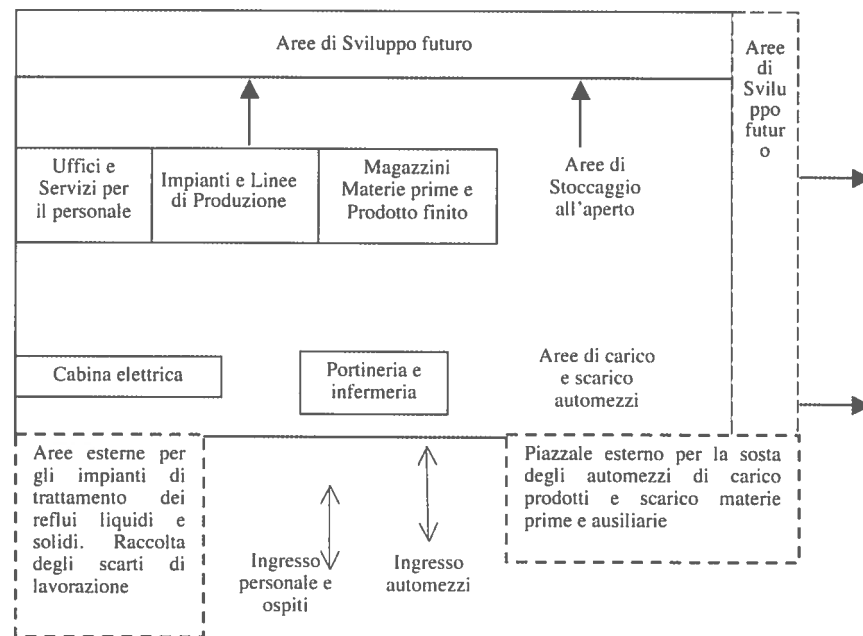


Fig. 3.4 - Schema di un plant layout di stabilimento alimentare.

Il sedime dello stabilimento è bene che sia situato nelle aree di sviluppo industriale previste dai piani regolatori e dagli strumenti urbanistici di molte città e consorzi provinciali e locali, perché già infrastrutturate e dotate dei principali servizi di supporto alle attività industriali; in particolare la viabilità primaria e quella di collegamento alle grandi arterie nazionali ed internazionali, elettrodotti, gasdotti, presidi sanitari e simili.

3.3. SVILUPPO PLANIVOLUMETRICO DEL PLANT LAYOUT

La definizione e precisazione planivolumetrica del plant layout è necessaria:

- per individuare la miglior utilizzazione degli spazi esterni e dei volumi costruiti;
- per ridurre al minimo il costo di primo impianto per fabbricati, installazioni fisse e impianti di servizio;
- per minimizzare le spese per i trasporti e gli spostamenti interni di materiali e di manodopera;
- per assicurare sicurezza e benessere ai lavoratori;
- per ottimizzare lo stoccaggio delle materie e dei materiali;
- per consentire una razionale espansione fisica dello stabilimento, senza comprometterne la funzionalità.

Ai fini di tale progettazione i dati utili da prendere in considerazione e sui quali operare sono i seguenti:

- Tipologia dei prodotti finiti e loro quantità annua da produrre;
- Composizione delle "ricette" dei prodotti;
- Diagramma quali-quantitativo di ciascun prodotto;
- Livello qualitativo fissato per ciascun prodotto;
- Tipologia dei confezionamenti e degli imballaggi per ciascun prodotto;
- Capacità produttiva e grado di flessibilità delle linee di confezionamento e imballaggio;
- Valutazione delle unità lavorative addette alle linee di confezionamento, di imballaggio e alla movimentazione delle materie, dei materiali e dei prodotti;
- Scorte minime e massime dei materiali, materie e prodotto finito;
- Giorni lavorativi annui disponibili;
- Turni lavorativi giornalieri.

Disponendo di tali dati, nonché dei consumi, parametrizzati sull'unità di prodotto finito, dei servomezzi, della manodopera, della superficie occupata e dei volumi da destinare alle scorte, si può passare al dimensionamento di larga massima dello stabilimento.

Tale documento, oltre a fornire un'idea del complesso produttivo nel suo insieme, consentirà in genere, di verificare la compatibilità delle strutture dei fabbricati con le caratteristiche del terreno e quella della viabilità interna con quella esterna in relazione ai volumi di traffico ipotizzato. Sarà possibile anche verificare se la disponibilità delle "utilities" ossia acqua, gas, energia elettrica e termica,

sia sufficiente ai fabbisogni e di controllare se vi sia la concreta possibilità di poter smaltire i rifiuti, le scorie, i reflui liquidi e le emissioni gassose, con o senza pre-trattamento

Tale elaborato tecnico che può considerarsi un vero e proprio prodromo alla progettazione preliminare dell'intero stabilimento, comprenderà in genere le seguenti tavole:

- a) Mappa catastale del sito;
- b) Layout indicativo delle linee di produzione
- c) Dislocazione e consistenza dei servizi generali d'impianto
- d) Uffici e servizi del personale
- e) Viabilità e piazzali interni
- f) Innesti alla viabilità e ai piazzali esterni
- g) Localizzazione dei punti di raccolta, trattamento, smaltimento dei rifiuti solidi e dei reflui liquidi ed eventualmente gassosi.

3.4. I SERVIZI GENERALI DI IMPIANTO

Data la particolare natura degli alimenti, che generalmente hanno una componente organico-biologica e una componente inorganico-minerale, i servizi generali di un impianto alimentare sono molto più caratterizzati e specializzati rispetto ai servizi generali che si riscontrano negli altri stabilimenti manifatturieri nei quali la componente organico-biologico del prodotto è del tutto assente o di entità marginale.

Ricorrendo ad una schematizzazione "didattica" piuttosto ricorrente, tali servizi possono essere classificati secondo la matrice di fig. 3.5.

Mediante la matrice di fig. 3.5 si può sviluppare con maggior dettaglio il planivolumetrico relativo ai servizi generali d'impianto, seguendo alcuni criteri gestionali basilari: economicità di esercizio; minima interferenza tecnico-ambientale tra i vari servizi; massimo isolamento tra i reparti rispetto al contesto e agli altri reparti a cifra di rischio più elevata quanto a sicurezza del lavoro e alla possibilità di inquinamento ambientale da parte di materiali e di prodotti.

Ai fini della praticità e dell'economia dei servizi è opportuno tener raggruppati in uno stesso fabbricato tutti i laboratori di C.Q.. Per la salvaguardia del personale è bene collocare l'infermeria nei pressi della portineria, meglio se in locali ad essa adiacenti.

In caso di infortuni è qui che potrà essere eseguito il primo soccorso alla vittima e da qui essa potrà essere trasportata al presidio ospedaliero più vicino per eventuali cure o interventi specialistici.

Il servizio idrico, in particolare la cabina di manovra, è necessario sia distinto dagli altri servizi per evitare inquinamenti dell'acqua per errate manovre sulle armature delle condotte e dei serbatoi. Particolare cura deve essere posta "alle prese d'aria" dei serbatoi idrici, in ragione soprattutto della loro posizione.

La centrale termica potrà essere mantenuta adiacente ai reparti produttivi purché sia alimentata a metano o a gpl.

La cabina elettrica di trasformazione MT-BT con i quadri di distribuzio-

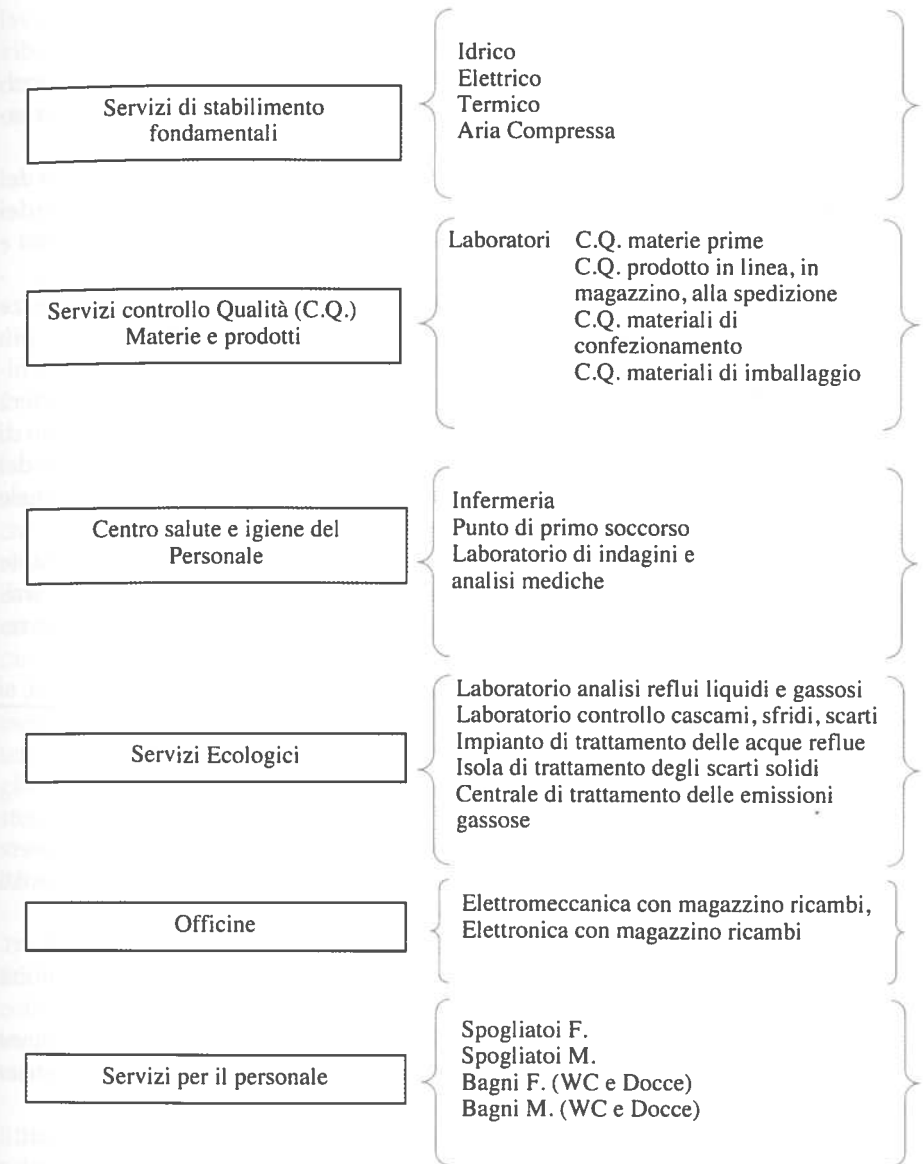


Fig. 3.5 - Matrice dei servizi generali di impianto in un'industria alimentare.

ne potrà essere posizionata in prossimità della portineria, mentre la centrale aria compressa e il locale caldaie è opportuno siano adiacenti alle officine di pronto intervento e di riparazione degli apparati elettrici, elettronici e meccanici.

Assolutamente isolati dai reparti produttivi e dai magazzini, meglio se confinati in un'area fisicamente delimitata in prossimità della viabilità esterna, saranno gli impianti di trattamento dei reflui liquidi e le "isole ecologiche" per la raccolta e il pretrattamento dei rifiuti solidi.

3.5. I FABBRICATI

Qualunque sia la soluzione di plant layout elaborata, devono essere scelte le tipologie di fabbricati destinati ad accogliere gli impianti, i macchinari, i magazzini, gli uffici ed i reparti di servizio.

In linea di principio è la sistemazione più conveniente del macchinario dei reparti di produzione e dei servizi, a determinare le caratteristiche costruttive dei fabbricati e le loro dimensioni; in particolare quelle della *navata*, della *campata* e l'altezza *alla corda*.

Ovviamente, vi è interesse a realizzare fabbricati aventi maglie ed altezze utili di tipo standardizzato, ma non c'è dubbio che in alcuni casi può risultare più conveniente rinunciare a tale vantaggio per realizzare la sistemazione dei macchinari e dei reparti cui corrispondono i minori costi di esercizio. In tali casi, si tratterà di effettuare un bilancio economico fra le soluzioni che prevedono un fabbricato di tipo standard, e quindi meno costoso, ma al quale fa riscontro una sistemazione dei macchinari meno conveniente, e la soluzione che rispecchia il layout più razionale sistemato in un fabbricato non standard, e perciò più costoso.

Poiché la maglia e l'altezza utile di un fabbricato sono definiti dal layout (e quindi dalla dimensione e disposizione dei macchinari, dalla presenza di carriponte, scaffalature, ecc.), è ovvio che esse possono anche variare da reparto a reparto, indipendentemente dal fatto che i reparti risultino adiacenti o meno.

Per quanto riguarda gli spazi che devono essere assicurati agli operatori, si precisano le seguenti prescrizioni:

- superficie: > 2 m² per persona;
- volume: > 10 m³ per persona;
- altezza locali: > 3 m netti.

L'altezza utile dei locali adibiti a uffici ed attività commerciali può essere ridotta, normativa comunale permettendo, a 2,70 m e a 2,55 m nei Comuni posti ad altezza superiore a 1.000 m sul livello del mare.

In Italia, ai sensi del D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303, D.P.R. abrogato dall'art. 304 del d.lgs. 81/2008, in quanto accorpato nel medesimo d.lgs., è vietato adibire al lavoro, locali seminterrati o interrati.

Oltre alle caratteristiche della maglia e dell'altezza alla corda, il plant layout potrà evidenziare anche altri vincoli e necessità per i fabbricati industriali. In particolare:

- le vie di corsa per i carriponte e per gli altri mezzi di trasporto sopraelevati;
- il carico ai nodi per la sospensione di convogliatori aerei, carriponte sospesi, e simili;
- le banchine di carico e scarico dei veicoli stradali e ferroviari;
- i portoni e le vie di accesso per automezzi e carri ferroviari;
- i carichi sul pavimento;
- le possibilità di futuri ampliamenti.

Le caratteristiche di un fabbricato industriale possono essere anche influenzate dalle condizioni ambientali, fra le quali ricordiamo l'illuminazione, il riscaldamento, la ventilazione e il condizionamento.

Inoltre, si deve sovente tener conto di altri fattori derivanti da esigenze di

lavorazione, quali il pericolo di incendi ed esplosioni, la produzione di rumori, vibrazioni, fumi, polveri, odori e altre emissioni. Ed ancora, possono rendersi necessarie fondazioni particolari oppure sopraelevazioni in corrispondenza di alcune macchine.

È da tener presente che la scelta del tipo di fabbricato più conveniente per un impianto industriale alimentare è condizionata da ulteriori fattori, quali:

- il layout delle linee di produzione, in particolare per i costi di esercizio, la superficie coperta, la possibilità di ampliamenti e modifiche;
- costi di costruzione del fabbricato e del terreno occorrente;
- costo per il riscaldamento, l'illuminazione e la ventilazione dei locali;
- esigenze particolari dei macchinari e delle caratteristiche delle lavorazioni (pesi, vibrazioni, emanazioni e polluzioni, rumori, polveri, radiazioni elettromagnetiche e corpuscolari, radioattività).

Solo un bilancio economico che tenga conto di tutti i fattori in gioco può consentire la scelta della soluzione più conveniente. Il che non esclude, ovviamente, che la scelta del tipo di fabbricato possa risultare vincolata anche da esigenze particolari, prevalenti su ogni altra considerazione: ad esempio, l'opportunità di utilizzare un fabbricato mono piano nel caso di lavorazioni che presentino pericoli di incendio, ovvero richiedano macchinari pesanti, oppure un fabbricato a più piani nel caso di alcune lavorazioni alimentari, chimiche o di "processo a gravità".

Effettuata la scelta della tipologia, si può procedere alla fase progettuale esecutiva dei fabbricati. È questo uno studio di specifica competenza dell'architetto e/o dell'ingegnere civile, il quale, procedendo nella progettazione di dettaglio, potrà suggerire eventuali varianti al *progetto base* elaborato dai tecnici nella stesura del plant layout.

3.5.1. Classificazione dei fabbricati industriali alimentari

Con il termine "Fabbricati Industriali alimentari" vengono indicati gli edifici destinati ad accogliere le attività produttive e le attività di supporto ad esse collegate. Le principali parti costitutive di tali costruzioni sono le fondazioni, le strutture fuori terra, gli elementi di suddivisione e di compartimentazione, di tamponamento, di copertura e di pavimentazione.

Sono escluse dalla comune accezione del termine "fabbricati industriali" quelle costruzioni, quali ciminiere, muri di sostegno, vasche di decantazione e simili, le quali, mancando di alcuni degli elementi costitutivi più sopra richiamati, vengono denominate anche "costruzioni accessorie". Peculiarità dell'industria alimentare è che anche per tali fabbricati viene posta particolare attenzione agli aspetti igienici, diretti e riflessi sull'intero impianto industriale.

Per progettare e realizzare un fabbricato industriale con i necessari requisiti di sicurezza e d'igiene sono indispensabili alcuni specifici riferimenti normativi che vengono richiamati di seguito.

Circa i locali di lavoro, frequentati da personale con postazione di lavoro fissa, bisogna conoscere con sufficiente precisione il livello luminoso natura-

le e artificiale richiesto dalle lavorazioni, la distribuzione, la frequenza e il livello dei rumori che occorre attenuare; gli odori, i fumi e le polveri emanati dalle lavorazioni; la temperatura e il grado igrometrico richiesto e determinato dagli impianti; l'esigenza di specifici presidi per la protezione dei lavoratori e degli accorgimenti necessari per garantire l'integrità fisica degli edifici stessi.

In definitiva, nella fase preliminare, numerosissimi sono gli elementi di studio e progettazione esecutiva di un edificio industriale, che devono essere tenuti in evidenza.

In particolare:

- trasporti interni ed esterni;
- posizione dei macchinari;
- disposizione dei reparti;
- cicli di produzione e relativi layout;
- capacità produttiva e volumi di produzione annua, mensile, settimanale e giornaliera;
- illuminazione;
- ventilazione dei locali e condizionamento dell'aria;
- sfridi, scarti, cascami e rifiuti;
- vapori, odori, polveri, fumi e altre polluzioni ambientali;
- vibrazioni;
- rumori;
- materiali infiammabili coinvolti nei cicli produttivi;
- natura e consistenza del terreno;
- condizioni climatiche o microclimatiche del sito industriale.

Sulla base di questi elementi, con l'ausilio della normativa specifica possono essere scelti i materiali di costruzione, la struttura, la forma e il tipo edilizio (estensivo o intensivo) dei singoli fabbricati e la loro distribuzione.

3.5.2. La disposizione e le dimensioni dei fabbricati industriali

Risulta essenziale, durante la fase di progettazione di un complesso industriale studiare accuratamente l'estensione e la dimensione del o dei fabbricati che lo compongono, non solo per esigenze di produzione, ma anche per quelle di sicurezza del lavoro e sicurezza ambientale.

In generale l'orientamento e l'esposizione dei locali di lavoro devono essere scelti seguendo gli stessi criteri utilizzati per i fabbricati di uso civile o pubblico.

La migliore orientazione degli edifici a pianta rettangolare, con i lati di lunghezza non molto diversa, è quella per la quale gli angoli dell'edificio risultino orientati verso i quattro punti cardinali, perché la posizione così individuata assicura una buona insolazione di tutte le facciate.

Per gli edifici a pianta rettangolare l'asse maggiore deve essere disposto da N.O., a S.E. e sono da evitarsi le esposizioni interamente a EST ed a OVEST (fig. 3.6).

Primo quesito cui bisogna dare risposta è se convenga realizzare un solo

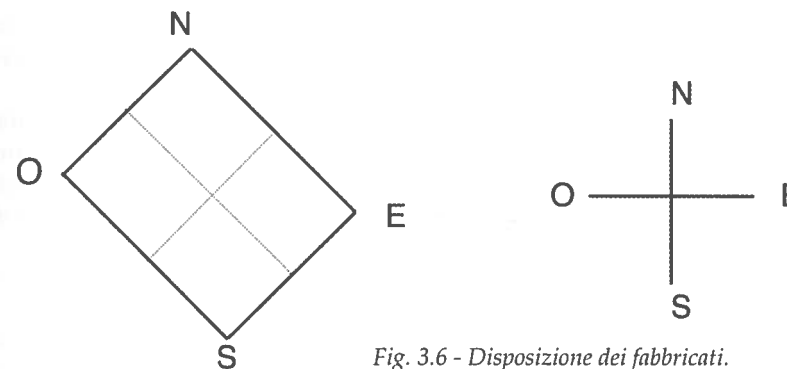


Fig. 3.6 - Disposizione dei fabbricati.

fabbricato (fabbrica compatta) o suddividere il plesso industriale in più edifici separati (fabbrica diffusa).

La tendenza attuale, per le economie di primo impianto e di gestione che possono conseguirsi, è quella di collocare in un unico fabbricato tutti i reparti produttivi e i servizi generali d'impianto. Ove possibile, per tener sotto controllo tutto il complesso aziendale vengono evitate spesso anche le compartimentazioni interne.

È preferibile, viceversa, compartimentare i vari reparti, confinando, ad esempio, le materie prime, le lavorazioni ed il prodotto finito in locali differenti o, se le dimensioni dell'azienda lo giustificano, in tre differenti fabbricati con caratteristiche e dotazioni diverse.

Articolare la fabbrica su un unico fabbricato presenta vantaggi soprattutto economici, quali:

- migliore utilizzazione del terreno
- costruzione meno costosa;
- collegamenti più brevi per le reti di servomezzi, per gli spostamenti del personale e per la movimentazione di prodotti;
- minori dispersioni di calore e aria condizionata.

Costruire più edifici separati presenta vantaggi relativamente alla flessibilità, alla adattabilità, alla sicurezza e all'igiene del lavoro, quali:

- assenza di intralci per le eventuali espansioni;
- migliore protezione contro incendi ed esplosioni;
- danni circoscritti ad un solo edificio in caso di sinistri;
- vie di fuga più brevi, date le minori dimensioni di ciascun edificio;
- estensione dei fabbricati e dimensioni degli ambienti di lavoro a "dimensione d'uomo";
- illuminazione naturale più razionale;
- possibilità di disporre di spazi liberi diffusi all'interno dello stabilimento.

La disposizione degli edifici deve tener conto dei venti dominanti, secondo le seguenti considerazioni:

- al fine di ridurre i rischi di propagazione di incendio attraverso i tetti, l'asse maggiore dovrà essere di preferenza orientato perpendicolarmente alla direzione dei venti dominanti;

- i fabbricati più pericolosi dovranno essere dislocati dalla parte opposta alla direzione dei venti dominanti, per evitare che eventuali sostanze nocive possano propagarsi in breve tempo per l'intero stabilimento.

I fabbricati, sedi di lavorazioni particolarmente rumorose, andranno anch'essi posti a distanza opportuna dai fabbricati dello stesso plesso o limitrofi. Per ridurre il livello sonoro esterno di origine industriale si possono ottenere buoni risultati disponendo nei pressi barriere di alberi, che sono in grado di assorbire una parte notevole dell'energia sonora incidente.

3.5.3. Tipologie edilizie

Le diverse esigenze industriali richiedono la disponibilità di una gamma estesissima di tipi edilizi, dipendendo la scelta di ogni singola tipologia, da numerosissimi fattori che spesso si influenzano mutuamente. Di essi i più rilevanti sono:

- forma e dimensioni dei fabbricati;
- caratteristiche dimensionali e funzionali dei macchinari installati;
- ciclo tecnologico;
- caratteristiche dei beni prodotti;
- esigenza di adattabilità, flessibilità e rapidità di costruzione;
- condizionamenti ambientali;
- fattori di pericolo;
- situazioni di rischio.

Elementi estetici

La scelta tipologica il più delle volte è collegata a esigenze architettoniche e ambientali del sito, in quanto la costruzione industriale deve ben inserirsi ed integrarsi nel contesto paesaggistico. Diventa dunque difficoltoso redigere un elenco completo di tipi edilizi per l'industria; tuttavia in relazione allo sviluppo plano-volumetrico le costruzioni possono essere ricondotte a due tipologie fondamentali:

- il tipo "intensivo" o "in altezza";
- il tipo "estensivo" o "in superficie".

Il tipo intensivo

L'edificio multipiano, rispetto a quello mono piano, richiede terreni di migliori caratteristiche e fondazioni più profonde. Esso necessita di numerosi collegamenti verticali quali scale, ascensori, montacarichi, che comportano problemi di sicurezza maggiori e più complessi.

I problemi di illuminazione e ventilazione naturale sono risolti con maggiori difficoltà, perché le prese di luce possono trovarsi unicamente nelle strutture d'ambito, quindi vi è la necessità di limitare la estensione dei corpi di fabbrica. Il fabbricato intensivo presenta una minore sicurezza in caso di incendio o di scoppio; infatti le fiamme si propagano più rapidamente attraverso le comunicazioni verticali.

In caso di crollo o cedimento di qualche elemento strutturale, specialmen-

te se si tratta di elementi portanti dei piani inferiori, risultano più gravi le conseguenze rispetto ad un fabbricato mono piano.

Si hanno maggiori difficoltà per convogliare e smaltire polveri, fumi, vapori, cattivi odori e altre polluzioni ed emissioni.

Uno dei problemi che sovente si presenta è lo smaltimento del calore prodotto nelle lavorazioni ai piani bassi, che può facilmente propagarsi ai piani superiori.

Il tipo estensivo

Un edificio mono piano richiede fondazioni meno profonde, seppure più estese, di quelle di un fabbricato a più piani, pertanto può essere collocato su terreni meno compatti e con minore "portanza"⁴.

L'illuminazione naturale dei locali di lavoro avviene prevalentemente dall'alto (illuminazione zenitale), ma può essere anche laterale, in caso di ridotta estensione del fabbricato.

Un edificio mono piano presenta una maggiore sicurezza in caso di incendio per la possibilità di isolare i reparti non ancora investiti; inoltre c'è la possibilità che alcune zone rimangano all'esterno del raggio d'azione di eventuali esplosioni.

In un fabbricato estensivo sono limitate e localizzate le conseguenze in caso di crollo o cedimento strutturale, inoltre vi è una maggiore facilità di smaltimento di polveri, fumi, vapori, cattivi odori e polluzioni varie.

Per contro si hanno maggiori oneri di riscaldamento per la maggiore estensione delle strutture d'ambito.

3.5.4. Materiali e sistemi costruttivi

L'appropriata scelta dei materiali e dei sistemi costruttivi impiegati nella realizzazione dei fabbricati industriali riveste grande importanza ai fini della sicurezza del lavoro, influenzando sia su fattori ambientali interni quali temperatura, umidità, rumori, vibrazioni, sia sulla protezione dai fattori di rischio esterni.

Le caratteristiche dei materiali e dei sistemi costruttivi devono essere tali da comportare:

- minimo ingombro delle strutture portanti;
- elevata leggerezza delle coperture e delle strutture portanti in elevazione;
- imputrescibilità, indeformabilità e resistenza al fuoco delle stesse;
- buona illuminazione naturale ed artificiale degli ambienti coperti;
- resistenza alle vibrazioni indotte da macchine, da sismi o da altre cause esterne.

La scelta dei materiali deve essere coerente con:

- tipo edilizio prescelto;
- dimensioni e caratteristiche delle strutture;
- costo delle stesse;
- facilità e rapidità di approvvigionamento;
- resistenza meccanica e coibenza termoacustica;

⁴ Si definisce portanza di un terreno il carico specifico che determina un suo cedimento prestabilito. Normalmente è espressa in kg/cm².

- resistenza agli agenti atmosferici locali e alle sostanze chimiche che si diffondono dalle linee di produzione;
- resistenza alle sollecitazioni dinamiche;
- esigenze di illuminazione;
- natura e caratteristiche delle materie prime, dei semilavorati e dei prodotti immagazzinati.

Le tecnologie edilizie e i materiali generalmente impiegati per i fabbricati industriali sono;

- calcestruzzo armato;
- calcestruzzo armato precompresso;
- profilati di acciaio;
- laterizio armato;
- legno lamellare;
- muratura tradizionale.

Le strutture in calcestruzzo armato

Tali strutture sono adatte per luci variabili da 8 a 20 m nel caso di fabbricati ad un solo piano e da 6 a 18 m per fabbricati a più piani. Se da un lato le costruzioni in c.a. risultano più ingombranti e più pesanti rispetto alle strutture in acciaio, dall'altro presentano anche dei vantaggi, quali:

- migliore resistenza al fuoco;
- buona resistenza a molti agenti corrosivi;
- ottima capacità termica;
- in caso di incendio non emettono vapori infiammabili.

Tali qualità consigliano il loro uso nei casi in cui i fabbricati debbano ospitare materiali o lavorazioni per i quali i rischi di incendio e scoppio sono elevati. Qual è il caso delle industrie alimentari granarie e estrattive che trattino materie solide secche polverulente e granulose.

Bisogna in ogni caso considerare che, pur presentando il vantaggio di essere incombustibile, il cemento comunque non resiste a temperature elevate, in quanto la resistenza meccanica diminuisce rapidamente al di sopra dei 250 °C, pur mantenendo ancora funzioni statiche a 600 °C, temperatura alla quale la resistenza si abbassa al 40 % del valore massimo.

In caso d'incendio il danno è proporzionale al grado di sgretolamento del cemento, perché vengono allo scoperto le armature di acciaio. La resistenza alle alte temperature può essere migliorata scegliendo in maniera opportuna il tipo di aggregato cementizio e proteggendo gli elementi strutturali con rivestimenti isolanti, quali intonaci a base di perlite o vermiculite o vernici intumescenti.

La tendenza attuale dell'antincendio è verso l'uso del calcestruzzo armato, perché garantisce ai soccorritori i margini di tempo necessari per entrare nell'edificio ed operare lo spegnimento del fuoco con maggiori probabilità di successo.

La resistenza all'attacco chimico dipende dalla scelta appropriata del conglomerato cementizio e deve essere fatta in base alle caratteristiche delle sostanze solide, liquide o gassose che possono entrare in contatto con le strutture del fabbricato. Per le industrie alimentari sono raccomandati comunque cementi ad alta resistenza chimica (ARC).

Un attacco diretto è quello proveniente dai composti dello zolfo, in particolare modo l'anidride solforosa (SO₂), frequentemente utilizzata in alcune lavorazioni alimentari. Infatti i carbonati costitutivi del cemento vengono trasformati in solfati solubili. Il cemento Portland resiste bene a soluzioni basiche, ma non a quelle acide; viceversa i cementi alluminosi, siderurgici e pozzolanici offrono maggiore resistenza agli acidi.

In tutti i casi la resistenza all'attacco chimico risulta migliore se è stato impiegato un basso rapporto acqua/cemento, è stata fatta una eccellente compattazione e realizzata un'accurata stagionatura.

Le strutture in calcestruzzo armato precompresso

L'attuale tendenza nel campo delle costruzioni in c.a. è verso strutture precomprese, prefabbricate fuori opera e poste in opera mediante sistemi di montaggio meccanizzati. Il successo di queste strutture è determinato essenzialmente da due fattori:

- possibilità di realizzare fabbricati a maglie ampie, quindi con minor numero di pilastri, la qualcosa agevola l'ottimizzazione dei layouts e le eventuali successive modifiche;
- rapidità di esecuzione ed economicità dei fabbricati.

Tuttavia è da tener presente che, pur possedendo una resistenza al fuoco pari a quella delle strutture in c.a. in opera, i prefabbricati con elementi in precompresso, calibrati e montati senza le opportune tolleranze, in caso di incendio sono soggette al rischio di crollo rapido.

La resistenza alla corrosione e agli attacchi degli agenti aggressivi risulta migliore per la maggiore compattezza e la più accurata stagionatura del getto.

Per il resto le caratteristiche di tali strutture non differiscono in maniera significativa da quelle in c.a. non precompresso.

Le strutture in acciaio

I capannoni industriali interamente, metallici o di tipo misto (strutture metalliche completate con c.a., legno o altri materiali) sono il risultato di tecniche costruttive sviluppate fin dalla metà del XIX secolo. La particolare rapidità di costruzione, la maggiore leggerezza e il ridotto impiego di manodopera rappresentano i vantaggi più evidenti delle strutture in acciaio rispetto a quelle in c.a. in opera o precompresso.

Queste strutture, per il ridotto peso e l'alta resistenza dell'acciaio, sono adatte alle grandi luci e ai forti sovraccarichi.

Il minore ingombro dei pilastri e delle altre strutture portanti si traduce in maggiori spazi agibili e in migliori condizioni di aerazione, di illuminazione, con aumento della luminosità naturale e riduzione delle zone d'ombra.

La resistenza al fuoco delle strutture in acciaio è molto minore di quella delle strutture in c.a. e per raggiungere adeguati livelli di resistenza devono essere messi in atto alcuni accorgimenti:

- Le strutture portanti verticali devono essere protette con rivestimento di calcestruzzo da porsi in opera con l'ausilio di armature o grigliati; lo spessore minimo del rivestimento per una resistenza al fuoco di 90 minuti è di 4 cm.

- Le travi e le strutture portanti orizzontali devono essere protette con intonaci isolanti a base di fibre minerali o vermiculite, applicati a spruzzo; uno spessore medio di 15 mm è in grado di garantire la classe REI 120 di resistenza al fuoco⁵.

In molti casi la protezione delle strutture e degli elementi metallici viene affidata a pannelli di calcestruzzo, di vermiculite⁶, di cemento-vetro o a piastre di cartone gessato con anima in foglio di acciaio.

Le strutture in acciaio possono essere facilmente attaccate da agenti corrosivi, il che comporta costi di manutenzione elevati per un'adeguata protezione alla corrosione, la quale può manifestarsi secondo diversi meccanismi.

I rischi di corrosione elettrochimica sono elevati in zone a forte concentrazione industriale per la presenza nell'aria di gas quali H₂S, SO₂, SO₃, CO, CO₂, e ossidi di azoto.

Il sistema di protezione passiva, più largamente impiegato è quello di apporre uno strato metallico non corrosibile, quale zinco; in caso di atmosfere altamente aggressive si ricorre a vernici scelte in base alla natura dell'agente aggressivo.

A causa dell'alta dispersione termica di queste strutture, non è facile mantenere assegnate condizioni microclimatiche senza l'ausilio di sistemi di condizionamento in esercizio continuo; in genere le strutture d'ambito sono coibentate e spesso la tamponatura è fatta con lamiere sandwich (costituite da uno strato di materiale isolante rivestito su ambo i lati da lamiere grecate pre-verniciate di acciaio).

Le strutture in laterizio armato

Le strutture in laterizio armato vengono sempre più raramente impiegate. Esse furono di moda negli anni '60 del secolo scorso per la costruzione di capannoni a volta con luci trasversali da 10 a 20 metri ed interassi dei pilastri longitudinali (campata) compresi tra 5 e 10 m.

Ai vantaggi di tali strutture, riferibili essenzialmente al basso costo unitario e alle ridotte esigenze di manutenzione, si contrappongono notevoli svantaggi tra i quali l'impossibilità di ancorare alle volte strutture per sostenere sistemi di trasporto, la non agevole installazione dei condotti e delle tubazioni aeree: quindi l'esistenza di un notevole "spazio di volta" non utilizzabile, che rappresenta anche un notevole volume d'aria da riscaldare o climatizzare, praticamente senza nessun vantaggio.

Per quanto riguarda la resistenza al fuoco, i laterizi presentano un ottimo comportamento, resistendo facilmente a temperature dell'ordine di 1.000-1.100 °C se di buona qualità. In caso di incendio essi possono lesionarsi perché i get-

⁵ Le lettere della sigla REI dal francese (Resistance = capacità portante; Entretenir = tenuta ai fumi e ai vapori, Isolament = isolamento termico) rappresentano i fattori di valutazione della resistenza al fuoco di strutture, di compartimenti, di pareti, solai ed altri elementi di separazione. Il numero 120 specifica che quella struttura mantiene i requisiti di Capacità portante prefissati, di tenuta ai fumi e ai vapori, e garantisce isolamento termico dall'altro lato per 120 minuti. Il D.M. 16-2-2007 ha fissato le seguenti classi REI : 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360.

⁶ La vermiculite è un minerale, essa sottoposta a parziale cottura fornisce un prodotto molto leggero, che viene utilizzato nell'edilizia da solo o mescolato ad altre sostanze cementizie, come isolante termico ed acustico. Viene anche utilizzato sotto forma di polvere per raffreddare gradualmente saldature che vanno oltre 700 gradi, in modo che non si formino né crepe né shock termici. È utilizzato anche come isolante antincendio.

ti d'acqua investendoli, provocano bruschi raffreddamenti e tensioni; quindi necessitano sempre della protezione di intonaci a base di sabbia-gesso, vermiculite-cemento, vermiculite-gesso.

Grazie alle intercapedini d'aria di cui è provvisto, il laterizio ha un buon potere termoisolante, superiore a quello delle strutture in c.a..

Per contro, essendo un materiale notoriamente fragile, possono aversi crepe e fessurazioni per effetto di vibrazioni di bassa intensità prolungate nel tempo, o di alta intensità, per tempi relativamente brevi.

Le strutture in legno lamellare

Tali strutture sono impiegate nell'edilizia alimentare principalmente per la loro leggerezza, che consente di realizzare coperture con luci di oltre 100 m. La tecnica di fabbricazione degli elementi strutturali consiste nell'incollare sotto pressione, a temperatura ed umidità controllate, un certo numero di sottili assi di legno, che successivamente vengono sottoposti a trattamenti antimuffa, fungicidi e antiparassitari. La leggerezza delle strutture in legno lamellare comporta una minore sezione dei pilastri portanti, un risparmio di costo delle fondazioni e migliori condizioni di illuminazione naturale. Sebbene il costo iniziale sia elevato, queste strutture non richiedono alcun intervento di manutenzione in condizioni climatiche e microclimatiche non estreme.

Le normative vigenti indicano che i locali ove sia elevato il pericolo di incendio devono essere realizzati con strutture portanti non combustibili; tuttavia sono consentite strutture portanti in legno, purché sia provato che la sezione residua, dopo un certo tempo di esposizione al fuoco, rapportato al carico di incendio, conservi una stabilità residua sufficiente, in relazione ai carichi cui è sottoposta.

Poiché le strutture in legno lamellare realizzate in passato appartenevano alla classe⁷ di resistenza al fuoco C 60, per conseguire un aumento della resistenza al fuoco si poteva ricorrere a trattamenti ignifughi mediante prodotti intumescenti, che consentono di abbassare la classe di reazione al fuoco del legno. Il legno lamellare commercializzato attualmente presenta invece già un'elevata resistenza al fuoco. Lo strato carbonizzato che si forma all'esterno a causa della combustione, rallenta o addirittura impedisce la combustione degli strati profondi delle travi, per cui le costruzioni in legno non cedono mai spontaneamente. La velocità di combustione e la durabilità della struttura sono pertanto calcolabili.

Il legno lamellare nell'industria alimentare rappresenta una delle scelte costruttive più ecologiche, ma soprattutto un materiale sicuro e conveniente per molti impianti. Possiede inoltre vantaggi legati alla velocità di realizzazione, alla sua versatilità rispetto ai materiali tradizionali ai fini di un'architettura armonicamente inserita nell'ambiente, con garanzia di massima igiene. Il tutto può essere anche in sintonia con le specifiche richieste dalla committenza in un'ottica

⁷ La classe C 60 rappresentava una delle classi di resistenza al fuoco delle strutture, dove 60 rappresentano i minuti che la struttura è in grado di resistere all'azione del fuoco senza crollare. Attualmente le classi di resistenza al fuoco sono normate dal D.M. 16-2-2007.

di personalizzazione dell'opera. Proprio con tale obiettivo possono essere sviluppati progetti orientati alla massima limitazione di eventuali spazi e aree morte, suscettibili di accumuli di polvere, utilizzando elementi di grandi dimensioni che garantiscono nel contempo massima disponibilità di spazi per la produzione.

Le strutture in muratura tradizionale

Attualmente tali strutture non vengono più impiegate per i fabbricati industriali, essendo del tutto sconvenienti sia dal punto di vista del costo, in quanto richiedono molta e qualificata manodopera, sia per ragioni di lentezza nella costruzione, sia per i magisteri d'opera.

Esse, pur possedendo, dal punto di vista della sicurezza e dell'igiene del lavoro, indiscutibili pregi quali un'elevata resistenza al fuoco, agli agenti atmosferici e a quelli chimici e un'elevata capacità termica, non hanno le caratteristiche di adattabilità richieste dalle attuali esigenze di layout.

3.6. LE FONDAZIONI E I TERRENI DI FONDAZIONE

Le fondazioni sono le strutture di base di una costruzione e servono a trasmettere i carichi strutturali e dinamici, che si generano all'interno della costruzione, al terreno.

Hanno parte essenziale nel progetto di un fabbricato industriale. La collocazione delle fondazioni e la scelta della loro tipologia richiede grande attenzione sia ai fini della stabilità che del costo dei fabbricati.

Secondo la legislazione (D.M. 14-1-2008), le scelte di progetto devono essere basate sulla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, ottenuta per mezzo di rilievi, indagini e prove.

I rilievi e le indagini, da effettuarsi nella fase dello studio preliminare, hanno lo scopo di accertare la costituzione del sottosuolo, la presenza ivi di acque sotterranee, a pelo libero o in pressione e di misurare e valutare le proprietà fisico-meccaniche del suolo su cui andrà edificato il fabbricato industriale.

Le indagini geologiche e geotecniche, la cui ampiezza deve essere adeguata alle dimensioni, al tipo e alle caratteristiche strutturali dell'opera da costruire, hanno lo scopo di raccogliere i dati qualitativi e quantitativi occorrenti per valutare il comportamento dell'opera nel suo insieme in rapporto al terreno. Esse servono inoltre per individuare i problemi che la natura del terreno pone nella scelta delle soluzioni progettuali delle opere in elevazione e dei corrispondenti procedimenti costruttivi.

La scelta del sistema di fondazione dipende, quindi, sia dai carichi insistenti sul terreno (peso delle strutture e degli eventuali sovraccarichi), sia dalle caratteristiche del terreno, in particolare dalla sua *portanza o capacità portante*.

In riferimento a quest'ultimo si distinguono:

- terreni compatti o coerenti (quali le rocce, il cui tasso di lavoro è generalmente superiore alla sollecitazione trasmessa dalle fondazioni);
- terreni sciolti o incoerenti (sabbie, argille, ecc.), le cui caratteristiche meccaniche devono essere preventivamente definite.

Le fondazioni superficiali

Per fondazione superficiale o diretta si intende un sistema strutturale poco approfondito, con funzione di transizione tra l'opera portata ed il corpo di terreno portante; essa viene definita anche "diretta" in quanto trasferisce la totalità delle sollecitazioni direttamente sul terreno, senza elementi intermedi.

Il piano di posa deve essere situato al di sotto della coltre di terreno vegetale, e al di sotto dello strato interessato dal gelo e da significative variazioni di umidità stagionali.

Nella scelta del piano di posa della fondazione deve considerarsi anche l'influenza delle variazioni climatiche che generano "ritiri del terreno" nelle stagioni secche e rigonfiamenti nelle stagioni piovose. Esse vanno comunque approfondite fino ad essere fuori dall'influenza di tali fenomeni, in modo che resti costante l'umidità del terreno portante. Vari autori indicano una profondità minima di circa 1 m per le argille, che può salire sino a 50 cm per sabbie ben addensate e compattate.

Le fondazioni, inoltre, devono essere difese o poste a profondità tale da risultare protette dai fenomeni di erosione del terreno superficiale.

Le fondazioni superficiali si distinguono in:

- a) *Fondazioni a plinti* adatte per edifici in c.a. o acciaio. Sono composte da un insieme di limitate superfici di contatto con il terreno, distanziate tra loro: in generale una per ogni pilastro; esse realizzano dunque una distribuzione discreta del carico della costruzione (fig. 3.7a).
- b) *Fondazioni a cordoli o a travi rovesce*, adatte per edifici in c.a. o muratura, le quali hanno distribuzione in pianta nastriforme e raccolgono un filare di pilastri, realizzando una distribuzione lineare del carico. La trave di fondazione è generalmente una trave a T rovescia, con soletta a diretto contatto con il terreno, dal quale riceve una reazione ripartita (fig. 3.7b).
- c) *Fondazioni a platea*, adatte per edifici di limitata estensione. Esse si estendono sotto tutta la costruzione con continuità ed, eventualmente, fuoriescono dal perimetro della costruzione stessa, distribuendo il carico su tutta la superficie d'impronta del fabbricato (fig. 3.7c).

Perché le fondazioni siano scelte in maniera propria, occorre che venga soddisfatta la condizione del centramento della fondazione rispetto alla risultante dei carichi applicati; se ciò non dovesse accadere per l'intervento anche sporadico di carichi variabili, in presenza di terreni cedevoli si deve ricorrere a fondazioni profonde.

La scelta dell'uno o dell'altro tipo di fondazione diretta viene effettuata in base a più fattori, quali:

- la disposizione planimetrica dei pilastri e dei muri continui;
- l'entità dei carichi, in relazione alla capacità portante del terreno (ossia in base alla pressione di contatto media ammissibile), la quale permette di determinare l'estensione necessaria della superficie di contatto, atta alla trasmissione dei carichi;
- i cedimenti differenziali ammissibili.

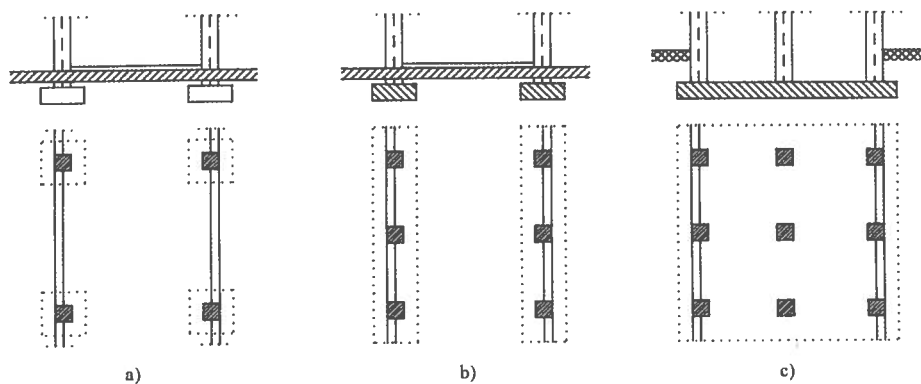


Fig. 3.7 - a) Fondazione a plinti, b) fondazione a cordoli, c) fondazione a platea.

Su terreni di buona o media consistenza, le fondazioni più frequentemente adottate sono, in generale, le fondazioni a plinti o a travi rovesce mentre, su terreni notevolmente cedevoli, si ricorre alle fondazioni a platea.

È da sottolineare che la fondazione superficiale risulta inadatta in presenza di forti sovraccarichi concentrati ovvero dissimmetrici, o in presenza di strati cedevoli in maniera differenziata. In questi casi sarebbero inevitabili i cedimenti differenziali.

Le fondazioni superficiali sono sensibili alle vibrazioni indotte dal transito di automezzi o da macchine vibranti. Questo è un problema che in ambiente industriale assume particolare rilevanza ai fini dell'igiene del lavoro e delle prestazioni di alcune macchine e sistemi di misura: pertanto, deve essere attentamente valutato per effettuare i necessari interventi per isolare le fondazioni dalle onde di vibrazione.

Le fondazioni profonde

Quando il terreno su cui dovrà essere edificato il fabbricato sia particolarmente cedevole o cedevole in maniera differenziata, ovvero la conformazione dell'opera dia luogo a forti sovraccarichi concentrati e dissimmetrici, è necessario ricorrere a fondazioni profonde.

La fondazione profonda consente di trasmettere il carico della sovrastruttura al terreno in una zona più profonda, dove è possibile trovare strati a più elevata portanza e/o più omogenei.

Pur essendo i sistemi di fondazione profonda di vario tipo, ci si limiterà a considerare le sole fondazioni su pali, essendo queste di corrente impiego nella realizzazione dei fabbricati industriali.

I pali di fondazione possono essere classificati in due categorie, che si distinguono per la diversa connessione con il terreno:

- pali posti in opera senza asportazione di terreno;
- pali posti in opera con asportazione di terreno.

La prima categoria comprende i pali costruiti secondo due tecnologie diverse: quelli prefabbricati ed infissi e quelli gettati in palo-forma metallico tubolare, infisso nel terreno ed estratto a mano a mano che si esegue il get-

to del conglomerato. Questi due sistemi differiscono tra loro per il fatto che, nei primi, la superficie di contatto con il terreno è liscia, mentre nei secondi è scabra.

La seconda categoria di pali, detti anche "trivellati" o "preformati", vengono gettati in un foro ottenuto mediante infissione di un tubo metallico senza puntazza e contemporanea asportazione del terreno alla sua base.

Tipi di pali di frequente utilizzo:

- palo in legno;
- palo in acciaio;
- palo in cemento armato infisso;
- palo in cemento armato preforato durante la messa in opera;
- palo in cemento armato preforato dopo la messa in opera.

Le fondazioni in presenza di vibrazioni

Le principali sorgenti di vibrazioni interessanti i fabbricati industriali sono rappresentate da:

- macchinari (magli e presse);
- compressori e pompe;
- mezzi e sistemi di trasporto interno ed esterno;
- attrezzature vibranti.

Alcune di queste sorgenti, per effetto della propagazione delle onde nel terreno, sono spesso causa di disturbo anche a grande distanza; inoltre fenomeni quali le onde stazionarie e la risonanza possono dar luogo a situazioni molto critiche.

Le vibrazioni meccaniche oltre ad essere causa, a lungo andare, di disturbi fisici sugli individui, danno luogo a guasti e rotture di organi di macchine, a fessurazioni nelle opere murarie e a cedimenti delle strutture. È quindi necessario che le macchine che generano vibrazioni siano ancorate a fondazioni speciali e isolate dalle altre strutture.

Il problema di queste fondazioni si presenta quindi sotto due aspetti: da un lato si hanno le fondazioni cosiddette "attive", le quali sono esse stesse sorgenti di eccitazione (es. fondazioni di macchine vibranti); dall'altro vi sono le fondazioni cosiddette "passive", ovvero quelle che attraverso il terreno sono investite da vibrazioni prodotte da sorgenti artificiali, quali macchine vibranti e mezzi di trasporto e/o cause naturali quali i sismi.

Nella progettazione delle fondazioni di macchine che generano vibrazioni, oltre al problema dei possibili cedimenti, occorre verificare che i basamenti non abbiano oscillazioni di ampiezza e frequenza dannose per la funzionalità della macchina, e che queste non vengano trasmesse, mediante il terreno, alle strutture vicine. Per tali motivi i valori dell'ampiezza delle oscillazioni delle macchine non debbono essere superiori a 0,1 - 0,2 mm.

È opportuno tener conto che le frequenze maggiormente dannose sono quelle prossime alla frequenza naturale del sistema (ovvero la frequenza che presenta il sistema se potesse oscillare liberamente), per le quali si verifica il fenomeno della "risonanza".

I provvedimenti da adottare dipendono dalla natura del terreno; infatti i

terreni poco consolidati o incoerenti, sono i meno adatti a sostenere fondazioni sottoposte ad azioni dinamiche.

Nel caso di fondazioni "passive", le onde perturbatrici possono provenire sia da impianti fissi quali i macchinari, sia dal traffico stradale e/o ferroviario.

A tal fine occorre rilevare che:

- le vibrazioni si propagano nel suolo dalla sorgente radialmente e preferenzialmente in superficie;
- le caratteristiche delle vibrazioni e la velocità di propagazione delle onde dipendono dalla natura del terreno attraversato.

Le onde di vibrazione, attraversando le strutture, producono due effetti dannosi, che si esaltano enormemente per particolari frequenze della sorgente perturbatrice.

Il primo effetto è l'assestamento del terreno sottostante la fondazione investita e il conseguente cedimento di essa.

Il secondo effetto è la propagazione delle vibrazioni dalla fondazione alle strutture sovrastanti. Dato che gli assestamenti del terreno si riducono a mano a mano che ci si allontana dalla sorgente perturbatrice, i cedimenti risultano irregolari; ciò può provocare inclinazioni e dissesti delle sovrastrutture.

3.7. LE STRUTTURE PORTANTI

Il dimensionamento delle strutture portanti, oltre a soddisfare i criteri di economicità, deve tener conto delle sollecitazioni che si aggiungono a quelle dovute al carico permanente e al peso delle strutture stesse, allo scopo di garantire la durabilità dell'opera e assicurare la sicurezza delle persone e degli impianti.

Queste sollecitazioni sono imputabili a:

- carichi sospesi, gru, carriponte, mezzi di trasporto, canalizzazioni e simili;
- sovraccarichi sismici;
- sovraccarichi dovuti a vento, neve e acqua.

Per quanto riguarda i sovraccarichi dovuti ai carichi sospesi, nessun particolare problema presentano gli impianti fissi quali quelli di illuminazione, di trasporto fluidi, di distribuzione dell'energia elettrica e di altri servomezzi, dovendosi sommare nelle calcolazioni il loro peso al peso fisso delle strutture.

Il caso è diverso se si considerano i mezzi di trasporto o di sollevamento, in quanto essi rappresentano carichi non statici ma dinamici, che possono indurre gravose sollecitazioni.

Per lo scorrimento di carriponte di modeste prestazioni, installati in prefabbricati industriali, viene impiegata frequentemente una travatura di acciaio, portante le rotaie, poggiata su pilastri prismatici di calcestruzzo, muniti di apposita mensola. I pilastri sono calcolati tenendo conto dei carichi che gravano sulle vie di corsa e del loro peso.

Se si impiegano colonne di acciaio, sono richieste verifiche più accurate, in

dipendenza della loro "snellezza". La rigidità nel piano longitudinale può essere assicurata da controventi verticali generalmente disposti nella prima e nell'ultima campata.

Le fondazioni che diffondono i carichi sul terreno possono causare qualche inconveniente se non vengono ugualmente verificate in quanto anche piccoli cedimenti causano forti sollecitazioni alle vie di corsa.

3.8. COPERTURE E PARETI (TAMPONATURE)

Le coperture e le pareti dei fabbricati industriali devono possedere caratteristiche costruttive che, oltre alla facilità di posa in opera e di manutenzione, assicurino l'illuminazione naturale dell'area sottostante e l'acclimatazione dell'ambiente in tempi brevi.

Coperture con fasce vetrate

La disposizione di fasce vetrate sul piano di copertura costituisce un sistema di illuminazione zenitale, che si riscontra sia nelle tradizionali coperture a falde simmetriche, a volta e a solaio, sia in quelle a tegoli.

La soluzione delle fasce ripartite su entrambe le falde è preferibile a quella delle fasce concentrate lungo la linea di colmo, in quanto si ha una migliore distribuzione di illuminazione nel piano orizzontale. Al contrario, se le fasce sono disposte trasversalmente e non sono opportunamente distanziate, si riscontra una notevole disuniformità d'illuminamento. Anche nel caso dei cosiddetti lucernari piani, ovvero orizzontali con le fasce vetrate disposte nella stessa direzione dei travetti e dei tegoli, la distribuzione dell'illuminamento dipende dall'indice di vetrata e dal distanziamento delle fasce vetrate. Per ovviare a problemi connessi al deposito delle polveri, spesso le fasce vetrate vengono montate fortemente inclinate.

Coperture completamente traslucide

Una ottima uniformità d'illuminamento nel piano orizzontale si può ottenere realizzando, nei vari tipi di copertura, il manto con materiale traslucido (vetrocemento, lastre di polietilene o di policarbonato ondulate o piane, vetri retinati e simili).

L'alto costo e le notevoli difficoltà tecniche di posa in opera rendono tuttavia queste coperture piuttosto rare.

Coperture a pozzi

Le coperture a pozzi sono quelle in cui le prese di luce sono limitate a piccole zone illuminanti, opportunamente distribuite sulla copertura.

Questo sistema di illuminazione zenitale, per dare una razionale distribuzione d'illuminamento, richiede un accurato studio sulla disposizione delle prese di luce.

Queste possono realizzarsi con semplici vetrate intelaiate o mediante elementi speciali prefabbricati in materiale traslucido, dotati di dispositivo di

apertura per l'aerazione. Tali elementi sono a pianta circolare o poligonale, sagomati superiormente a cupola o a punta piramidale; essi risultano emergenti rispetto al piano di copertura per impedire l'entrata diretta dei raggi solari.

Copertura a sheds

Tale copertura si può ritenere una reiterazione di quella a falde asimmetriche, in cui quella più stretta viene completamente vetrata.

Il fatto che l'apertura illuminante sia su un solo lato, generalmente rivolto a nord, permette un illuminamento diffuso, ed evita la penetrazione diretta dei raggi solari, specialmente sui piani di lavoro. Però, si possono avere ombre sui piani di lavoro: inconveniente che si elimina impiegando vetri diffondenti o inclinando leggermente le vetrate.

Per la falda vetrata degli sheds sono raccomandati i seguenti valori di inclinazione:

- 50° rispetto all'orizzontale, se la presenza di ostacoli esterni non consente l'apertura laterale;
- 70°-90° rispetto all'orizzontale, se sussiste la possibilità di inserire delle aperture laterali (soluzione preferibile).

Un aumento dell'indice di superficie vetrata produce sia un innalzamento del valore dell'illuminamento, sia una migliore distribuzione della luce. L'omogeneità di illuminamento è altresì influenzata dalla componente di luce riflessa dal rampante dello sheds, che è consigliabile tingeggiare di chiaro.

Un ulteriore miglioramento della omogeneità si può ottenere impiegando i cosiddetti "sheds compensati o alternati", essi rappresentano un esempio di copertura a doppia vetrata, di cui una è opposta ai raggi solari, il che induce a scegliere vetri diffondenti. Gli sheds consentono un facile ricambio d'aria e lo smaltimento naturale di fumi e odori attraverso serramenti regolabili.

Coperture a lucernari

Tali coperture derivano da quelle classiche a falde, a volte o a terrazza, in quanto il lucernario è costituito da una fascia sopraelevata della copertura, vetrata lateralmente.

Se la penetrazione diretta nei locali dei raggi solari non è fastidiosa, si possono orientare le vetrate in modo da ottenere sempre una buona illuminazione; alle nostre latitudini i lucernari sono orientati con le vetrate normali all'asse est-ovest, in modo che i raggi solari investano direttamente i lucernari solo al mattino e al pomeriggio. Se il sito non permette tale orientamento, si adottano schemi di lucernari dissimmetrici, in cui la superficie delle aperture a sud, munite anche di vetri diffondenti, risulta meno favorevole per l'attenuazione degli effetti solari.

Le coperture a lucernari, oltre a fornire una soddisfacente distribuzione della luce, consentono un'agevole pulizia delle vetrate e danno il vantaggio di una buona ventilazione naturale, specie se le vetrate sono ad apertura regolabile.

Materiali per le coperture e le pareti

Svariati materiali vengono impiegati per la realizzazione delle coperture e delle pareti dei fabbricati industriali, dovendo essi rispondere di volta in volta a differenti compromessi, che tengano conto delle esigenze di economicità, di resistenza, di coibenza termica ed acustica.

I tipi di copertura realizzati da elementi prefabbricati più frequentemente impiegati sono:

- a) Lamiere grecate e zincate, rivestite su ambo i lati con resine poliestere e feltro, che sono leggere, economiche, incombustibili e resistenti alla corrosione.
- b) Pannelli di materiale isolante con lastre di poliestere o di alluminio. I pannelli contenenti materiali isolanti quali lana di vetro minerale, fibra di legno, polistirolo espanso, sughero, hanno la funzione di aumentare le caratteristiche di isolamento termico ed acustico.
- c) Pannelli di calcestruzzo cellulare ricoperti da lastre di cemento.
- d) Pannelli di calcestruzzo ricoperti da lastre di poliestere traslucide, ottime per la protezione contro gli agenti atmosferici. Le lastre di poliestere composito presentano una buona resistenza al fuoco, agli agenti chimici, all'umidità e all'azione degli agenti atmosferici, ma sono costose.
- e) Sandwich di pannelli di materiale isolante racchiusi tra lamiere grecate zincate.
- f) Lastre in lamiera zincata grecata o in alluminio supportanti uno o più strati di materiali isolanti.
- g) Lastre traslucide in vetro armato o in resine sintetiche, che permettono il passaggio della luce. Generalmente, esse sono costituite per il 70 % da resine sintetiche e per il restante 30% da fibre di vetro. Le lastre in vetro armato presentano lo svantaggio di facili rotture a causa dei differenti coefficienti di dilatazione termica del vetro e dei materiali costituenti tannatura. Quelle in resina resistono bene agli agenti atmosferici ed assicurano un discreto isolamento termico.

Anche la scelta degli *elementi per il tamponamento o la tramezzatura* di uno stabilimento industriale deriva da un compromesso ottimale tra esigenze economiche, funzionali, costruttive, di manutenzione, di isolamento termico-acustico, di resistenza al fuoco e altre.

Tra le tipologie di pareti perimetrali, di più corrente e vantaggioso impiego nelle industrie alimentari si ricordano:

- Le pareti tradizionali costruite con mattoni in laterizio (pieni e forati), in pomice, in conglomerati cementizi, in lapilli e simili; esse posseggono una elevata coibenza termica e sono prive di laschi infrastrutturali, resistono bene al fuoco soprattutto se rivestite con intonaci isolanti (sabbia-gesso, vermiculite-cemento, vermiculite-gesso). Sono molto resistenti agli agenti atmosferici e agli acidi, meno agli alcali.
- Le pareti costituite da elementi prefabbricati tra i quali: lastre di vetro armato, pannelli sandwich in lamiera grecata di acciaio zincato pre-verniciato con anima in polistirolo espanso o altro materiale isolante; lastre prefabbricate in cemento armato con e senza pannelli isolanti interposti; lastre prefabbricate in argilla espansa.

3.9. I PAVIMENTI INDUSTRIALI

Un pavimento industriale deve possedere i seguenti requisiti:

- buona resistenza agli urti e alle vibrazioni;
- basso costo dei materiali e facilità di posa in opera, di manutenzione, riparazione e pulizia;
- buon isolamento termico e acustico;
- impermeabilità;
- resistenza agli agenti chimici e all'abrasione;
- superficie antisdrucchiolevole.

Un pavimento che abbia contemporaneamente tutti questi requisiti è praticamente impossibile da realizzare, talché occorre effettuare scelte di compromesso a seconda delle esigenze e delle disponibilità economiche.

Nei pavimenti di locali destinati ad ospitare lavorazioni con particolari sostanze o materiali pericolosi e nocivi, non si effettuano giunzioni. Per i locali nei quali vi potrebbero essere sversamenti di sostanze putrescibili provenienti dalle lavorazioni, si impiegano pavimenti impermeabili con pendenze lievi (è sufficiente l'1 %) verso i canali di raccolta.

Per evitare che sostanze oleose possano essere causa di scivolamento e altri incidenti si ricorre a grigliati antisdrucchiolevoli.

I materiali utilizzati per la realizzazione dei pavimenti industriali possono essere, naturali e sintetici.

I tipi di pavimentazioni più frequentemente impiegati sono:

- a) Calcestruzzo in lastroni. Si realizza un pavimento che ha un basso costo, ma dà luogo a numerosi inconvenienti tra i quali: polverosità, scarsa resistenza all'abrasione, formazione di crepe e fessurazioni, assorbimento di grassi ed oli e difficoltà di ripristino in caso di danneggiamento. I giunti di dilatazione del pavimento sono costituiti da feltro o cartone bitumato. Non sono adatti ai locali dove avvengono produzioni alimentari.
- b) Calcestruzzo con trattamento superficiale indurente. Il trattamento, eseguito a fresco con inerti silicei o metallici, riduce in parte gli inconvenienti citati per il tipo precedente.
- c) Blocchetti di legno di pino; trattati con olio di antracene, questi sono uniti fra loro mediante chiodi ondulati e sono fissati su un letto di calcestruzzo mescolato a catrame di carbone fossile e pece morbida. Il maggiore vantaggio sta nel fatto che non si hanno rotture e altri danni in caso di cadute di utensili delicati e costosi. Poco adatti ai locali dove avvengono produzioni alimentari.
- d) Piastrelle di materiali vari, come il korodur, il klinker, l'asfalto compresso, l'asfalto feldspato, e simili. Tali materiali risultano essere antipolvere, antiurto, antiabrasivi. Le giunzioni vengono effettuate con malta pura di cemento.
- e) Piastrelle di acciaio. Si impiegano grandi lamiere bugnate o striate, in alternativa piastrelle di dimensioni minori in lamiera stampata. Siffatta pavimentazione presenta minima usura e alta resistenza agli urti, però teme gli ambienti umidi e gli agenti corrosivi, a meno che non si usi l'acciaio inox, che però ha un elevato costo.
- f) Piastrelle di gres. Tale pavimentazione è impiegata per locali ove sono frequenti i lavaggi, quindi mense, servizi igienici e lavorazioni alimentari. I van-

taggi del gres sono l'elevata resistenza meccanica e l'inattaccabilità da parte degli acidi.

- g) Piastrelle di PVC. Sono adatte per ambienti ove si svolge un traffico leggero e sono adatte alle lavorazioni alimentari, perché le piastrelle hanno un'alta resistenza all'abrasione e a varie sostanze, da quelle acide a quelle basiche. Il costo è elevato.
- h) Resine sintetiche: pvc, gomma, linoleum. Tali materiali sono impiegati in particolare negli uffici, ma possono essere utilizzati anche in locali destinati alle lavorazioni leggere e alle lavorazioni alimentari. La gomma è impiegata in locali di distribuzione dell'energia elettrica per il suo potere isolante. Il linoleum possiede spiccate caratteristiche di elasticità, di afonicità, di resistenza all'usura, di impermeabilità e viene utilizzato in reparti di montaggio e di lavorazioni fini, dove non è previsto traffico pesante.

3.10. SCALE, ASCENSORI E MONTACARICHI

Già si è detto che un fabbricato industriale a più piani presenta maggiori problemi per ciò che riguarda la sicurezza, rispetto ad un fabbricato mono piano.

Parte degli inconvenienti sono dovuti alla presenza di scale, ascensori e montacarichi, i cui vani, in caso di incendio, risultano essere degli ottimi camini naturali e facilitano la propagazione di fumo e fiamme verso i piani superiori.

Quindi la tromba delle scale ed il vano corsa degli ascensori e montacarichi devono essere isolati dagli altri ambienti dell'edificio a mezzo di strutture tagliafuoco aventi una resistenza al fuoco almeno REI 120.

Una buona soluzione, ove possibile, è quella di disporre le scale, gli ascensori e i montacarichi, eventualmente con i servizi igienici, all'esterno del corpo di fabbrica.

Gli ascensori devono rispondere ai requisiti di sicurezza previsti dal D.P.R. 30-4-1999 n. 162 e s.m.i. (Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 95/16/CE sugli ascensori e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi, nonché della relativa licenza di esercizio) e in ultimo dal D.P.R. 19-1-2015 n. 8 (Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 30 aprile 1999, n. 162 per chiudere la procedura di infrazione 2011/4064 ai fini della corretta applicazione della direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi nonché della relativa licenza di esercizio).

Nel caso in cui negli edifici si svolgano attività pericolose con impiego di liquidi infiammabili, il vano corsa deve essere a prova di fumo e le soglie delle porte devono essere rialzate per impedire trabocchi di liquidi nel vano corsa.

Le scale fisse devono essere costruite con materiali incombustibili e dimensionate per sopportare eventuali sovraccarichi derivanti da improvvisi e rapidi sffollamenti. Nel caso non siano esterne, esse devono essere del tipo a "prova di fumo", ovvero essere poste in un vano costituente un compartimento antincendio, avente accesso per ogni piano da uno spazio scoperto o da un

disimpegno aperto per almeno un lato su uno spazio scoperto dotato di parapetto a giorno. L'accesso avviene mediante porte di resistenza al fuoco dotate di maniglie antipanico.

3.11. ILLUMINAZIONE NATURALE DEGLI AMBIENTI DI LAVORO

Tra le esigenze umane, l'illuminazione naturale riveste vitale importanza sia per la funzione visiva, sia per le funzioni psicologiche e fisiologiche; pertanto essa deve essere debitamente considerata nella progettazione degli edifici, specie in quelli dove le persone permangono per gran parte del periodo lavorativo.

D'altra parte l'intensità d'illuminazione di un locale dipende dal tipo di lavoro che in esso si deve eseguire.

La quantità di luce necessaria per una buona visione dipende infatti:

- dalle caratteristiche e dalle dimensioni del fabbricato;
- dal contrasto tra particolare e fondo;
- dalla distanza di visione tra oggetto ed occhi dell'osservatore;
- dalla rapidità e precisione richiesta per lo svolgimento del compito lavorativo;
- dallo stato della vista dell'osservatore e dalla durata del suo impegno visivo.

Per assicurare un dato illuminamento⁸, le coperture e le pareti del fabbricato industriale devono garantire il richiesto "indice di luce diurna", detto anche "fattore luce giorno".

Questo indice, espresso in percentuale, è definito dal rapporto fra l'illuminamento L_i in un punto interno al locale (considerato all'altezza del piano di lavoro, a 1 m circa dal pavimento) e l'illuminamento L_e in un punto all'aperto in un giorno dell'anno particolarmente sfavorevole (mattinata invernale con cielo molto coperto), che si aggira intorno ad un valore di 3.000 lux.

Una cattiva illuminazione può essere causa di difettosità del prodotto, può ledere la salute degli addetti alla produzione, diminuirne il rendimento e provocare situazioni di rischio. D'altro canto è richiesta dalla normativa l'osservanza dei rapporti di luminanza raccomandati per il campo visivo, in quanto una sfavorevole ripartizione delle luminanze, con valori estremi eccessivamente differenti, provoca il fenomeno dell'abbagliamento. Questo fenomeno si distingue in "abbagliamento sgradevole", se provoca un semplice disturbo causato dalle condizioni visive non favorevoli, ed in "abbagliamento accecante", se non permette di distinguere gli oggetti. Può essere "diretto", se la sorgente luminosa è la causa diretta, o "per riflessione" se causato da superfici riflettenti.

Sono consigliate, all'interno di un ambiente, superfici matte e chiare, caratterizzate dai seguenti fattori di riflessione diffusa:

- 0,75-0,85 per soffitti;
- 0,60-0,70 per pareti adiacenti a sorgenti luminose;

⁸ L'illuminamento di un oggetto (misurato in lux) è dato dal rapporto tra il flusso luminoso (misurato in lumen) emesso da una sorgente luminosa che investe l'oggetto direttamente o per riflessione e la superficie dell'oggetto illuminato, esso quindi è riferito all'oggetto illuminato e non alla sorgente. [lux] = [lumen/mq].

- 0,40-0,50 per pareti lontane da sorgenti luminose;
- 0,20-0,30 per pavimenti;
- 0,40-0,50 per ripiani di tavoli da lavoro e basamenti di macchine.

L'illuminazione mediante luce naturale di un locale può ottenersi sfruttando l'irraggiamento diretto attraverso vetrate, finestre, porte, e simili, o mediante la riflessione su pareti esterne al locale o sulle pareti interne dello stesso.

Le forme di illuminazione di un luogo di lavoro possono ricondursi a tre: laterale; zenitale; mista.

Illuminazione laterale

Questa si ottiene direttamente dalle aperture praticate nelle pareti d'ambito dell'edificio. Rappresenta l'unico sistema di illuminazione naturale per gli edifici a più piani, ma ha l'inconveniente di una limitata penetrazione all'interno dei vani.

A seconda che le aperture siano su una o più pareti di uno stesso locale, l'illuminazione laterale viene definita:

- a) monolaterale o unilaterale;
- b) bilaterale;
- c) multilaterale.

Illuminazione monolaterale

L'efficienza illuminante di una apertura laterale è strettamente dipendente dalla sua superficie, la quale determina la quantità di luce entrante nel vano, dalla sua forma geometrica e dalla sua posizione, le quali definiscono la profondità di penetrazione e la distribuzione di luce entro il vano.

Si definisce *indice di superficie vetrata* il rapporto fra la superficie delle aperture translucide del locale e la superficie di pavimento del locale stesso.

Per quanto riguarda il posizionamento di una apertura su di una parete, a parità di superficie, più in alto essa si pone, tanto meglio viene illuminato il fondo degli ambienti e tanto più uniforme risulta l'illuminazione. Inoltre ad una apertura larga quanto la parete del vano, sono preferibili più aperture strette e di maggiore altezza, purché la larghezza delle zone di parete non vetrate sia minore o uguale ad 1/4 della larghezza occupata dalle aperture, per avere una uniformità d'illuminazione lungo la parete stessa.

Illuminazione bilaterale

Quando la profondità del vano è tale che venga superato il valore limite ottenuto dal rapporto tra la profondità del vano e l'altezza, rispetto al pavimento, dell'architrave dell'apertura (in regioni settentrionali più temperate tale limite viene assunto pari a 2-2,5, ma può arrivare anche a 3,4-3,5 in condizioni di cielo sereno), occorre ricorrere alla creazione di aperture su entrambi le pareti opposte del locale, realizzando l'illuminazione bilaterale.

È interessante prendere nota che una stessa distribuzione di illuminamento in un locale può essere realizzata con una minore superficie di apertura su entrambi le pareti rispetto ad una maggiore posta su un'unica parete.

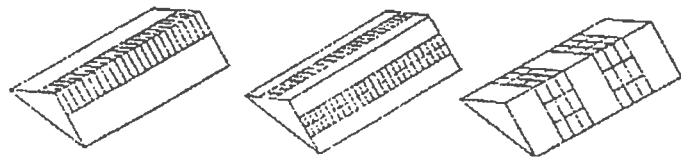


Fig. 3.8 - Coperture con fasce vetrate

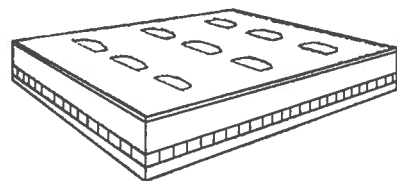


Fig. 3.9 - Coperture a pozzi.

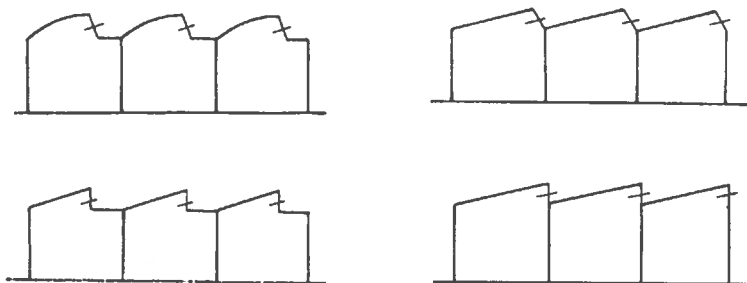


Fig. 3.10 - Coperture a sheds con prese di luce.

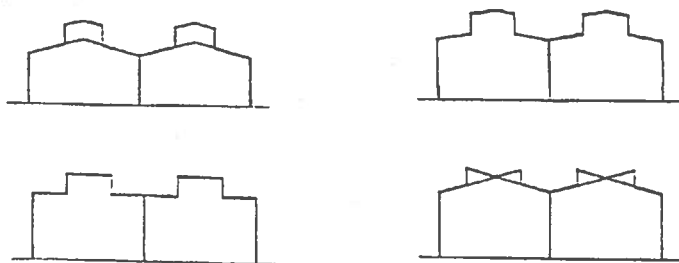


Fig. 3.11 - Lucernari simmetrici.

illuminazione multilaterale

Una siffatta illuminazione, realizzata ponendo aperture laterali su tutte le pareti, è una soluzione di scarsa validità, in quanto migliora solo debolmente la luminosità all'interno di un locale rispetto a quella conseguita mediante la soluzione bilaterale, viceversa aumenta i problemi dovuti all'abbagliamento, aggrava le condizioni delle dispersioni termiche ed aumenta i problemi dovuti all'inquinamento acustico.

illuminazione naturale zenitale

L'illuminazione di tipo zenitale, la più diffusa nelle industrie alimentari, si ottiene mediante aperture illuminanti poste in alto sulla copertura. Questa soluzione è raccomandata quando gli ambienti siano di grande estensione (sia in lunghezza che in larghezza) e tali che i valori di illuminamento da aperture laterali andrebbero mano a mano diminuendo al centro di essi. Questa illuminazione è possibile solo in edifici monopiano.

Con questo tipo di illuminazione, in genere, l'illuminamento non risulta uniforme, essendo la luce trasmessa da zone traslucide che siano alternate con altre opache, inoltre esso risulta massimo nella direzione perpendicolare alle superfici vetrate. È importante quindi disporre le aperture secondo un opportuno orientamento per impedire la penetrazione diretta dei raggi solari.

Comunque la migliore esposizione dipende dalle tipologie della copertura impiegata, tutte riconducibili a quella a cui si è già fatto cenno:

- a) coperture con fasce vetrate;
- b) coperture completamente traslucide;
- c) coperture a pozzi;
- d) coperture a sheds;
- e) coperture a lucernari.

illuminazione mista

Pur producendo un ottimo illuminamento orizzontale, i sistemi di illuminazione zenitale non risultano della stessa efficacia dei piani verticali. Sicché quando si vuole ottenere un soddisfacente illuminamento nelle zone cosiddette critiche o quando si voglia illuminare oggetti che non sono né verticali né orizzontali, occorre integrare l'illuminazione zenitale con quella laterale.

Con l'illuminazione mista si elimina l'inconveniente delle ombre portate, provenendo la luce da più direzioni.

3.12. ASPETTI LEGISLATIVI E SPECIFICI PER GLI STABILIMENTI ALIMENTARI

L'attuazione delle direttive comunitarie che regolano e vigilano sulla sicurezza ambientale nel rispetto delle direttive in materia di HACCP (Regolamento C.E. N 852/2004 del Parlamento Europeo) e di sicurezza sul lavoro (D. Lgs. 81/2008), prevede l'introduzione di norme igieniche sempre più severe ed il rispetto di elevati standard prestazionali dei rivestimenti applicati negli ambienti industriali di carattere alimentare.

I requisiti di igiene dettati dalle normative sulla sicurezza alimentare, raccomandano quindi l'impiego di specifici materiali per l'esecuzione dei rivestimenti nei locali di lavorazione e di confezionamento di alimenti e di bevande.

Alcuni dei settori interessati dalle suddette normative sono:

- l'industria conserviera;
- la lavorazione ittica;

- le attività di macellazione;
- la lavorazione delle carni;
- i pastifici;
- le torrefazioni;
- l'industria dedicata alla lavorazione e al confezionamento dello zucchero;
- le aziende vinicole;
- la produzione di bevande quali birra, succhi di frutta, bibite gassate;
- le aziende di imbottigliamento delle acque minerali;
- distribuzione e confezionamento anche al dettaglio;
- celle frigorifere.

3.13. NORMATIVE E PRESCRIZIONI PER GLI STABILIMENTI PER ALIMENTI DI ORIGINE ANIMALE

Il legislatore ha stabilito che gli stabilimenti di produzione di alimenti di origine animale possano operare solo se, oltre ai requisiti igienico-sanitari "di base" previsti dal Regolamento CE 852/2004, rispettano anche quelli aggiuntivi fissati dal Regolamento CE 853/2004.

Tale scelta è determinata dalla constatazione che questi alimenti possono presentare rischi specifici per la salute dei consumatori.

Pertanto le imprese che intendono attivare stabilimenti per la macellazione di animali, per la lavorazione delle carni, del latte o dei prodotti della pesca prima di iniziare l'attività devono ottenere il **riconoscimento** del possesso di tali requisiti che si traduce nell'emissione di un apposito decreto, nell'attribuzione di un codice identificativo univoco (bollo sanitario o marchio sanitario) e nell'inserimento in speciali elenchi dell'Unione Europea http://ec.europa.eu/food/food/biosafety/establishments/list_en.htm

Il RICONOSCIMENTO degli stabilimenti consente alle imprese di poter commercializzare all'ingrosso alimenti di origine animale, anche verso altri Paesi dell'Unione Europea o Paesi Terzi.

Il bollo sanitario (o marchio sanitario a seconda dei casi) deve obbligatoriamente contrassegnare i prodotti dal momento in cui si considerano "finiti" e durante tutte le fasi di commercializzazione.

Analogamente, eventuali successive modifiche di tipologia produttiva o impiantistica che si intendono apportare a stabilimenti già riconosciuti devono essere preventivamente approvate dal Servizio Veterinario che provvede, ove necessario, a rilasciare un decreto di riconoscimento aggiornato. Anche le variazioni di titolarità degli stabilimenti devono essere comunicate.

Sono esclusi dall'obbligo di riconoscimento e devono ottenere la sola registrazione ai sensi del Reg. 852/04 le strutture utilizzate per:

- il commercio al dettaglio, inteso come movimentazione e/o trasformazione degli alimenti ed il loro stoccaggio nei punti di vendita diretta al consumatore finale;
- le attività all'ingrosso che si limitano ad operazioni di trasporto o di magaz-

zinaggio di prodotti di origine animale (esclusa la frigo-conservazione di alimenti non confezionati).

La procedura invece, nel caso siano incluse, è articolata e prevede una serie di passaggi obbligati:

- l'inoltro da parte dell'impresa al Servizio Veterinario competente della domanda con la relativa documentazione;
- la verifica ad opera del Servizio Veterinario della corrispondenza dello stabilimento alla normativa sanitaria per gli aspetti strutturali ed impiantistici (rif. Regolamento CE 852/04 e Regolamento CE 853/04);
- nel caso di sopralluogo con esito favorevole si procede all'emissione del *decreto di riconoscimento condizionato* con attribuzione dell'approval number e l'attività può provvisoriamente iniziare; il decreto condizionato ha validità di 90 giorni ed è prorogabile una sola volta per altri 90 giorni;
- il rilascio del *riconoscimento definitivo* avviene solo a seguito di una speciale verifica (audit) incentrata sulla valutazione della corretta gestione igienica e dell'applicazione del sistema HACCP.

L'eventuale esito insoddisfacente dell'audit comporta la necessità di una sua ripetizione; il perdurare delle non conformità determina la decadenza del riconoscimento condizionato e la cessazione dell'attività dello stabilimento.

3.14. BIBLIOGRAFIA

- Comba L., Belforte G. and Gay P. (2013), Plant Layout and Pick-and-place Strategies for Improving Performances in Secondary Packaging Plants of Food Products. Packag. Technol. Sci., 26: 339-354. doi:10.1002/pts.1984.
- D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 - Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106 (rev giugno 2016).
- DPR 19 gennaio 2015, n. 8. (2015) - Regolamento recante modifiche al DPR 30 aprile 1999, n. 162 per chiudere la procedura di infrazione 2011/4064 ai fini della corretta applicazione della direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori.
- Monte Armando, (2010). Elementi di impianti industriali vol.1, Editore: Cortina (Torino) ISBN: 8882391442.
- Monte Armando, (2010). Elementi di impianti industriali vol.2, Editore: Cortina (Torino) ISBN: 8882391450.
- Ojaghi Yosra, Khademi Alireza, Yusof Noordin Mohd, Renani Nafiseh Ghorbani, Hassan Syed Ahmad Helmi bin Syed, (2015). Production Layout Optimization for Small and Medium Scale Food Industry, Procedia CIRP, Volume 26:247-251, ISSN 2212-8271.
- Rizzo Roberto, (2006). Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande, VI "Igiene, qualità e sicurezza nella produzione delle acque minerali e delle bevande". Chiriotti Editore, Pinerolo (TO)
- Singh S.P. and Singh V.K. (2010) An improved heuristic approach for multi-objective facility layout problem. International Journal Of Production Research Vol. 48, (4): 1171-1194.
- Tompkins James A., White John A., Bozer Yavuz A., Tanchoco J. M. A. (2010). Facilities Planning, 4th Edition February 2010, Wiley ISBN : 978-0-470-44404-7.
- USL Bassano Riconoscimento degli stabilimenti di produzione di alimenti di origine animale, disponibile al 12 maggio 2017 al sito: <http://www.aslbassano.it/index.php?p=riconoscimento-degli-stabilimenti-di-produzione-di-alimenti-di-origine-animale>.

**MATERIE, PRODOTTI E TECNICHE DI CORRENTE IMPIEGO
NELLE INDUSTRIE ALIMENTARI**

- ▶ L'Acqua
- ▶ I Liquidi di governo. Le bevande. Gli sciroppi.
- ▶ Il Trattamento igienico dei contenitori.
- ▶ Lavatrici. Sciacquatrici. Sterilizzatrici.

*La disciplina, la buona tecnica
e un tocco di genialità
vi garantiranno il successo, ...forse.
La loro mancanza vi assicurerà
l'insuccesso, ...certamente.*

R.R.

L'Acqua è l'elemento
e questo è l'origine.

Talete di Mileto
(624-546 a.C.)

* * *

Nulla al mondo è più duttile e fragile dell'acqua.
Eppure, per attaccare ciò che è duro e forte
nulla la sorpassa, nessuno l'eguaglia.
Che il debole vinca la forza, che il duttile vinca il duro,
tutti lo sanno ma nessuno
mette questo sapere in pratica.

Laozi

L'ACQUA

4.1. CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E CHIMICO-FISICHE

Una possibile definizione completa e omnicomprensiva dell'acqua è:

Acqua : vita vivente

L'uomo è costituito per l'80% c.a. di Acqua; l'ambiente nel quale si muove, agisce, si nutre e sopravvive è costituito e regolato dall'acqua; l'acqua infine pervade nel profondo la spiritualità del nostro mondo.

L'acqua come materia è un composto tra i più semplici esistenti in natura; il suo stato fisico, alle condizioni di temperatura e pressione ambiente, è liquido, ma al di fuori di strettissime finestre fissate dal binomio temperatura pressione essa passa allo stato solido o di vapore ed è caratterizzata da ben precisati parametri fisici, chimici e chimico-fisici di seguito richiamati.

4.1.1. Parametri fisici dell'acqua

Il peso specifico

Indicati con la lettera greca γ il peso specifico e con g il peso dell'unità di volume del liquido considerato, si ha:

$$\gamma = \frac{G}{W} \quad [\text{N/m}^3] \quad (4,1)$$

dove:

- G = peso del liquido [N]

- W = volume del liquido [m^3].

Il peso specifico è una grandezza dimensionale il cui valore numerico dipende dall'unità di misura adottata.

Per l'acqua alla temperatura di 4 °C si ha:

$$\gamma = 9.807 \text{ N/m}^3 = 1.000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g}_f / \text{cm}^3$$

Si definisce *massa specifica* o *densità* ρ la massa dell'unità di volume del liquido considerato, vale a dire:

$$\rho = \frac{M}{W} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (4,2)$$

nella quale M è la massa del volume W del liquido.

È facile trovare la relazione esistente tra il peso specifico γ e la massa specifica ρ , se si tiene conto del fatto che:

$$\rho = \frac{G}{gW} = \frac{\gamma}{g} \quad (4,3)$$

Nel caso in cui il liquido non sia omogeneo, le formule (4,1) e (4,2) forniscono il valore medio del peso e della massa specifica.

Per determinare il valore reale di γ e di ρ in un determinato punto, bisogna considerare un volume che tende a zero attorno a questo punto e ricercare il limite del rapporto corrispondente.

La comprimibilità

La comprimibilità è la possibilità che ha un liquido di cambiare il proprio volume sotto l'azione di una pressione. È caratterizzata da un coefficiente di comprimibilità β_p , che è la variazione relativa del volume rapportata all'unità di pressione:

$$\beta_p = -\frac{1}{W} \frac{dW}{dp} \left[\frac{1}{Pa} \right] \quad (4,4)$$

Il segno meno nella formula sta ad indicare che all'aumento della pressione p , corrisponde una diminuzione del volume W .

La grandezza inversa del coefficiente β_p è il coefficiente di elasticità K .

$$K = \rho \frac{dp}{d\rho} \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \quad (4,5)$$

Per i liquidi, il coefficiente di elasticità K aumenta un poco con la temperatura e la pressione. Così, per esempio, per l'acqua, esso varia da

- $K = 18.900 \text{ bar}$ per $t = 0^\circ\text{C}$ e $p = 5 \text{ bar}$, fino a
- $K = 22.170 \text{ bar}$ per $t = 20^\circ\text{C}$ e $p = 5 \text{ bar}$
- in media, esso può essere considerato pari a 20.000 bar .

Di conseguenza, in caso di aumento della pressione di 1 bar , un volume di acqua diminuisce di $1/20.000$ del suo valore iniziale, che è una quantità trascurabile, ma non insensibile in particolari condizioni. L'ordine di grandezza del coefficiente di elasticità degli altri liquidi è lo stesso dell'acqua.

Per questa ragione i liquidi, nella maggioranza dei casi pratici, possono essere considerati incomprimibili, vale a dire il loro peso specifico γ può essere ritenuto indipendente dalla pressione.

La dilatazione termica

Essa è caratterizzata dal *coefficiente di dilatazione termica* β_t , che esprime la variazione relativa di volume corrispondente all'aumento di temperatura di 1°C , ossia:

$$\beta_t = \frac{1}{W} \frac{dW}{dt} \quad (4,6)$$

Per l'acqua il coefficiente aumenta con la pressione e la temperatura; esso passa da

$$\begin{array}{ll} 14 \times 10^{-6} & \text{a } 0^\circ\text{C e } 1 \text{ bar a} \\ 700 \times 10^{-6} & \text{a } 100^\circ\text{C e } 100 \text{ bar.} \end{array}$$

A titolo di riferimento, vale la pena di ricordare che per i prodotti petroliferi, il coefficiente β_t è $1,5 \div 2$ volte più grande che per l'acqua.

La resistenza a trazione

Essa è molto piccola nei liquidi, talché per "rompere" l'acqua è sufficiente creare una tensione di $0,00036 \text{ bar}$, questo valore diminuisce ulteriormente man mano che la temperatura aumenta.

Sulla superficie dei liquidi agiscono delle forze di tensione superficiale che tendono a dare al liquido una forma sferica e che creano una pressione supplementare al suo intorno.

Nei tubi di piccolo diametro, questa pressione supplementare provoca l'innalzamento o l'abbassamento del liquido rispetto al suo livello normale; questo fenomeno è chiamato *capillarità*.

L'altezza di risalita del liquido h all'interno di un tubo di vetro di diametro d può essere determinato con la formula:

$$h = \frac{k}{d} \quad [\text{mm}] \quad (4,7)$$

dove k ha i seguenti valori in mm^2 : per l'acqua $+30$, per il mercurio -40 e per l'alcool -12 .

La viscosità

La viscosità di un liquido costituisce una resistenza alla deformazione, ossia allo scorrimento relativo delle sue superfici.

La viscosità è la proprietà inversa della fluidità; i liquidi più viscosi (la glicerina, gli oli lubrificanti e simili) sono quelli meno fluidi e viceversa.

La velocità di movimento dello strato v diminuisce con la distanza dalla parete fino a $v = 0$ quando $y = 0$, poiché fra gli strati si sviluppa uno slittamento relativo, donde l'apparizione di forze tangenziali dette *forze di scorrimento*.

Le forze tangenziali τ nei liquidi dipendono dalla sua natura e dal carattere del suo scorrimento (Newton - Petrov).

Il valore di queste forze, nel caso di uno scorrimento laminare, è proporzionale al gradiente normale della velocità, ovvero:

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \left[\frac{kg}{m^2} \right] \quad (4,8)$$

dove:

- μ è il coefficiente di viscosità dinamica del liquido,
- dv è la variazione della velocità corrispondente alla variazione della coordinata dy (fig. 4.1).

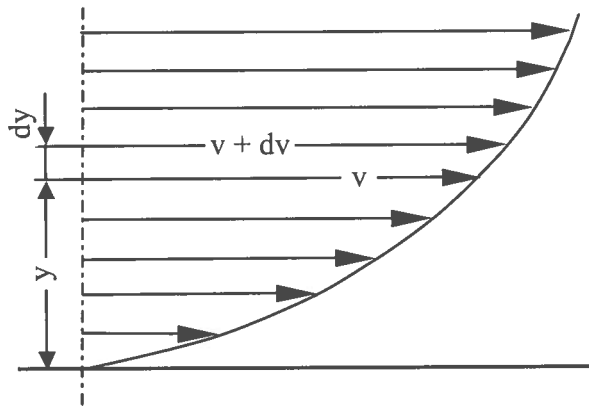


Fig. 4.1 - Profilo delle velocità nel caso dello scorrimento di un liquido viscoso lungo una parete.

Il gradiente normale della velocità dv/dy dà la variazione della velocità rapportata all'unità di lunghezza nella direzione y e, per questo, caratterizza l'intensità dello scorrimento relativo degli strati liquidi a una data coordinata.

Nel caso in cui la tensione tangenziale agente sulla superficie S sia costante, la forza tangenziale totale (*forza di scorrimento*) che agisce su questa superficie è,

$$F = \mu \frac{dv}{dy} S. \quad (4,9)$$

Per determinare la dimensione del coefficiente di viscosità, si risolve l'equazione (4,8) rispetto a μ , che dà:

$$\mu = \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} \left[\frac{kg \cdot s}{m^2} \right] \quad (4,10)$$

L'unità di misura della viscosità è il $Pa \cdot s$, ma viene utilizzato nella pratica industriale anche il *poise*:

$$1 \text{ poise} = 1 \text{ dyne} \cdot s / \text{cm}^2. \quad (4,11)$$

Poiché 1 dyne è pari a 10^{-5} N e $1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$

$$1 \text{ poise} = \frac{1}{10} [Pa \cdot s]. \quad (4,12)$$

La viscosità cinematica

Oltre al coefficiente di viscosità dinamica si utilizza anche il *coefficiente di viscosità cinematica* ν , che è il rapporto di μ rispetto alla massa specifica

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \left[\frac{m^2}{s} \right]. \quad (4,13)$$

Come unità di misura del coefficiente di viscosità cinematica si usa correntemente lo Stokes.

$$1 \text{ Stokes} = 1 \text{ cm}^2 / \text{s} \quad (4,14)$$

L'assenza della dimensione forza (kg) nella dimensione di questa grandezza è la causa per la quale la si chiama coefficiente di viscosità cinematica.

La viscosità dei liquidi dipende in gran parte dalla loro temperatura e diminuisce con l'aumento di quest'ultima (fig. 4.2).

Per quanto concerne i gas, la loro viscosità al contrario aumenta con la temperatura; questo si spiega con la differente natura della viscosità dei liquidi e dei gas.

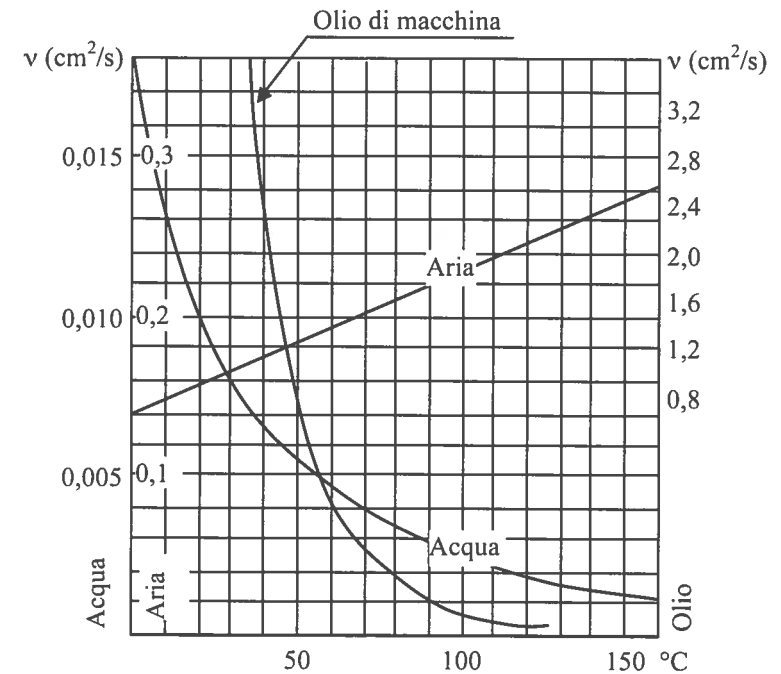


Fig. 4.2 - Variazione del coefficiente di viscosità ν in funzione della temperatura.

4.2. LE ACQUE NATURALI

L'acqua è essenziale all'esistenza del genere umano. Infatti per i suoi elevati poteri di solvente, di ionizzazione, di catalizzazione, per l'alto calore specifico, l'elevata capacità termica e altre peculiari caratteristiche chimiche, l'acqua presiede ad un elevatissimo numero di processi meccanici, chimici, chimico-fisici, enzimatici e metabolici necessari alla sopravvivenza biologica.

Le acque naturali possono essere classificate come in fig. 4.3.

Le acque igienicamente sicure sono quelle provenienti da *falde relativamente profonde*, o *acque telluriche profonde*, in quanto filtrate, depurate e protette dal suolo. Esse sono in genere dotate di una certa mineralizzazione e hanno temperatura sufficientemente fresca e costante.

Tali acque sono rare, scarse e insufficienti a sopperire ai crescenti bisogni idrici dei grossi centri urbani e delle molte industrie di processo.

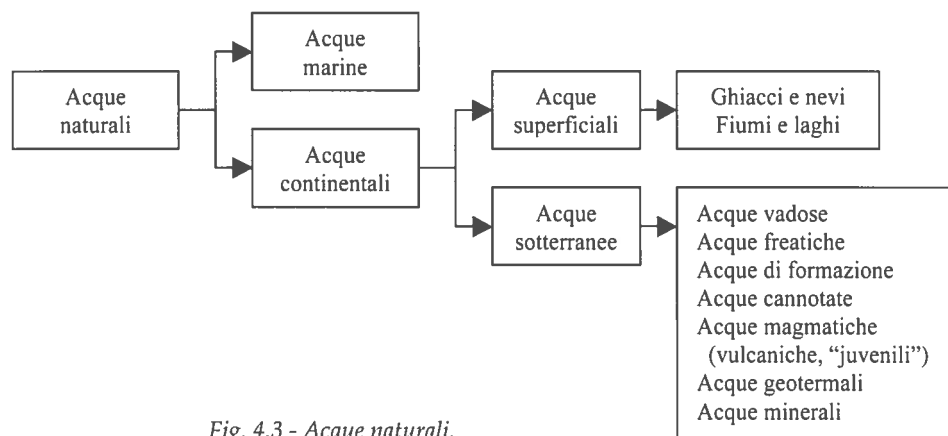


Fig. 4.3 - Acque naturali.

A lungo si è attinto alle acque delle falde superficiali o freatiche: esse sono ottime, se il letto della falda è profondo ed i terreni sovrastanti compatti; ma spesso sono insicure e mutevoli nelle loro caratteristiche.

Tuttavia nemmeno le falde freatiche più abbondanti sono sufficienti a coprire i fabbisogni degli elevatissimi consumi pro capite attualmente necessari, per cui si deve far ricorso spesso ad acque di superficie e a dissalazione dell'acqua marina e delle acque salmastre.

Potabilità delle acque

Un'acqua potabile per essere ben accetta deve presentare le caratteristiche organolettiche che seguono:

- ✓ **Fresca:** con temperatura che dia una sensazione gradevole di refrigerio. Tale temperatura dipende dalla temperatura esterna. Una temperatura di 5-15 °C è considerata ottimale per l'assunzione umana.
- ✓ **Limpida:** la limpidezza è garanzia dei buoni requisiti igienici; (no torbidità @ no residui).
- ✓ **Incolore:** tuttavia una colorazione più o meno accentuata può essere ammessa per acque medicamentose.
- ✓ **Inodore:** anche dopo alcalinizzazione o riscaldamento.
- ✓ **Di sapore gradevole:** sapore *sui generis* in contrasto con le insapori acque piovane o distillate. Il sapore dipende molto dalla composizione degli strati rocciosi attraversati.

La struttura dell'acqua

Le acque potabili in genere e le acque minerali in particolare, sebbene siano da considerarsi matrici a bassa complessità, devono essere viste come un insieme chimico composito, in cui gli ioni metallici danno origine, per interazione con altre specie chimiche presenti in soluzione, alla formazione di composti di coordinazione.

L'acqua è quindi un *liquido complesso* comprendente:

- ✓ Elementi di massa
- ✓ Microelementi
- ✓ Elementi in traccia
- ✓ Isotopi di molti elementi
- ✓ Speciazione degli ioni
- ✓ Sostanze organiche
- ✓ Gas di origine atmosferica e tellurica

4.3. LE ACQUE MINERALI

Le acque minerali, così dette con riferimento agli effetti fisiologici, è bene che siano distinte in

- Acque da bibita giornaliera (da tavola).
- Acque dietetiche.
- Acque medicinali (medicamentose).

Le acque da tavola

- Devono rispondere a tutti i requisiti delle buone acque potabili, senza essere sottoposte ad alcun tipo di trattamento chimico, fisico o biologico.
- Devono essere preferibilmente di falda profonda ed essere connotate da buone caratteristiche organolettiche e di tollerabilità fisiologica.
- Per esse sono consentite deferrizzazione e aggiunta di CO₂.

Le acque dietetiche

- Sono di origine vadosa.
- Non possono essere considerate acque potabili, perché il loro residuo spesso non rientra nei limiti fissati.
- Risultano capaci di svolgere effetti biologici particolari.
- Non è raccomandabile un loro uso indiscriminato.

Le acque medicinali (medicamentose)

- Anche dopo prolungata conservazione rivelano notevoli effetti biologici.
- Possono essere utilizzate a scopi terapeutici previa indicazioni e modalità di impiego.
- Devono essere confezionate allo stato naturale.
- In etichetta devono essere qualificate come acque medicinali.
- Sono assoggettate a controlli dell'autorità sanitaria.

Parametri di valutazione delle acque

Residuo fisso a 110°C, a 180°C, ed al rosso scuro

È la misura della concentrazione salina, evaporando in capsula tarata 250-500cc di acqua fino a secchezza, poi il residuo:

- Si porta in stufa a secco a 110°C
- Si riporta in stufa a 180°C
- Si può infine riscaldare la capsula al rosso scuro (650-700°C).

I risultati si esprimono in grammi per litro d'acqua. Nella misura della salinità dell'acqua, possono insorgere problemi con i sali di magnesio; la misura del residuo fisso può essere fatta indirettamente attraverso la misura della conducibilità elettrica.

La durezza

Essa è espressa di solito in gradi francesi, ossia 1°F=10mg di CaCO₃ per litro.

La Durezza totale è la totalità di sali di calcio e magnesio contenuti nell'acqua (<35° francesi).

La Durezza permanente, rappresenta il residuo dell'acqua dopo ebollizione per 30 minuti e poi raffreddata (<11° francesi).

La Durezza temporanea, per differenza delle precedenti. Per molte esigenze tecnologiche è la durezza non gradita (<24° francesi).

L'alcalinità

È espressa in ml HCl N/10 consumati per litro.

Rappresenta la quantità di acido carbonico combinato presente in un litro d'acqua alla sorgente.

• È possibile ricavare le quantità approssimative di ione carbonico, acido carbonico combinato e semicombinato.

Il grado idrocarbometrico (mg HCO₃ presenti in un litro di acqua).

Le sostanze organiche (g di O₂ consumato per litro).

4.3.1. Classi delle acque minerali

La suddivisione delle classi è determinata dall'anione o dagli anioni predominanti. Si hanno quindi le **Classi** delle:

- **Acque clorurate o saline**
- **Acque solfate**
- **Acque bicarbonate**

Ognuna di esse può avere sotto sezioni:

- ✓ Acque clorurate-solfate
- ✓ Acque solfate-bicarbonate....
- ✓ etc...

Sottoclassi:

- ✓ Sodiche-alcaline
- ✓ Calciche
- ✓ Magnesiache

Classificazione per residuo fisso

Una suddivisione può essere fatta anche in base al residuo fisso a 180°C:

1. **Acque oligominerali** (<0,50 g/litro)
 - Prevalentemente fredde, bicarbonate, carboniche e con effetti diuretici
 - Impiegate spesso per bibite, sciroppi e liquidi di governo
2. **Acque mediominerali** (0,51-1,00 g/litro)
 - Impiegate spesso per bibite
 - Possono essere acque dietetiche e da tavola
3. **Acque minerali p.d.** (>1,00 g/litro)
 - Acque a temperatura, composizione, concentrazione e azioni biologiche assai varie
 - ✓ Ipotoniche (<300 mmoli/litro)
 - ✓ Isotoniche (301-315 mmoli/litro)
 - ✓ Ipertoniche (>315 mmoli/litro)

Cenni di idrologia e idrogeologia

L'**Idrologia** è la scienza che studia l'acqua nei suoi aspetti scientifici, tecnici e applicativi. Essa si distingue secondo le branche rappresentate in **fig. 4.4**.

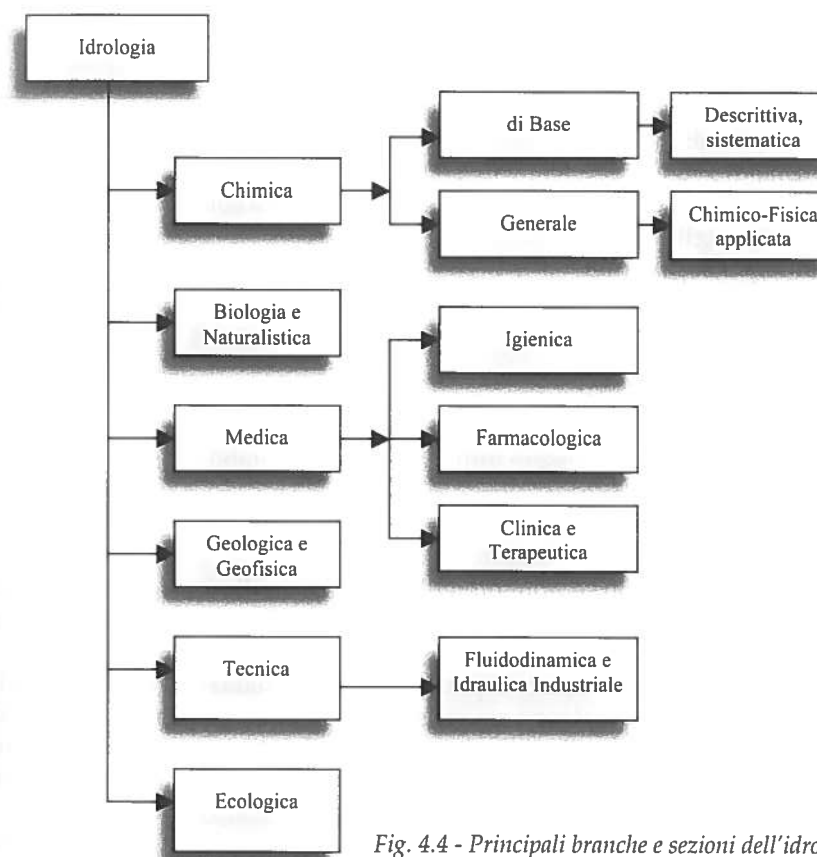


Fig. 4.4 - Principali branche e sezioni dell'idrologia.

Idrogeologia e crenologia

Con riferimento alla idrologia e alla tipologia delle sorgenti, le acque possono essere distinte in:

Acque pregeologiche

Acque endogene (Plutoniche, Juvenili, Vergini)

- ✓ Di sintesi
- ✓ Di condensazione
- ✓ Di distillazione o metamorfiche

Acque esogene

- ✓ Meteoriche p.d.
- ✓ Superficiali
- ✓ Sotterranee
- ✓ Di fondo o fisse

Acque fossili

- ✓ Di origine marina o lagunare

Sintesi del ciclo dell'acqua

Concettualmente tutte le acque piovane intervengono nel "ciclo dell'acqua", sinteticamente rappresentato in fig. 4.5.

Le acque piovane si distribuiscono tra:

- Utilizzo della vegetazione (36%)
- Acque telluriche (14%)
- Acque superficiali (38%)
- Suolo (12%)

Delle acque telluriche e superficiali l'uomo utilizza solo una minima parte:

- 3% dalle acque telluriche
- 4% dalle acque superficiali

Il ciclo si conclude con l'evaporazione delle acque superficiali, di quelle provenienti dal suolo e dalla vegetazione.

4.4. LA CAPTAZIONE DELLE ACQUE AD USO POTABILE

Le acque che possono essere utilizzate a scopo potabile sono:

- acque meteoriche,
- acque di superficie,
- acque telluriche, superficiali o profonde.

Evidentemente sono sempre preferibili dal punto di vista igienico le acque telluriche profonde, perché sottoposte ad una lunga depurazione naturale, restando protette dagli inquinamenti.

Tuttavia la loro utilizzazione per l'approvvigionamento urbano o industriale non è sempre economicamente possibile; pertanto si ricorre alle acque superficiali e, in qualche caso, alle acque meteoriche, che debbono però essere sanificate prima di essere utilizzate¹.

¹ Cfr. Mario Talenti. 1970. Idrologia generale e crenologia. Mario Bulzoni Editore. Roma.

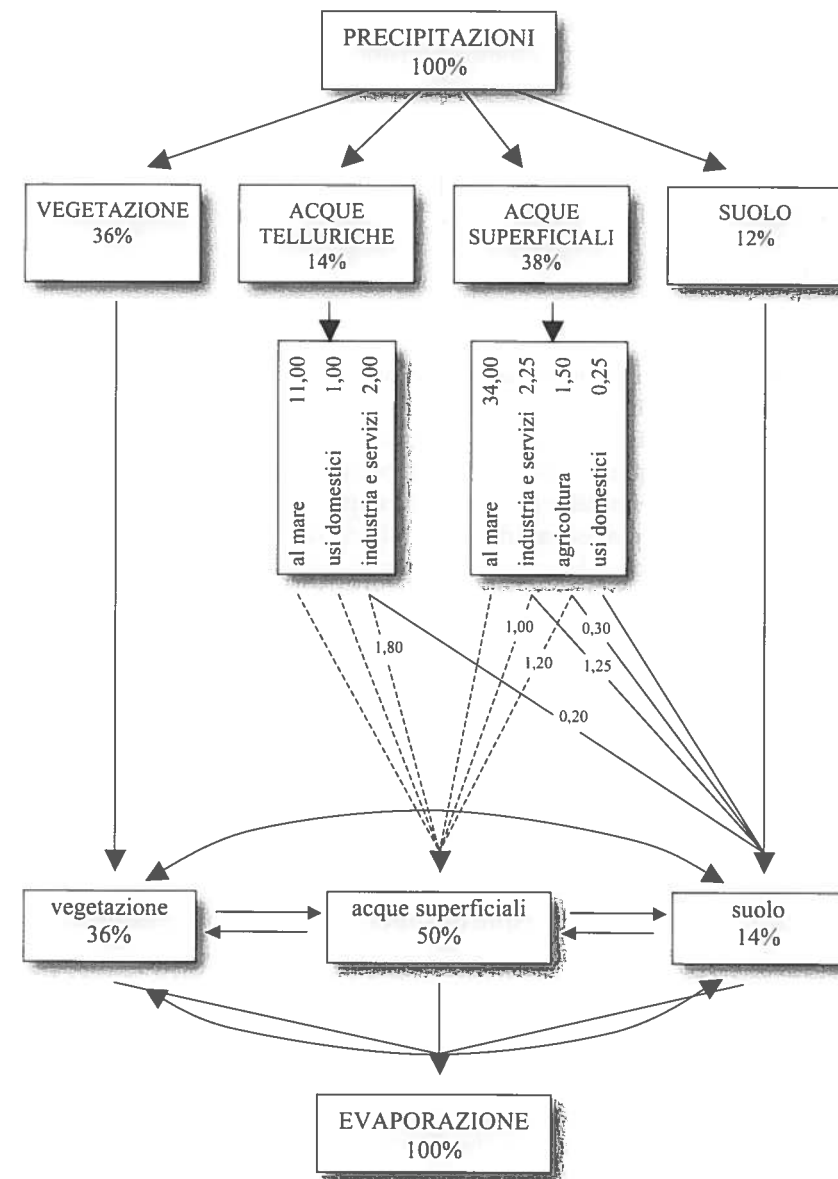


Fig. 4.5 - Sintesi del ciclo dell'acqua.

Le acque meteoriche sono originariamente pure, perché naturalmente distillate, ma durante la loro precipitazione esse operano un lavaggio dell'atmosfera, che nel mentre produce un "lavaggio" dell'aria, carica l'acqua di pulviscolo minerale ed organico, nonché di microbi e di gas.

La raccolta di queste acque viene fatta utilizzando i tetti delle case o appositi piani di raccolta, cercando di mantenere più puliti possibile le aree di raccol-

ta, escludendo dallo stoccaggio in cisterna o serbatoio le "prime" acque piovane, a mezzo di particolari dispositivi chiamati *separatori delle prime acque*. In ogni caso essendo la purezza delle acque così raccolte sempre dubbia, è opportuno provvedere le cisterne di sistemi di depurazione.

Il calcolo della estensione della superficie di raccolta e della capacità delle cisterne è basato sulla conoscenza del regime pluviometrico della regione, e può essere fatto utilizzando la formula:

$$S = \frac{Q}{0,7H} \quad (4,15)$$

dove:

- S è il valore della superficie di raccolta in m²,
- Q è il fabbisogno annuo d'acqua in m³,
- H è l'altezza annua della pioggia locale in metri,
- 0,7 è un coefficiente, generalmente valido per le regioni temperate, per mezzo del quale si tiene conto delle perdite per evaporazione, assorbimento, deviazione delle prime acque, e simili².

Il più delle volte però le superfici disponibili per la raccolta (tetti e terrazzi) sono molto ridotte e tali da permettere un rifornimento idrico del tutto inadeguato ai bisogni.

In particolari condizioni ambientali, per esempio deserti rocciosi, si può ricorrere, per ottenere modesti quantitativi di acqua, anche alla condensazione dell'umidità atmosferica, profittando del fatto che nelle ore notturne in dette regioni si ha una forte diminuzione di temperatura, talché aumenta sensibilmente l'umidità relativa dell'aria: disponendo pertanto di un'adatta superficie di condensazione si può convogliare in serbatoi termicamente isolati l'acqua a mano a mano che si forma.

Con la denominazione di **acque di superficie** si designano essenzialmente le acque dei fiumi, dei laghi e di altri corpi idrici superficiali.

Le acque dei fiumi prendono origine da sorgenti montane o da ghiacciai³, nonché dalla confluenza di acque meteoriche. Non così dal punto di vista batteriologico, giacché è evidente come tali acque debbano necessariamente portare l'impronta di un inquinamento superficiale, che diviene talvolta imponente soprattutto a valle di zone antropizzate, e che il *processo di autodepurazione* non basta a

² La precipitazione media annua di acque meteoriche, sotto varia forma, in Italia si valuta intorno a 1.200 mm, assai disomogeneamente distribuiti nelle varie regioni: essa è, ad esempio, 475 mm a Catania, 824 a Napoli, 1.307 a Genova, 760 a Roma, 917 a Firenze, 1.000 a Milano, 434 a Cagliari (la città meno piovosa), e così via.

³ La neve che si accumula nei bacini montani situati ad un'altitudine superiore al limite delle nevi perpetue, non aumenta indefinitamente in altezza, ma a poco a poco si consolida, si incanala per le valli e costituisce quegli imponenti bacini di acqua allo stato solido che si chiamano ghiacciai. Tali ghiacciai si spostano continuamente, soprattutto per gravità e per i fenomeni di rigelo nel senso della loro pendenza, comportandosi in maniera del tutto analoga ad un fiume.

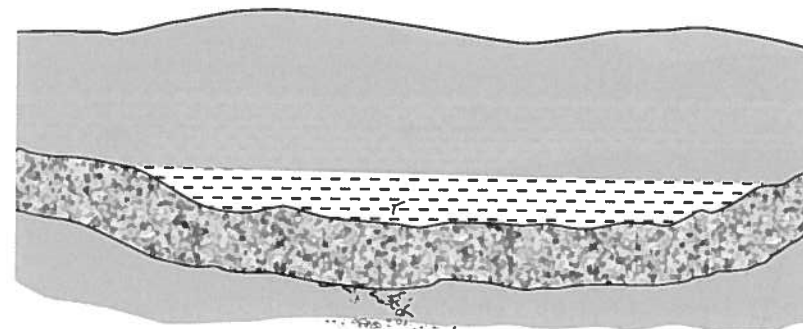


Fig. 4.6 - Rappresentazione schematica di una falda acquica superficiale statica, raccolta sopra uno strato impermeabile concavo.

correggere completamente⁴. Volendo utilizzare queste acque a scopo potabile, si dovrà pertanto ricorrere ad appropriate operazioni di sanificazione e di bonifica⁵.

Le acque dei laghi poco profondi e con densa popolazione rivierasca possono essere considerate, sotto l'aspetto igienico, alla stregua dei fiumi. I laghi molto vasti e profondi possono fornire acqua relativamente pura, qualora questa venga captata a distanza ragguardevole dalle sponde e ad opportuna profondità. Si tratta pur sempre però di acque superficiali, non del tutto garantite da contaminazioni esterne; quindi per maggiore sicurezza, devono essere sottoposte a procedimenti di depurazione e sanificazione.

Queste considerazioni valgono naturalmente anche per le acque dei bacini di sbarramento, che raccolgono acque meteoriche superficiali soprattutto per scopi idroelettrici.

Le **acque telluriche** hanno una composizione e un grado di purezza che varia a seconda della costituzione fisico-mineralogica-geologica del terreno e delle modalità, della durata, della temperatura e della pressione con le quali avviene il contatto con il suolo e il sottosuolo.

I terreni permeabili (cioè i terreni sciolti di tipo sabbioso) si lasciano facilmente infiltrare dalle acque, le quali discendono più o meno sinuosamente, per forza di gravità, attraverso le fenditure fino ad incontrare un piano impermeabile. Si formano così delle raccolte di acqua sotterranee, che costituiscono le falde o nappes, che possono essere statiche (a guisa di laghi) (fig. 4.6) o dinamiche (a guisa di fiume).

⁴ Con il termine autodepurazione delle acque si designa quel complesso fenomeno per cui un'acqua riesce a liberarsi naturalmente, in maniera più o meno completa, delle proprie impurezze, specialmente dal punto di vista biologico.

Il fenomeno è piuttosto complesso, e mette in gioco fattori sia fisici sia meccanici sia biochimici. Interviene in modo particolare: l'azione dell'ossigeno sciolto nell'acqua, a mano a mano che esso viene assorbito dalle sostanze organiche; la concorrenza vitale dei germi, per cui i più resistenti (saprofiti) distruggono i meno resistenti (come i patogeni non abituati all'ambiente esterno); la sedimentazione spontanea; l'azione dei raggi solari. Cfr. Vol. I. Capitolo VIII dell'opera "Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande", Roberto Rizzo, Chiriotti Editori, 2005.

⁵ Cfr. Vol. II. Capitolo V "Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande", Roberto Rizzo, Chiriotti Editori, 2005.

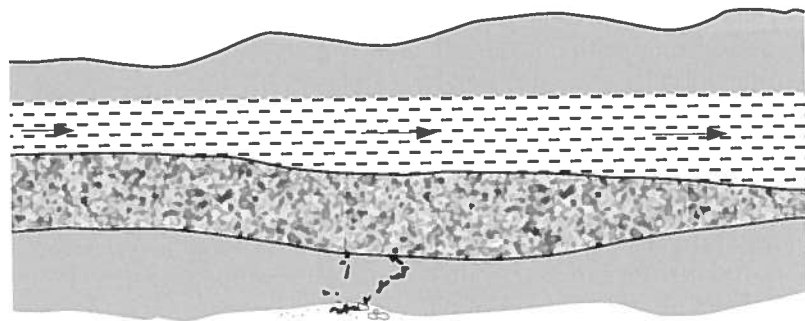


Fig. 4.7 - Rappresentazione schematica di una falda acquica superficiale dinamica, che scorre sopra uno strato impermeabile inclinato.

mi) (fig. 4.7), a seconda che formino raccolte di acqua su strati impermeabili orizzontali o concavi, oppure su strati impermeabili inclinati, sui quali le acque possano scorrere.

Gli strati impermeabili più caratteristici sono costituiti da grandi banchi di argilla, o rocce impermeabili all'acqua. Tali strati impermeabili sono naturalmente indefiniti; essi possono tuttavia presentare interruzioni o fratture che permettono alle falde acquifere di proseguire ulteriormente nella discesa verticale. Tale discesa avviene fino all'incontro di un secondo strato impermeabile, sul quale si rinnovano gli stessi movimenti già avvenuti sul primo; e così di seguito, fino a che l'acqua raggiunge un ultimo strato impermeabile che ne arresta definitivamente la discesa.

Tutte le acque telluriche presenti al di sopra del primo strato impermeabile, vengono considerate *acque superficiali*; tali acque non presentano garanzie igieniche, in quanto possono venire facilmente in contatto con i prodotti di rifiuto antropico o della vita animale o vegetale che si svolge alla superficie e diventare pertanto veicolo di pericolose malattie diffuse.

Le acque situate al di sotto di uno o più strati impermeabili sono da questi igienicamente protette e presentano le migliori garanzie di purezza anche perché il maggiore spazio percorso nel sottosuolo garantisce una perfetta filtrazione ed autodepurazione. Tali acque si chiamano *acque profonde*, anche se non sono molto profonde rispetto al livello del suolo.⁶

Molto interessanti sono i rapporti che le falde acquifere, e specialmente le superficiali, hanno con i fiumi. Può accadere a tal proposito che il livello della falda freatica sia più elevato di quello del fiume; si ha in tal caso un riverso della fal-

⁶ Si conferma che il concetto di acque superficiali e profonde non è connesso con la distanza materiale delle acque stesse dal suolo, ma con la costituzione geologica del sottosuolo; si possono quindi avere acque superficiali anche a grande distanza dalla superficie (fino a oltre i 100 m), e acque profonde anche a pochi metri dal suolo.

Le cosiddette falde freatiche sono nappes superficiali. Da tali acque venivano per lo più alimentati nel passato i pozzi, che attualmente, se destinati a fornire acque per uso potabile, vengono perforati raggiungendo le falde profonde, isolandoli opportunamente dalle acque superficiali.

da verso il fiume. A volte, essendo il pelo d'acqua del fiume più elevato rispetto al livello della falda, si ha un arricchimento della falda superficiale da parte delle acque fluviali che si infiltrano attraverso le sponde. Le due eventualità possono succedersi in un medesimo luogo, in corrispondenza dei periodi di piena e di magra del fiume.

Ogni qualvolta uno strato acquifero si interrompe in conseguenza delle accidentalità del suolo, esso viene allo scoperto e dal punto eroso l'acqua fuoriesce: si formano così le sorgenti. Esse possono essere costituite da acque più o meno buone a seconda che derivino da falde profonde o da falde freatiche.

Un tipo particolare di sorgente profonda è quella *filonica o diaclasica*, le cui

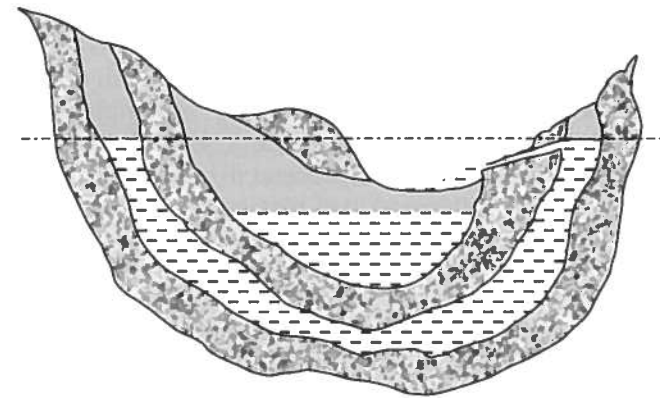


Fig. 4.8 - Schema rappresentante una sorgente diaclasica originantesi da una fenditura di uno strato impermeabile.

acque, avendo una pressione idrostatica positiva, per la particolare disposizione degli strati impermeabili entro cui sono contenute, acquistano proprietà artesiane, cioè vengono a giorno con forte pressione, zampillando ad altezze talvolta considerevoli. Spesso queste sorgenti, a ragione della profondità da cui provengono, hanno una temperatura elevata e conseguentemente una forte mineralizzazione.

Le sorgenti di origine profonda, che portano a giorno acqua molto pura, presentano tre caratteri fondamentali, che mancano invece alle sorgenti di origine superficiale:

- temperatura costante (entro pochi decimi di grado) in tutte le stagioni;
- portata pressoché costante durante tutto l'anno⁷;
- limpidezza permanente dell'acqua durante qualsiasi vicenda atmosferica, sia nei periodi di siccità sia in quelli di pioggia abbondante.

⁷ Molto più della costanza della portata, ha importanza igienica la sua brusca variazione in relazione a precipitazioni atmosferiche. Buone acque potabili possono presentare variazioni annue anche cospicue della portata, ma esse non sono influenzate immediatamente dai periodi di maggiore precipitazione; si vede anzi coincidere il periodo di magra con le massime piogge e quello di piena con la massima siccità.

Il rilievo di questi caratteri ha un valore notevolissimo per il giudizio igienico delle acque; talvolta questo giudizio è molto più affidabile di molte indagini chimiche e batteriologiche.

È importante, per la pratica, distinguere con sicurezza le sorgenti alimentate da acque superficiali da quelle alimentate con buone acque profonde; non solo, ma occorre anche porre ogni cura per eseguire una captazione razionale di queste ultime nella loro vera sede geologica. È opportuno far rilevare che spesso la reale emergenza delle acque sorgive viene mascherata da strati superficiali attraverso i quali occorre passare con adatte opere per raggiungere la vera emergenza naturale della sorgente; tale presa diretta delle acque è necessaria per evitare la mescolanza delle acque della sorgente con quelle superficiali.

Con le sorgenti vere (sia superficiali sia profonde) non vanno confuse le risorgenze, che sono caratteristiche dei terreni fessurati. In tali terreni, per lo più di natura calcarea, le acque superficiali vengono talora "inghiottite" attraverso le innumerevoli fessure, fino a notevoli profondità, senza per questo subire processo alcuno di filtrazione, né sufficienti processi di autodepurazione.

Dai serbatoi naturali sotterranei così formati possono sgorgare acque anche abbondantissime, da considerarsi però non igienicamente buone, in quanto non rappresentano che un affioramento di acque del tutto superficiali. Accade così talvolta che interi corsi d'acqua, come nella regione carsica, scompaiano nella discontinuità delle rocce fessurate per ricomparire poi, in forma di risorgenza, dopo un tragitto più o meno lungo nelle cavità delle rocce stesse⁸.

I pozzi, si alimentano anch'essi dalle falde acquose, e si distinguono in pozzi superficiali o profondi a seconda che attingono l'acqua da falde superficiali o profonde. Tali denominazioni non hanno naturalmente a che vedere, come abbiamo già detto a proposito delle falde, con la maggiore o minore distanza metrica del pelo dell'acqua dalla superficie del suolo. Un particolare tipo di pozzi è rappresentato dai pozzi artesiani o modenesi (così detti perché costruiti originariamente nell'Artois e nel Modenese), i quali, raggiungendo una falda acquosa con pressione idrostatica positiva, permettono che l'acqua risalga fino in prossimità del suolo o zampilli ad una quota superiore a quella del suolo stesso. Naturalmente in tal caso, sempre per il principio dei vasi comunicanti, occorre che il livello piezometrico dalla falda sia più elevato del livello del luogo nel quale il pozzo è stato perforato.

⁸ Non è facile stabilire con certezza se due acque siano in comunicazione fra di loro, come può essere interessante conoscere, oltre che ai fini scientifici, anche per motivi di ordine igienico e legale. Per conseguire lo scopo possono essere messi in opera, fra l'altro, alcuni artifici; di questi uno dei più semplici consiste nel trattare una delle acque con opportuna quantità di cloruro sodico, o altro tracciante e di ricercare poi tali sostanze nell'acqua che si sospetta in comunicazione con la prima. Molto spesso si ricorre alla fluoresceina (resorcinaftaleina) la quale, anche a grandi diluizioni, manifesta nell'acqua in cui viene a trovarsi disciolta un'intensa fluorescenza rilevabile alla semplice ispezione oculare. Altre sostanze coloranti, sia minerali (ad es. permanganati) sia organiche (ad es. bleu di metilene), alle quali pure si potrebbe pensare di far ricorso, non si prestano allo scopo perché vengono fissate dal terreno.

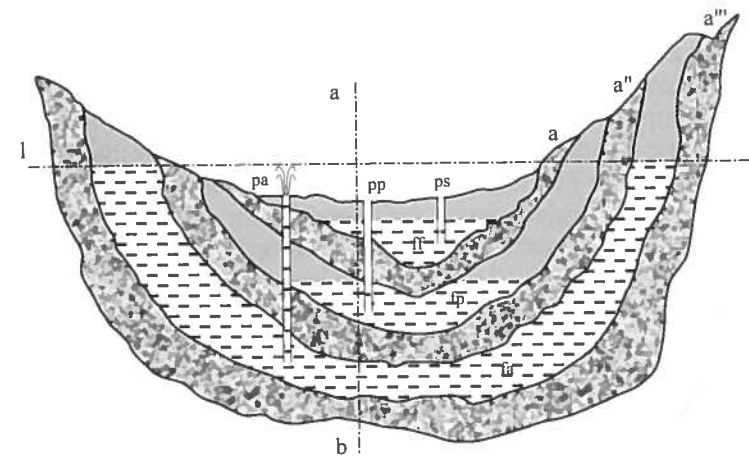


Fig. 4.9 - Rappresentazione di vari tipi di pozzi in un terreno stratificato. Seguendo la sezione "a" "b" si osservano tre strati permeabili successivi, contenenti il primo una falda freatica (f.f.), il secondo una falda profonda (f.p.), il terzo una falda artesianiana (f.a.), il cui livello è segnato dalla linea l. I tre strati permeabili poggiano su tre strati impermeabili a, a'', a'''. Nelle tre falde pescano tre pozzi, superficiale (p.s.) profondo (p.p.) ed artesianiano con zampillo spontaneo (p.a.).

4.5. LA CAPTAZIONE DELLE ACQUE TELLURICHE

Captazione e approvvigionamento di acque da sorgenti naturali

Prima di procedere alla costruzione delle opere di captazione di acque naturali ci si deve rendere conto della estensione del bacino idrologico, della sorgente, del tipo di sorgente, delle sue caratteristiche idrogeologiche e del suo bacino, del tipo di vegetazione interessata al bacino, delle colture predominanti in esso, degli eventuali rapporti tra acque superficiali e sorgenti, del regime termico della sorgente e degli altri fattori interferenti⁹.

In queste indagini preliminari di ordine idrogeologico è bene farsi assistere da geologi ed esperti ambientalisti.

Le indagini vanno completate da misure ripetute sull'andamento delle portate, riferite al regime pluviometrico del bacino idrologico e idrogeologico della sorgente.

Per un buon rilievo è opportuno documentare con osservazioni ripetute il regime senza apporti della sorgente, che si verifica durante lunghi periodi senza piogge (regime non influenzato).

Necessarie sono ancora le indagini e le analisi di natura igienica, non solo sulla zona di scaturigine, ma estese a tutto il bacino.

Si devono inoltre, stando ai risultati acquisiti nella indagine, determinare la zona di protezione, le zone vincolate, le aree con abitazioni, pascoli, colture, allevamenti, siti industriali e simili.

⁹ Cfr. Alberto Mercanti. 1987. Il problema acqua: approvvigionamento e potabilizzazione. Alinea Editrice. Firenze.

Devono essere eseguite analisi periodiche e nelle quattro stagioni dell'anno, specie dopo le piogge, per determinare le caratteristiche di potabilità e le caratteristiche chimiche dell'acqua.

Sono sempre consigliabili indagini di carattere epidemiologico, per accertare malattie insorte eventualmente in seguito all'uso di quella sorgente.

Per una buona realizzazione dell'opera di presa, è necessario conoscere con sicurezza la tipologia di sorgente, dovendosi impostare il sistema di intercettazione delle acque e le opere annesse (opere di captazione).

Le indagini propedeutiche alla captazione sono di ordine idrogeologico e di ordine igienico.

Lo studio idrogeologico e igienico deve essere rivolto alla identificazione dei seguenti elementi:

- 1) portata media, minima e massima;
- 2) caratteristiche chimiche, fisiche e batteriologiche delle acque e loro variazioni nel tempo;
- 3) regime termico;
- 4) delimitazione del bacino idrologico di sorgente;
- 5) correlazioni tra precipitazioni e portate;
- 6) curva di esaurimento.

Le ricerche sulla portata devono condurre alla conoscenza, la più esatta possibile, delle quantità di acqua erogate dalla sorgente per tutto il periodo dell'anno. È da tener presente che la conoscenza del regime di una sorgente non si esaurisce con un ciclo di osservazioni annuali; un'annata è diversa da un'altra per quanto riguarda le precipitazioni meteoriche e diverso è di conseguenza il regime d'alimentazione.

La conoscenza della portata di una sorgente può dirsi nota quando le osservazioni si estendono per un periodo che va dai 5 ai 10 anni; anche se spesso ci si contenta di un periodo di osservazione molto più ristretto.

La scarsità delle misurazioni induce quasi sempre a risultati troppo prudenziali che si riflettono nella costruzione di opere inadeguate alla effettiva portata della sorgente; o viceversa a valutazioni troppo ottimistiche, con tutti gli inconvenienti di ordine opposto.

Disponendo di pochi dati di osservazione si può ricorrere a tecniche di interpolazione, eseguite sempre con le dovute cautele.

Si può far uso ancora dell'indice di variabilità, una volta che siano noti, da ripetute osservazioni precedenti, i valori massimi, medi e minimi della portata della sorgente. Tuttavia il metodo migliore rimane l'impiego di stramazzi misuratori e di altri apparati di misura. D'altronde comportando la presa di una sorgente notevoli investimenti, e le opere che ne derivano (adduzione, accumulo, distribuzione) dovendo essere dimensionate principalmente sul valore medio di portata, è facilmente intuibile l'importanza della esatta conoscenza di questa.

Altro metodo indiretto, quando si disponga di poche misure dirette, che in genere si è rivelato abbastanza aderente al regime vero della sorgente, consiste nel conoscere prima di tutto il sistema di alimentazione della sorgente, che può

derivare solo da acque di precipitazione, o può essere in dipendenza del regime di un fiume, di laghi, di ghiacciai. I valori di questi apporti idrici in genere si trovano, anche per periodi di tempo abbastanza lunghi, in pubblicazioni di enti specializzati (Servizio Idrografico, e simili).

Si traccia quindi la curva, per l'anno in cui si hanno a disposizione i dati di portata della sorgente, delle precipitazioni, delle portate del corso d'acqua o di altro sistema di alimentazione e si stabilisce una correlazione diretta tra i valori della curva ottenuta e i pochi valori di portata della sorgente, deducendo in quali rapporti questi stanno con i valori espressivi della curva.

Bisogna tenere presente però che in questo caso, trattandosi di aree abbastanza estese e non di zone ristrette ad una singola falda sotterranea, i mezzi rivelatori debbono essere ampiamente affidabili.

Si fa uso allo scopo di sostanze rivelatrici che danno soluzioni o sospensioni stabili e non alterabili nell'attraversamento dei terreni e che siano facilmente rivelabili anche in concentrazioni molto basse. Occorre che esse non siano presenti nell'acqua naturale e nel terreno spontaneamente.

L'indagine in questione fornisce altri elementi di giudizio ai fini della potabilità dell'acqua: il tempo intercorrente tra l'immissione della sostanza e la sua rilevazione alla sorgente rappresenta la durata del percorso sotterraneo dell'acqua e quindi è un indice, sia pure di massima, delle lunghezze del percorso stesso; è questa una caratteristica di alta importanza ai fini potabili.

La conoscenza delle caratteristiche chimiche e fisiche di un'acqua è un altro elemento da non trascurare ai fini della captazione: una diffusa e costante mineralizzazione della sorgente e la costanza dei valori nel tempo sono indici di buona potabilità.

Ancora più significativo è la correlazione di questi caratteri con le curve di portata della sorgente e la curva che esprime il valore delle precipitazioni nel bacino idrologico.

Una variabilità accentuata dei caratteri chimici e fisici della sorgente in relazione a variazioni di portata e dei valori di precipitazione è in linea di massima indice di sospetta potabilità.

Il rilievo delle temperature nello studio delle sorgenti è indispensabile, poiché questo carattere è strettamente connesso alla durata del percorso sotterraneo e quindi, indirettamente, alla potabilità dell'acqua. Ad una maggior durata del percorso sotterraneo, corrisponde una costanza nel tempo delle temperature della sorgente.

Buon indice indiretto di potabilità di una sorgente è la maggior uniformità possibile dei valori di temperatura ed il maggior avvicinamento possibile dei valori di temperatura alla media delle temperature medie locali dell'aria.

Curva di esaurimento

Per una buona utilizzazione di una sorgente, è della massima importanza conoscere con precisione i rapporti tra afflussi superficiali e portata della sorgente. La configurazione delle sorgenti e le loro *variazioni di portata* o *regime* sono fenomeni del tutto peculiari. I bacini di alimentazione, infatti, accumulano acqua

durante i periodi di pioggia e la rendono gradatamente nel tempo, durante i periodi di siccità; conseguentemente il livello della superficie della falda di cui è tributaria la sorgente si innalza e si abbassa in relazione alle condizioni pluviometriche locali.

Per tutte le sorgenti esistono periodi di massima magra e di massima portata; generalmente per sorgenti alimentate esclusivamente da apporti meteorici la massima magra, corrisponde alla fine dell'estate. Per le sorgenti alimentate con acque di fusione, il periodo di massima magra compare nell'inverno e quello di massima portata nel periodo estivo.

Osservazioni condotte su sorgenti sgorganti da terreni quaternari hanno evidenziato che la portata di magra si riduce allo 0,50 della portata di piena ed è stata verificata per questi tipi di terreni la relazione approssimata:

$$Q = k F h \quad (4,16)$$

in cui

- Q indica la portata globale di tutte le sorgenti di un determinato bacino imbrifero;
- F la superficie in m² del bacino;
- h l'altezza media annua di pioggia in metri nel bacino stesso;
- k un coefficiente numerico correlato alla superficie del bacino imbrifero che alimenta la sorgente.

Comunque il rapporto tra magra e piena di una sorgente è determinabile con buona approssimazione attraverso osservazioni lunghe e ripetute.

Ai fini dell'utilizzazione di una sorgente, più che la conoscenza della portata massima, ha importanza la conoscenza della portata media e soprattutto della portata di magra.

Poiché le osservazioni dei valori di portata, a meno che non si disponga di apparati misuratori continui, sono generalmente limitate, si deve ricorrere per la valutazione delle portate minime a metodi indiretti, che sono basati sulla correlazione tra decrementi delle portate e lunghezza del periodo in cui non si verificano afflussi meteorici.

Conosciuto quindi per una sorgente il valore Q degli afflussi meteorici alla falda, nei periodi in cui questi sono nulli la portata della sorgente q andrà decrescendo asintoticamente verso il valore zero. In mancanza di afflussi si parlerà per la sorgente di *regime proprio o non influenzato*.

In questo periodo la portata q della sorgente decresce con andamento *proporzionale* per ogni luogo specifico di osservazione ed indipendente, salvo il valore iniziale, dagli afflussi precedenti.

Nei periodi in cui la portata di afflusso Q, non è nulla (*regime influenzato*), se il suo valore passa dal valore zero ad un massimo per ritornare a zero, la portata q della sorgente, per tutto questo intervallo di tempo, è maggiore di quella che si avrebbe in assenza di afflusso, a parità di condizioni iniziali.

In ogni caso alla fine del periodo di afflusso le portate della sorgente risultano maggiori di quelle che si sarebbero potute misurare se fosse mancato l'af-

flusso. Da questo momento la differenza in questione va progressivamente riducendosi¹⁰. Possono allora distinguersi due casi:

- 1) la portata della sorgente q si mantiene nell'intervallo in questione maggiore del valore della portata di afflusso (Q): in questo caso i valori di portata della sorgente risultano sempre decrescenti;
- 2) la portata della sorgente risulta inferiore, nel periodo considerato, alla portata di afflusso: i valori di portata della sorgente passeranno allora attraverso un minimo, che si verifica dopo l'inizio degli afflussi, fino a salire ad un massimo che si verifica prima della fine del periodo di afflusso; nei successivi periodi il suo valore va progressivamente riducendosi.

In realtà questa semplificazione non sempre è aderente agli stati idraulici delle sorgenti: nelle sorgenti con provenienza da rocce permeabili per fessurazione, in quelle alimentate da falde profonde ed in genere nelle sorgenti legate a falde libere, ma alimentate da bacini non contigui, le divergenze sono più profonde e appariscenti; per questi tipi ha grande importanza la conoscenza del valore di propagazione degli strati idrici.

L'effetto più immediato di questo valore è il ritardo della variazione di portata della sorgente, rispetto alle cause relative (effetto regolatore delle falde), ritardo che ai fini pratici della captazione è un elemento sicuro per dedurre se la sorgente è di falda libera o meno e se il bacino di alimentazione è lontano oppure immediatamente afferente.

Analiticamente i risultati di queste considerazioni vengono espressi mediante la curva di esaurimento delle portate.

La curva di esaurimento esprime la correlazione tra portata della sorgente e lunghezza del periodo di assenza degli afflussi.

La lunghezza del periodo di assenza degli afflussi si deduce dallo studio dei caratteri pluviometrici del probabile bacino di alimentazione della sorgente, prendendo per ragioni prudenziali il periodo più lungo.

Tratti della curva si possono costruire con osservazioni di portata dirette nei periodi di regime non influenzato; altri tratti possono essere calcolati per estrapolazione.

Norme tecnico-igieniche per l'allacciamento di sorgenti

Esaurite le attività geologiche ed ingegneristiche, consistenti nel riconoscimento del tipo della sorgente, nella ricerca del bacino idrologico, nella descrizione dei tipi di roccia e di terreno interessati alla sorgente, iniziano quelle igieniche, finalizzate a dare un giudizio di potabilità sulle acque e sui requisiti igienici della falda alimentatrice.

Una volta espresso un giudizio positivo di potabilità, il costruttore idraulico dovrà stabilire le modalità di captazione della sorgente sulla scorta dei dati forniti dal geologo per salvaguardare le proprietà igieniche dell'acqua, facendo riferimento comunque a specifiche norme sanitarie e ambientali.

¹⁰ Da questa considerazione e da quelle che seguono emerge "il potere regolatore delle falde" per il quale rimandiamo a trattati specializzati.

Norme elementari di salvaguardia igienica per la sistemazione delle sorgenti sono le seguenti:

- 1) seguire le vene d'acqua alla maggior profondità possibile;
- 2) riservare a monte di ciascuna presa una sufficiente zona di protezione da ridursi a superficie regolarmente convessa con displuvi laterali, da privarsi delle piante coltivate per sostituirvi il prato naturale, e da cingersi in modo da impedirvi l'accesso dell'uomo e degli animali;
- 3) isolare e mantenere separati e sorvegliabili i singoli getti dalla loro origine, procurando di raccogliere le acque di quelli che non hanno decorso ascendente, ad un livello più basso del luogo di affioramento;
- 4) proteggere i punti nei quali vengono a giorno i getti ritenuti utilizzabili mediante tutti gli artifici suggeriti dalla tecnica;
- 5) procurare alle acque meteoriche, agli stillicidi, o alle vene superficiali incontrate nel fare gli scavi, un regime a parte, fuori dei bottini di presa, che devono essere realizzati in modo da difendere le acque allacciate da ogni possibile inquinamento;
- 6) curare che ogni presa abbia nell'interno uno scarico ed un rifiuto a sé, atto ad allontanare le acque per la lavatura dei pavimenti, quelle di filtrazione o le altre giudicate non utilizzabili;
- 7) porre ogni vena d'acqua, sia pure di portata insignificante, in condizioni da potersi escludere, con sicurezza e in ogni momento, indipendentemente da quelle vicine.

Inoltre, sarà opportuno cercare di captare tutta la portata della scaturigine, fissando la soglia di sbocco con risalti o cunicoli di drenaggio; è buona norma in questi casi fondare i risalti ed i cunicoli direttamente sullo strato impermeabile che origina la sorgente (*muro della sorgente*)¹¹.

Cura particolare dovrà tenersi nei lavori e questi dovranno essere dimensionati e condotti in maniera tale da non disturbare troppo la scaturigine, evitando di provocare rigurgiti o abbassamenti.

Il rialzamento delle sorgenti ascendenti richiede spesso la perdita di una buona percentuale delle loro portate; si ha infatti un innalzamento del pelo liquido, con conseguente maggior pressione idrostatica all'interno della falda, cosa per cui può derivarne un aumento delle fughe. Le opere di presa in sorgenti del tipo rappresentato in **fig. 4.10** non dovranno farsi a livelli superiori a quello delle scaturigini inferiori, che, in linea generale, rappresentano le vie d'acqua più profonde e quindi più abbondanti del bacino sorgentizio.

¹¹ In linea generale, qualunque sia il tipo di sorgente, le opere di captazione comprendono:

- bottino o cunicoli di presa con vasca di raccolta;
- vasca di calma e sedimentazione (velocità massima dell'acqua 0,20 m/s);
- vasca di carico con sfioratore e scarico di fondo;
- camera di manovra, dove sono raccolti gli organi di intercettazione, comando ed eventuali apparecchi di misura
- scarico.

Le sorgenti

La circolazione delle acque nel sottosuolo si conclude con la loro risalita al suolo attraverso sorgenti e pozzi.

Le sorgenti sono connotate da:

- portata,
- temperatura,
- mineralizzazione.

In genere le sorgenti corrispondenti a falde acquifere più profonde e con un circuito ipogeo più lungo e complesso, presentano una maggior costanza di tutti questi caratteri e sono dette *sorgenti a regime costante*¹².

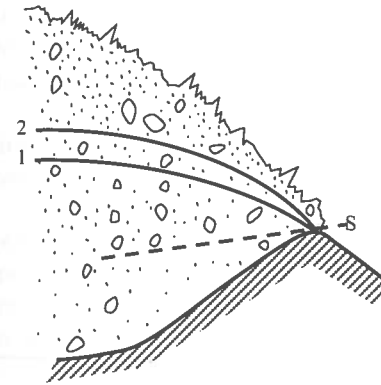


Fig. 4.10 - Andamento della superficie di falda in prossimità di una sorgente di emergenza, in terreno uniformemente permeabile. Le curve (1-2) danno l'andamento della superficie di falda nei periodi di maggiore o minore afflusso di apporti alla stessa e di conseguenza l'andamento delle portate erogate alla sorgente durante i suddetti afflussi.

Le sorgenti poco profonde o emungenti falde freatiche sono notevolmente e prontamente sensibili alle variazioni meteoriche superficiali e possono variare anche improvvisamente di temperatura, portata e composizione dopo un violento piovasco, per questo si chiamano *sorgenti a regime incostante*.

La portata di una sorgente è espressa, in idrologia, in litri/secondo. Abitualmente si fa uso della portata media di una serie di misurazioni che dovrebbero, al minimo, corrispondere ad una misurazione mensile per ciclo annuo. La portata media relativa ad un significativo numero di anni è detta *modulo*. La portata, anche delle sorgenti di origine più profonda e sicura, ha modeste oscillazioni nel tempo, riflettenti, in modo assai attenuato e con più o meno rilevante ritardo, la pluviometria del relativo bacino imbrifero.

Le sorgenti possono essere distinte in:

- *sorgenti perenni* quando, pur con variazioni di portata¹³, non si estinguono mai; le più importanti fra queste sono ovviamente le sorgenti costanti;
- *sorgenti semiperenni* quando si estinguono solo in periodi di eccezionale siccità;
- *sorgenti temporanee* quando abitualmente si estinguono durante il periodo di magra annuale. Fanno parte di questo gruppo le sorgenti periodiche, le quali a volte hanno un ritmo costante con intervalli brevi e regolari di attività ed estinzione.

¹² Cfr. Federici. 1982. Sintesi di idrologia medica dai prolegomeni. Edizioni Scientifiche Oppici. Parma.

¹³ La portata massima viene spesso indicata in gergo "morbida"; quella minima "magra".

A seconda della posizione delle sorgenti, rispetto alla disposizione tettonica degli strati che contengono la falda acquifera, intersecati da solchi vallivi o da altre discontinuità dovute a fenomeni erosivi, si hanno *sorgenti di sinclinale, isoclinale e anticlinale*. L'acqua potrà fluire all'esterno per semplice emergenza, per trabocco, per contatto e per sbarramento.

Sorgenti di emergenza: determinate dall'affioramento della falda acquifera raggiunta dalla superficie topografica; se appartengono a falde freatiche possono scomparire o variare la quota di comparsa quando si sposta il livello freatico.

Sorgenti di trabocco: l'acqua si versa all'esterno per troppo pieno; possono scomparire temporaneamente per abbassamento del livello freatico, ma non variano il punto di sbocco. Molte sorgenti di anticlinale sono di questo tipo.

Sorgenti di contatto o di strato: l'acqua viene a giorno guidata da un fondo impermeabile sottostante a contatto della falda acquifera. La zona di contatto può esser determinata da superfici di stratificazione o di trasgressione fra terreni litologicamente diversi.

Sorgenti di sbarramento: l'acqua risale lungo lo strato permeabile e defluisce all'esterno per sbarramento, dovuto a risvolti dello strato impermeabile, discordanze di faglia e situazioni analoghe.

Sorgenti diaclasiche o di fessura: l'acqua sgorga da una frattura o da una faglia nella massa rocciosa (rocce cristalline, scistoso-cristalline, arenacee, calcaree, dolomitiche). Varietà di queste sono le sorgenti intermittenti e le sorgenti intumescenti o intercalari. Sono frequenti nelle rocce calcaree (*sorgenti carsiche o vauclusiane*).

I *fontanili e le risorgenti* sono sorgenti di emergenza che compaiono lungo una fascia pedemontana o di fondovalle quando, per una depressione naturale o per erosione o per scavi artificiali, la superficie del suolo raggiunge la falda freatica. Molti autori preferiscono riservare il termine di *risorgive* alle sorgenti che portano in luce acque di corsi d'acqua sotterranei, come frequentemente accade in terreni calcarei.

Di solito le risorgive sono perenni, mentre i fontanili possono comportarsi come sorgenti temporanee e scomparire per abbassamento della falda freatica nei periodi di magra. Questi ultimi sono frequenti nei territori alluvionali; le risorgive sono tipiche dei terreni calcarei o gessosi e sono disposte in serie lungo la linea di deflusso delle acque sotterranee¹⁴.

Vi sono poi *sorgenti o polle subacquee*: subalvee, sottomarine (Istria, Isola d'Ischia), sottolacustri (famosa la fonte ipertermale della Boiola di Sirmione nel lago di Garda).

Le *sorgenti di vetta*, sono particolari sorgenti venienti a giorno in alta montagna, in zone prive di bacino imbrifero a monte. Si suppone che le rocce sovrastanti siano abbondantemente fessurate e diaclasate e l'aria umida circolandovi all'interno si raffreddi dando modo al vapor d'acqua di condensarsi e alimentare queste sorgenti. Sono dette anche *sorgenti di rugiada*; hanno tutte portata modesta.

¹⁴ Risorgive dell'Aurisina alimentate dal Timavo nel Carso, laghetti d'Esine in Valcamonica, risorgive o fontane del fiume Rapido presso Cassino; famosa la Fontana di Vaucluse nella Francia sud-orientale, ricordata dal Petrarca.

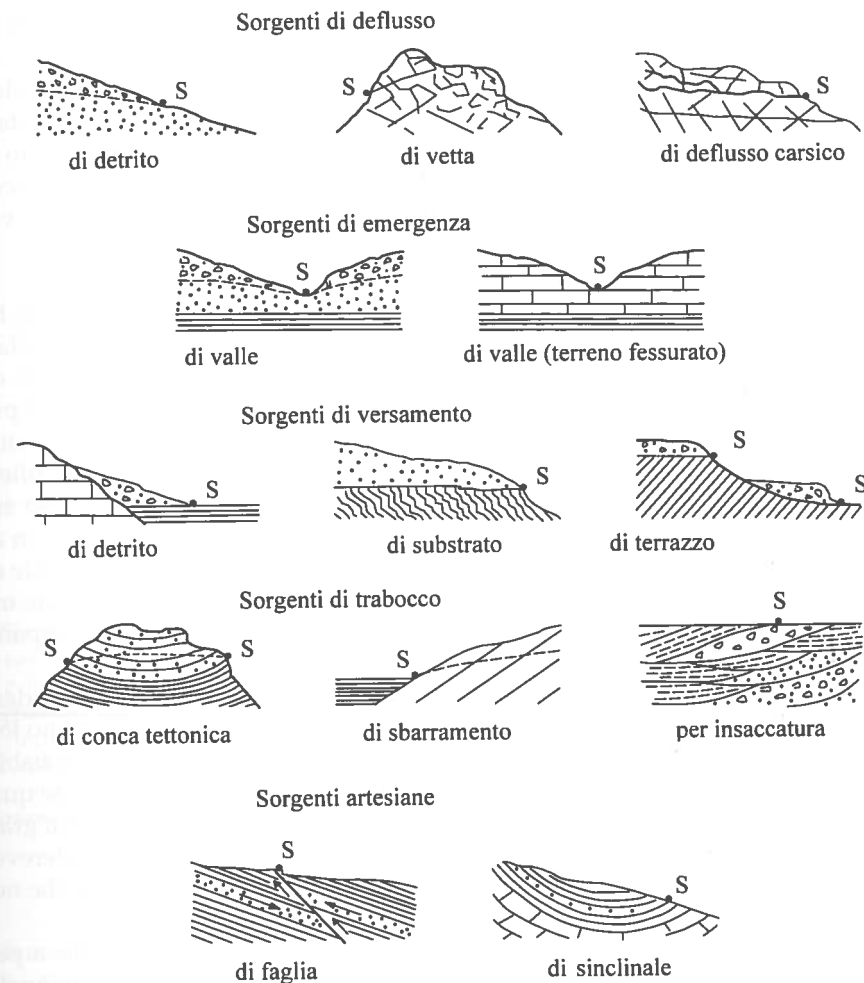


Fig. 4.11 - Alcuni fra i più comuni tipi di sorgente.

Quando le acque raggiungono direttamente la superficie per affioramento della falda profonda con la roccia incessante si parla di *sorgente geologica*, mentre è definita *sorgente reale* il punto di affioramento dell'acqua che compie un percorso terminale attraverso una coltre detritica ricoprente la sorgente geologica. Le opere di isolamento e captazione, per essere valide e sicure, dovranno sempre raggiungere la sorgente geologica (fig. 4.11).

Volendo dare un esempio schematico dei diversi tipi di circolazione sotterranea delle acque, possiamo immaginare:

- a) una circolazione superficiale, che fornisce acque fredde con scarsa mineralizzazione, che risentono delle variazioni stagionali delle precipitazioni, variazioni che si ripercuotono, più o meno direttamente e più o meno smorzate sulla portata, sulla temperatura e sulla mineralizzazione delle sorgenti; essendo

tanto più abbondanti, fredde e poco mineralizzate quanto più abbondanti saranno state le piogge;

- b) più circolazioni profonde, che forniscono acque più o meno abbondantemente mineralizzate e più o meno calde, con caratteristiche di portata, temperatura e mineralizzazione che risentono in modo assai modesto ed estremamente smorzato delle grandi variazioni meteoriche (piogge eccezionali e grandi periodi di siccità) con un ritardo di parecchi mesi ed a volte di anni.

Se immaginiamo la formazione di una falda acquifera avremo che la falda più superficiale, poggiante su un tetto impermeabile idealmente orizzontale, avrà una superficie che riproduce, sia pure in forma attenuata, le irregolarità del suolo, essendo più alto il livello piezometrico in corrispondenza delle grandi prominenze orografiche, le quali di solito rappresentano anche le vie preferenziali di alimentazione delle acque sotterranee. Le rocce sono infatti, nei maggiori rilievi, frequentemente denudate e abbondantemente fratturate e diaclasate. Sono sufficienti questi dislivelli nella superficie piezometrica a determinare, anche in assenza di pendenza nei piani impermeabili di appoggio, movimenti nelle falde acquifere tendenti ad uniformare la superficie piezometrica; ciò favorisce pure una certa uniformità della temperatura e della mineralizzazione nelle acque appartenenti alla stessa falda.

È ovvio però che, quanto più il movimento di queste acque si estenderà, prima di incontrare interruzioni nella superficie topografica che consentano loro di venire a giorno sotto forma di sorgenti, tanto più aumenteranno le probabilità che tali acque trovino discontinuità nel letto impermeabile attraverso le quali possano passare in strati permeabili più profondi. Così le acque cadute sui grandi rilievi nell'entroterra hanno maggior probabilità di raggiungere considerevoli profondità e di emergere dopo percorsi ipogei notevolmente più lunghi che non le acque cadute in pianura.

Si possono formare, contemporaneamente, anche falde intermedie a percorso meno profondo e più lento per un minor carico piezometrico, perciò relativamente statiche, ma appunto, per il loro più prolungato contatto con le rocce, avranno avuta la possibilità di raggiungere considerevoli gradi di mineralizzazione, specialmente se questi adunamenti si formano in terreni sedimentari particolarmente solubili, come i depositi di origine paleo-marina.

Si ha così in una determinata zona, un sistema ideale con tre tipi di circolazione sotterranea:

Una circolazione di acque relativamente superficiali che si spostano lentamente e affiorano a livello delle più modeste depressioni topografiche, portando in luce acque fredde e scarsamente mineralizzate, alimentate dalle acque di pioggia cadute nelle vicinanze ed in epoca relativamente recente.

Una circolazione intermedia, spesso costituita da più falde relativamente profonde, poco mobili e con acque a temperatura indifferente o leggermente termale, a considerevole mineralizzazione, alimentate da acque meteoriche precipitate sulle alture intermedie collinari, un certo tempo prima.

Una circolazione profonda, considerevolmente dinamica sia per il più

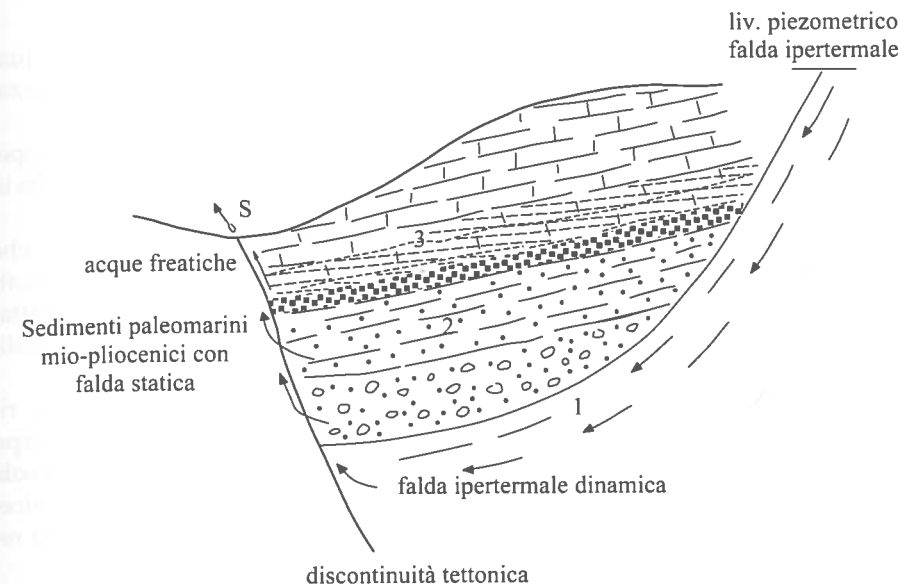


Fig. 4.12 - Esempio di circuito convettivo idrotermale profondo. La falda ipertermale (1) ha il suo punto di carico sui rilievi montuosi all'interno, ove le rocce sono ampiamente fratturate e diaclasate; l'acqua raggiunge notevole profondità e risale, ipertermalizzata in funzione del gradiente geotermico regionale, attraverso una discontinuità tettonica (faglia) lungo la quale incontra una falda statica fredda (2) ma fortemente mineralizzata dal prolungato contatto con sedimenti paleomarini ricchi di sali molto solubili, si mescola con questa acquistando mineralizzazione e perdendo termalità, successivamente incontra acque freatiche fredde (3) con le quali si diluisce e ulteriormente si raffredda prima di venire a giorno in superficie attraverso la sorgente (s).

elevato livello piezometrico, sia perché costituita da acque a maggior temperatura e più ricche di gas, anche se meno mineralizzate di quelle appartenenti alle falde del secondo gruppo. Questa circolazione è alimentata dalle acque meteoriche che cadono più all'interno sui maggiori rilievi dell'orografia della regione.

Quando sia raggiunto il punto più basso del sistema, sovente in corrispondenza di una profonda faglia, le acque del circuito più profondo trovano una naturale via di risalienza, a volte resa rapida e addirittura violenta dalla considerevole temperatura e dal contenuto gassoso. Sarà tuttavia inevitabile che, nel loro ascensum, queste acque incontrino anche le acque degli altri due tipi di falde, che la faglia parimenti interseca, e le trascino in superficie mescolandosi ad esse in vario modo ed in proporzioni diverse così da formare, in quel punto, un sistema di sorgenti nelle quali si potrà riconoscere un'impronta comune dovuta all'acqua maggiormente mineralizzata fornita dalla falda locale del secondo tipo e che rappresenta l'acqua tipo della zona, sulla quale avranno più o meno influito la termalità della falda più profonda e la scarsa mineralizzazione delle acque fredde della falda superficiale locale

Esecuzione delle opere di captazione

I lavori delle opere di captazione variano in relazione a fattori diversi, quali la posizione della sorgente, la natura del terreno, il tipo di sorgente, la localizzazione dell'affioramento.

Non è possibile inquadrare quindi in una classificazione o in tipologie le opere da eseguire. Descriviamo di seguito alcuni tipi di captazione, indicando di volta in volta le norme generali a cui devono sempre attenersi opere di questa natura.

Le sorgenti di emergenza, di trabocco, di contatto, e di sbarramento che sgorgano da rocce stratificate, comuni in zone montagnose e per lo più di caratteristiche tali da permettere l'utilizzazione senza bisogno di operazioni di trattamento, sono dotate di buona costanza di portata e sono influenzabili dalle condizioni pluviometriche solo per valori massimi.

Le operazioni fondamentali consistono nel rimuovere il terriccio che ricopre la roccia in posto e nel denudare questa da ogni eventuale altro corpo estraneo alla formazione sorgentizia. Si chiude lo sbocco (se trattasi di una sola scaturigine) in una camera di presa (fig. 4.13) costituita in muratura, in calcestruzzo armato o in acciaio inox, ammorsato nella roccia con cementi ad alta resistenza chimica (ARC).

Il pavimento viene realizzato con malta cementizia, accuratamente lavorata, ricoperta da manto di asfalto e con uno straterello superficiale di sabbia. La camera di presa va ricoperta da soletta stagna in cemento armato e acciaio inox in modo da isolarla da eventuali infiltrazioni, sia dalle pareti laterali, sia dagli stillicidi del soffitto.

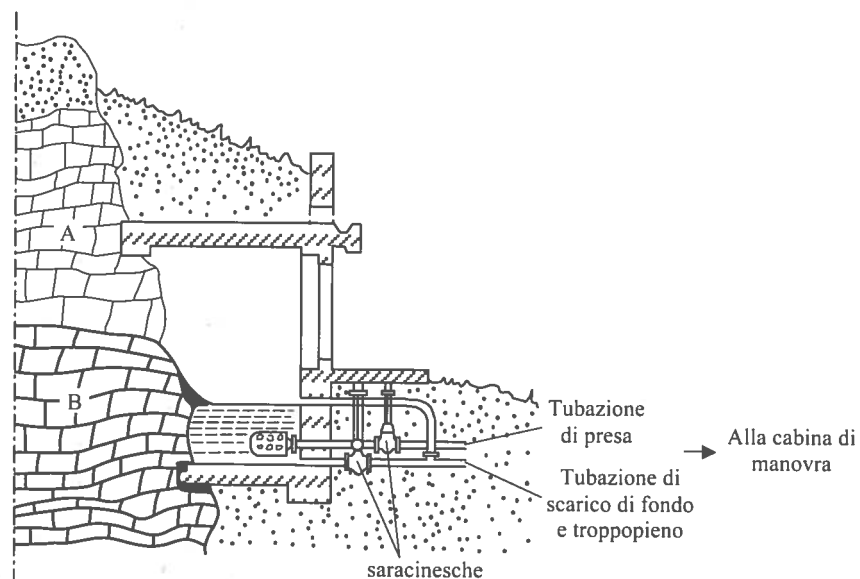


Fig. 4.13 - Opera di presa per sorgenti di piccola portata in terreni coerenti e stratificati. Priva di camera di decantazione, gli organi di manovra sono azionati dall'esterno. A) roccia non interessata alla falda, B) porzione di terreno interessata alle fluttuazioni della falda.

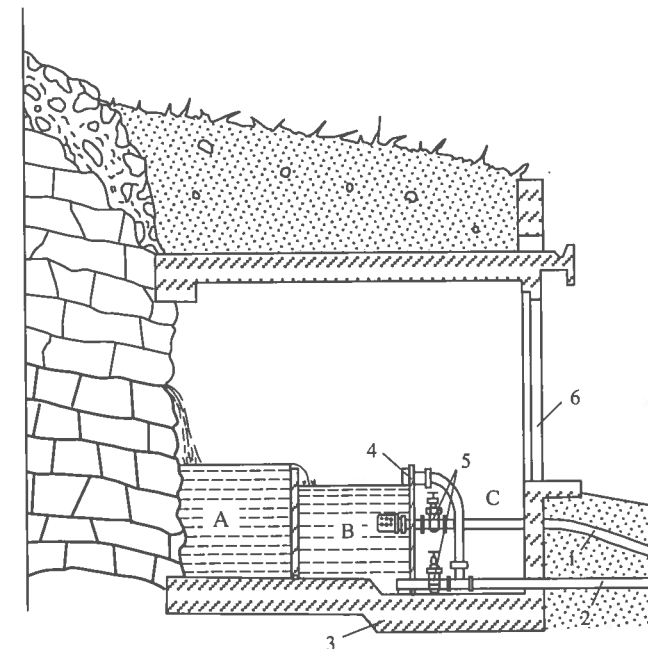


Fig. 4.14 - Opera di presa di sorgente di tipo medio in terreni coerenti e stratificati. (A) camera di decantazione, (B) camera di presa, (C) corridoio di manovra prati-cabile, (1) tubazione di presa che attinge nella camera di presa mediante apposita testa di presa, (3) scarico di fondo, (4) troppo pieno, (5) saracinesche manuali di interdizione manovrabili all'interno della camera (C), (6) apertura di accesso e di aera-zione.

Sul soffitto stesso è opportuno installare una presa d'aria protetta e filtrata per l'aerazione della camera; sul fondo devono porsi in opera una tubazione per lo scarico di fondo e lateralmente una di troppo pieno. La tubazione di presa va posta a circa 50 cm dal fondo, per non raccogliere la sabbia. L'interno della presa può essere tramezzato in maniera diversa.

Si può realizzare anche una camera di decantazione, qualora l'acqua sorgentizia sedimenti per tutto il periodo dell'anno, o solo per determinati periodi, facendo defluire le acque direttamente nella camera di decantazione (fig. 4.14).

La testa del tubo di presa deve essere comunque provvista di filtro in lamiera a fori minuti per impedire l'accesso di corpi estranei.

Le tubazioni del troppo pieno e dello scarico di fondo confluiscono generalmente in una stessa condotta. Le apparecchiature di manovra, consistenti in questi casi in due saracinesche (una sulla condotta di presa e l'altra sullo scarico di fondo, corredate eventualmente di valvole di non-ritorno) sono comandate dall'esterno mediante pozzetti e chiusino.

L'accesso alla camera di presa è costituito da un'apertura, posta preferibilmente sui lati della camera o sulla sua sommità, nel qual caso vi si accede mediante tombino e scala in ferro.

Le aperture comunque devono essere collocate e sistemate in maniera da

impedire inquinamento delle acque dall'esterno e penetrazione di insetti o animali di qualsiasi genere. Questo tipo di realizzazione si presta per sorgenti perennemente limpide e comunque per impianti di piccola e media portata che abbiano raramente di ispezione e controlli.

In impianti di media e grande capacità, quando le acque presentino torbidità notevole, è necessario ricorrere per la sedimentazione ad apposite vasche: si predisporrà l'impianto di presa in maniera che le acque erogate non trascino sedimenti o materiali in sospensione.

Nella vasca di decantazione la velocità dell'acqua deve essere dell'ordine di 20÷25 cm/s, velocità che consente una buona decantazione. La vasca di decantazione è in comunicazione con la vasca di presa vera e propria mediante uno stramazzone che può servire anche per misure di portata.

Per piccoli impianti, la portata può venire calcolata vuotando la camera di decantazione e calcolando il tempo impiegato dalle acque a riempirla.

Lo scarico di fondo di regola va predisposto sulla camera di decantazione e raccordato mediante una derivazione alla tubazione di troppo pieno.

Entrambe le tubazioni devono avere un diametro tale da poter smaltire rapidamente le portate massime della sorgente. Le saracinesche di manovra sono alloggiati in questi impianti all'interno, in un corridoio di manovra apposito.

Per impianti più grandi è opportuno predisporre una passerella di servizio al di sopra delle camere; in questi casi per aumentare gli effetti della decantazione, la vasca viene tramezzata da setti divisorii disposti a labirinto.

Quando esistono più vene d'acqua in corrispondenza di strati diversi, dislocati in punti vicini alle opere di presa, si possono raccordare le varie scaturigini mediante una galleria che è bene sia praticabile. La galleria può disporsi su un lato delle opere di presa o sui due lati. L'acqua viene raccolta sul fondo del cunicolo, reso impermeabile, mentre lateralmente si disporrà di una banchina praticabile, per permettere la facile ispezione dei cunicoli senza inquinare l'acqua o dover interrompere l'erogazione.

4.6. CAPTAZIONE DA FALDA

La ricerca delle acque nel sottosuolo è stata per secoli affidata ai raddomanti, prima che si passasse ai metodi geofisici e ai prospetti di prova.

È interessante rilevare che il vezzo di rivolgersi ai raddomanti nell'era della tecnologia avanzata e sofisticata non è assolutamente tramontata¹⁵, talché ci sembra opportuno spendere qualche parola sull'argomento.

La bacchetta divinatoria e il pendolino

Fiumi di inchiostro sono scorsi pro e contro le ricerche minerarie per mezzo della bacchetta e del pendolo. Vi sono stampe cinesi millenarie, che rappresentano ricercatori armati di bacchetta, alla caccia di filoni metaniferi. Si vuole

¹⁵ Fa il paio con il vezzo dei molti uomini di affari di successo di rivolgersi, in occasione di investimenti e scelte importanti, alla maga, oltre che ai super esperti di economia ...

che il profeta Mosè, battendo con la verga la roccia da cui scaturì l'acqua nel deserto, non fosse altro che un conoscitore della bacchetta divinatoria¹⁶.

Le prove che a tutt'oggi si sono fatte su vari raddomanti, non sono state conclusive: di modo che alcuni vantano incondizionatamente tali metodi, mentre altri li deridono. Malgrado ciò, è raro che in una data zona non venga chiamato un raddomante, il quale, a detta di molti, abbia poteri veramente eccezionali, e in pratica decide molti interessati a fare perforare pozzi secondo le sue indicazioni. Siccome molte volte si perfora in zone laddove ovunque, approfondendosi, si può trovare acqua, i raddomanti hanno certamente l'effetto benefico di indurre molte persone ad arrischiare una perforazione, le quali persone, se non fossero incoraggiate dal potere del raddomante, presunto o reale, non si sarebbero mai decise a sobbarcarsi la spesa.

È pacifico, però, che attualmente, coi metodi geofisici, con le perforazioni di piccolo diametro (*test-well*) a costi relativamente bassi, si può fare meglio del raddomante. Si conoscono, però, molti tecnici di valore i quali, se privati della possibilità di usare sistemi scientifici, si avvalgono del pendolino o della bacchetta.

"Anche lo scrivente, molte volte, seguì tale esempio, ed ebbe anche successi. Egli però non si spiega perché, qualche rara volta, il pendolino segnò decisamente la presenza di acqua anche laddove la successiva perforazione dimostrò che non ve ne era una goccia. Probabilmente il pendolino oltre che l'acqua, segna altre radiazioni o emanazioni che hanno lo stesso effetto e che non ci sono conosciute..."¹⁷

Siccome la letteratura in merito è abbondantissima, chiudiamo queste poche note invitando il lettore ad adagiarsi sulla sicurezza che bacchetta e pendolo procurano, soltanto quando non gli è possibile impiegare i metodi di indagine diretta, sui quali daremo dettagli.

Captazione mediante pozzi affondati, trincee e gallerie filtranti

I sistemi più comuni per lo sfruttamento di falde acquifere sono i *pozzi*, qualora si tratti di falde profonde; le *gallerie* e le *trincee drenanti*, quando si tratta di falde superficiali.

In linea più generale, tuttavia, la captazione per pozzi o per galleria è determinata da considerazioni di diverso genere, economiche e tecniche. Per piccoli approvvigionamenti, qualunque sia il tipo di falda, il pozzo è l'opera più indicata.

Diversamente, per grandi approvvigionamenti, si ricorre più frequentemente a gallerie e trincee drenanti, potendo queste interessare allo sfruttamento aree di notevole estensione. Si ricorre ancora all'uso di gallerie filtranti, quando si possono effettuare i lavori su un fianco di un rilievo, in maniera da poter facilmente smaltire i materiali di scavo e l'afflusso dell'acqua all'esterno naturalmente.

Nei grandi piani di sfruttamento, sia mediante pozzi sia con opere filtranti di altro genere, occorre tener presente l'eventualità che le varie opere possano interferire vicendevolmente, cosa per cui le reciproche distanze vanno accuratamente calcolate.

¹⁶ Cfr. Umberto Bardelli. 1960. Acque sotterranee. Hoepli. Milano.

¹⁷ Cfr. Tecnica dell'imbottigliamento. Roberto Rizzo. Chiriotti Editori, Pinerolo (TO). 1977.

Occorre ancora tener conto, nella determinazione della profondità di scavo delle opere, delle fluttuazioni della falda, con particolare riferimento al livello minimo raggiungibile da questa nei periodi di magra.

Nella captazione per pozzi occorre saper scegliere, per ogni problema idrologico di captazione, il tipo di pozzo da realizzare.

Per i pozzi di tipo comune o *pozzi affondati per muratura e scavo* si dovrà pure stabilire, se la parte filtrante sarà affidata alle pareti o solo al fondo del manufatto.

Importante è ancora il tipo di drenaggio da collocare attorno alla parte filtrante.

I pozzi affondati sono in genere costituiti da una colonna di tubi che raggiunge lo strato acquifero, nel quale si circonda la parte filtrante con manti drenanti, costituiti da ghiaietto a granulometria decrescente dall'asse del pozzo verso l'esterno.

Il manto filtrante si rende necessario quando lo strato acquifero è costituito da materiali a granulometria molto minuta. L'aspirazione prodotta dalle pompe di sollevamento, provoca, infatti, un inevitabile richiamo delle particelle minute dentro il pozzo, provocando numerosi inconvenienti, quali il rapido intasamento delle parti filtranti, inconvenienti vari di pompaggio, una rapida *colmatazione del pozzo*.

Il dreno artificiale è necessario qualora il pompaggio venga effettuato con pompa sommersa.

I benefici effetti dei mezzi filtranti a granulometria maggiore dello strato acquifero possono venire sfruttati vantaggiosamente quando si trovano in natura inglobati in strati acquiferi a granulometria generale minore.

L'influenza di una lente filtrante del tipo rappresentato in **fig. 4.15** provoca, ad esempio, uno sviluppo maggiore del cono d'influenza, apportando alla economia generale dell'impianto vantaggi sensibili, con portate proporzionalmente più elevate.

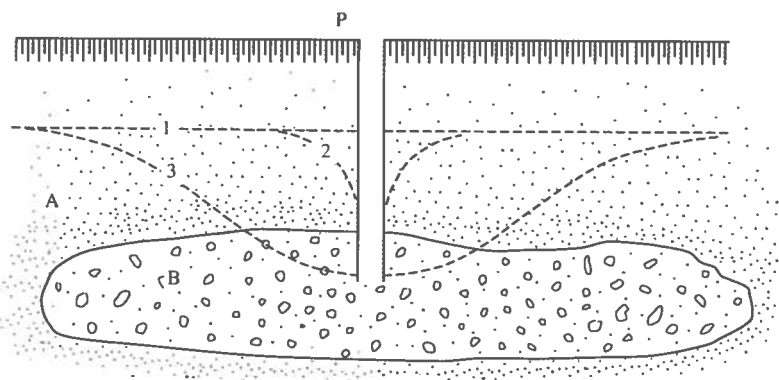


Fig. 4.15 - Influenza sul rendimento del pozzo (P) di una lente di materiale a granulometria elevata (B) inglobata in una formazione acquifera (A) a granulometria inferiore. La presenza della lente (B) determina un abbassamento del cono di depressione (3) assai maggiore rispetto a quello provocato dalla formazione (A), con aumento notevole del raggio di influenza del pozzo. Con (1) viene indicata la falda acquifera a riposo.

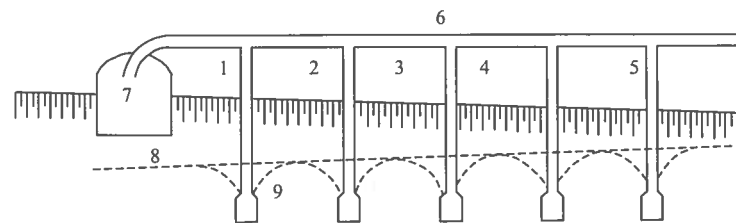


Fig. 4.16 - Approvvigionamento da falde freatiche mediante pozzi filtranti. L'acqua attinta dai pozzi (1-2-3-4-5 ...) viene pompata e rinviata mediante una colonna colletttrice (6) in un unico serbatoio (7). Il livello originario della falda (8) si deprime sensibilmente in prossimità dei pozzi originando superfici di depressione (9) in equilibrio con le portate erogate.

Quando, per approvvigionamenti importanti, si renda necessario l'apporto di più pozzi, questi possono venir orientati in file, disposte con asse di allineamento perpendicolare alla direzione di movimento dell'acqua nella falda. I vari pozzi vengono poi collegati con un condotto collettore al serbatoio (**fig. 4.16**).

La scelta del tipo di pozzo da usare dipende da varie considerazioni; quando si abbia a che fare con terreni omogenei e per piccole profondità si farà uso di pozzi scavati per affondamento.

Questi possono spingersi fino a profondità di 30÷50 metri con diametri oscillanti su 1÷3,5 metri. Il metodo di scavo per affondamento consiste nel preparare una scarpa anulare con tagliente idoneo di diametro uguale a quello del pozzo da scavare, su cui si costruisce un primo tratto, in muratura, della canna anulare.

Lo scavo viene fatto al di sotto della scarpa che affonda nel terreno, mentre in superficie, man mano che procede l'affondamento, viene innalzata la canna anulare.

Per rendere più facile l'affondamento, si ricorre a sovraccarichi con pesi ed a lisciatura con intonaco di cemento sulla superficie esterna (**fig. 4.17**).

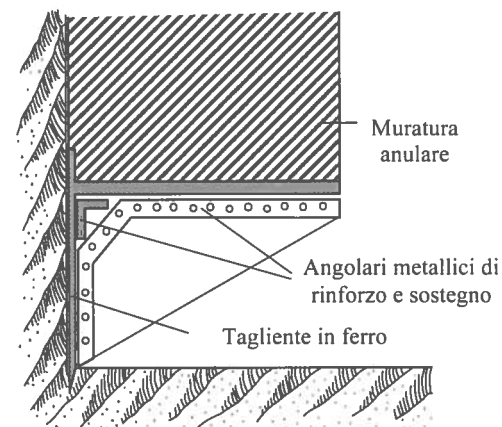


Fig. 4.17 - Particolare della scarpa anulare di un pozzo approfondito con il metodo di scavo per affondamento.

Nel metodo detto per *sottomurazione* si procede nello scavo a piccoli tratti nei quali si eseguono sottomurazioni anulari; dopodiché si continua nello scavo a tratti successivi, subito seguiti da sottomurazioni della canna (fig. 4.18).

Per grandi pozzi affondati a profondità anche notevoli, qualora in particolare si debbano attraversare zone acquifere per arrivare a quella prescelta per l'emungimento, si ricorre allo scavo mediante cassoni di ferro o di calcestruzzo armato, affondati con scavo.

Quando l'acqua comincia ad invadere il cassone, si introduce in esso aria compressa, che mantiene il suo interno all'asciutto, permettendo lo scavo sul fondo.

Sopra il cassone, man mano che affonda, viene costruita la canna anulare del pozzo.

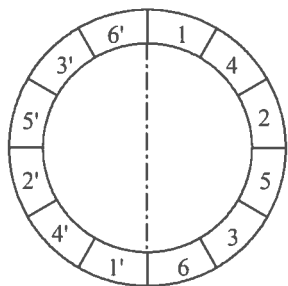
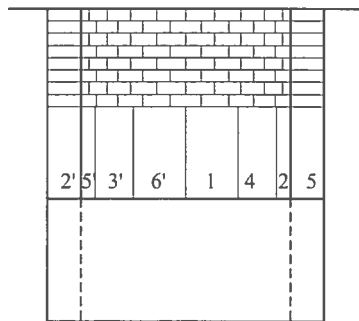


Fig. 4.18 - Metodo di scavo di pozzi per sotto-murazione ad anelli successivi. Al di sotto del primo anello costruito si scavano nel terreno settori a due a due diametralmente opposti (1-1', 2-2', ...) (pianta) e subito si riempiono con muratura. I settori di scavo si alternano a quelli già murati secondo la rotazione ciclica illustrata nella figura in pianta.

Per quanto riguarda la captazione a mezzo galleria, quando è scavata in terreni permeabili per fessurazione, l'orientamento della galleria captante deve essere scelto in maniera da raccogliere tutta l'acqua che scorre nei giunti irregolari in cui la roccia fessurata è scomposta. Questi infatti hanno un cammino tortuoso e irregolare in relazione alla maglia di giunti e fessurazioni proprie di quel tipo di roccia, ma con una direzione media generale che risulta assai più costante (fig. 4.19).

Questa direzione generale media deve servire di base alla buona orientazione della galleria filtrante. Se un terreno permeabile è interessato da falde acquifere, giace sulla sommità di una altura la cui base sia costituita da un terreno

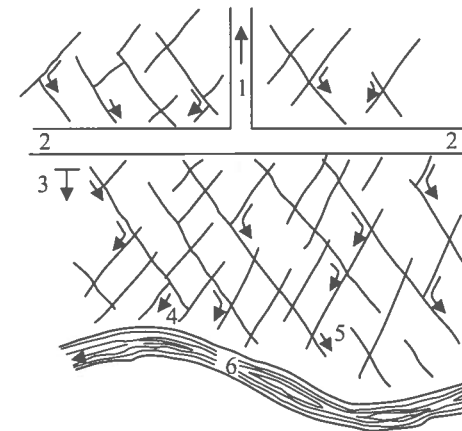


Fig. 4.19 - Captazione di acqua da una falda in rocce permeabili per fessurazione, mediante gallerie filtranti. In questo caso l'andamento delle stratificazioni e delle litoclasti è diverso dalla direzione generale di percolamento dell'acqua nella falda, che si sviluppa secondo la direzione media (3), anche se in effetti i filetti liquidi seguono cammini tortuosi a direzioni predominanti (4) e (5). La direzione delle gallerie captanti (2) deve essere normale, per ottenere il massimo rendimento, alla direzione media (3). Disposizioni diverse ridurrebbero notevolmente la rendita del volume d'acqua ritraibile. Nel caso della figura le acque di percolamento confluiscono, data la pendenza della stratificazione, nel corso d'acqua (6). La galleria filtrante si sviluppa normalmente a questa direzione, mentre la galleria di convogliamento (1) si sviluppa nella direzione opposta.

impermeabile o meglio, se il terreno impermeabile discende dalla sommità con pendenze uniformi su tutti i versanti, dà buoni rendimenti la captazione mediante galleria filtrante disposta come mostrato dalla fig. 4.20.

La direzione di percolamento assume, infatti, una disposizione a raggiera a partire dalla sommità dell'altura. Il punto più elevato della galleria sarà in questo caso diametralmente opposto alla galleria di presa.

Nei terreni coerenti, con bassa permeabilità generale, ma dove il disgregamento superficiale dei banchi ha creato condizioni di permeabilità assai superiori a

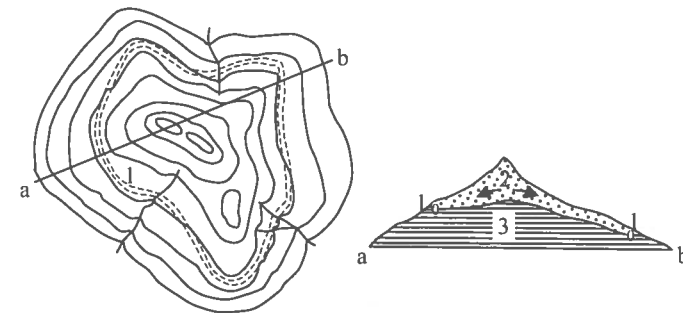


Fig. 4.20 - Schema di captazione mediante galleria filtrante, dell'acqua di una falda disposta su un'altura al contatto con strati impermeabili (3). La galleria filtrante (1) si sviluppa superficialmente tutto intorno all'altura nella parte più bassa della zona permeabile (2) a contatto con il substrato impermeabile, in maniera da raccogliere tutto l'apporto dovuto alle aree sovrastanti.

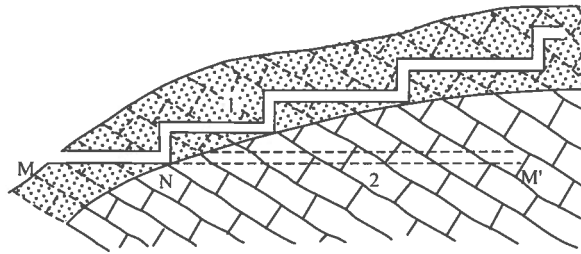


Fig. 4.21 - Corretta disposizione di galleria filtrante in terreni disgregati ed alterati superficialmente (1) in cui si sviluppano falde acquifere. La disposizione a gradinata delle gallerie filtranti sfrutta tutta l'area interessata dalla falda. Le gallerie a sviluppo unico sfrutterebbero solo in parte (M-N) la zona acquifera, interessando la restante parte di galleria (N-M') la formazione (2) poco permeabile.

quelle originarie, conviene sfruttare questa caratteristica con gallerie che si sviluppano nella formazione disgregata, dato che il rendimento dell'opera è maggiore in questi strati rispetto a quelli profondi. Per questa ragione, specie in zone a mezza costa, la galleria dovrebbe svilupparsi con lunghezze notevoli e dislivelli elevati.

Allo scopo si può provvedere ricorrendo a gallerie drenanti disposte in gradinata (fig. 4.21). L'inizio dell'opera può essere fatto in questi casi mediante pozzi che partono in superficie in corrispondenza di ogni gradino, potendo servire i pozzi in questione ad opera ultimata come pozzi di ispezione; oppure con minori convenienze, la galleria può essere iniziata o dal basso o dall'alto, dovendo ricorrere, in questi casi a finestre laterali e al drenaggio con pompe delle acque durante lo scavo.

Il metodo di scavo a pozzi e le stesse gallerie filtranti disposte sul fondo di formazioni permeabili (specialmente detriti di falda) e con notevoli sviluppi in lunghezza, è un metodo noto sin dalla più remota antichità.

Troviamo infatti disseminate opere di questo tipo, note con il nome di *karise*, dalla Cina all'Africa. Sono cunicoli lunghissimi ed appena praticabili (fig. 4.22), disposti, in genere, alla base dei detriti di falda o sotto le ampie conoidi degli altipiani, secchi in superficie, ma con acque sempre disponibili sull'unghia, al contatto con le formazioni impermeabili.

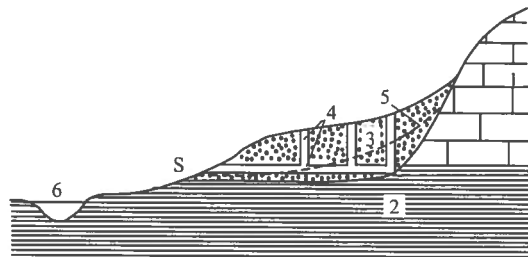


Fig. 4.22 - Schema di un Karise. Questo particolare tipo di opere captanti è comunissimo nelle zone aride ed è tuttora praticato, anche se storicamente l'uso si perde nei tempi. Si pratica una galleria (4) nelle formazioni detritiche (3) contenenti una falda (5) al piede delle montagne (1) ed al contatto con le formazioni impermeabili (2). I pozzi verticali servono per il mantenimento dei cunicoli e per l'evacuazione dei materiali di scavo. Lo sviluppo planimetrico delle gallerie può estendersi anche per parecchi chilometri. Le acque confluiscono in S; (6) corso d'acqua.

4.7. I POZZI PERFORATI

Aspetti generali

Un pozzo è un foro scavato nel sottosuolo fino ad una falda acquifera per estrarne acqua.

L'operazione consiste nel perforare il pozzo (o perforo) nel terreno, di completarlo per renderlo idoneo alla sua funzione (tubaggio, drenaggio, cementazione), infine di svilupparlo per renderlo il più efficiente possibile (spurgo, lavaggio, e altre operazioni)¹⁸.

Poiché la prima fase del lavoro consiste nel perforare il suolo, devono essere prese in considerazione le caratteristiche meccaniche dei terreni per individuare il metodo e gli attrezzi di perforazione più adatti.

Sotto l'aspetto "perforabilità", i terreni si possono suddividere in tre classi: *incoerenti*, *plastici* e *compatti*; è opportuno precisare tuttavia che tale distinzione non è ben netta, ma ci sono passaggi graduali da un tipo all'altro.

La perforazione del terreno può avvenire o per *scavo* o per *frantumazione* o per *taglio*; quindi le caratteristiche meccaniche da prendere in considerazione sono: coesione, fragilità, durezza e resistenza all'abrasione.

I terreni *incoerenti* (sabbia, ghiaia), a coesione nulla sono perforabili per azione di scavo.

La fragilità è la caratteristica che governa la fratturazione di un terreno o roccia in seguito all'azione di compressione generata da colpi ripetitivi di una massa pesante. La *velocità di disgregazione* di una roccia è direttamente proporzionale al peso, all'altezza di caduta di tale massa ed al numero di colpi. Essa è una caratteristica propria delle rocce compatte, ma non plastiche.

La *resistenza all'abrasione*, unitamente alla durezza, è la caratteristica di un terreno o roccia che ne determina la possibilità di essere tagliata per abrasione o per asportazione del truciolo. Tale caratteristica è propria delle rocce o terreni compatti, anche se plastici.

Pressione geostatica

Prima di iniziare la perforazione di un pozzo, il terreno sottostante è soggetto a una pressione geostatica dovuta alla coltre del terreno sovrastante e quindi tale pressione cresce al crescere della profondità. In queste condizioni il terreno si trova in equilibrio statico.

L'esecuzione del pozzo altera tale stato di equilibrio e ne genera un altro, dando luogo alla nascita di sollecitazioni alle pareti del pozzo e nelle sue immediate vicinanze.

In queste nuove condizioni il *terreno si allenta o rilassa*; tale fenomeno è massimo alle pareti del pozzo e va diminuendo man mano che ci si allontana da esso. In seguito a ciò il terreno tende a gonfiarsi e ad espandersi verso il pozzo, con conseguente suo restringimento e aumento della pressione verso l'interno.

Per eliminare tale inconveniente, durante la perforazione di un pozzo si deve cercare di «sostenerne» le pareti contro eventuali franamenti o rigonfia-

¹⁸ Cfr. Guido Chiesa. 1986. Pozzi per acqua. Hoepli. Milano.

menti con una tubazione di rivestimento provvisoria (sistema a secco) o creando una contropressione idrostatica all'interno del pozzo (sistema a circolazione).

Quando il pozzo è finito, una normale tubazione di rivestimento è sufficiente a sostenerne le pareti; si deve però tener presente che quando il pozzo è in produzione, diminuisce il carico idrostatico al suo interno in seguito all'abbassamento del livello d'acqua in esso, con conseguente aumento della pressione di schiacciamento. Questo fenomeno è particolarmente accentuato nei pozzi in falde artesiane.

Durante la fase di completamento di un pozzo, si riempie l'intercapedine pozzo-tubi o con ghiaia (avente un angolo d'attrito interno quasi nullo e peso specifico 1,6) o con boiaccia cementizia (avente un angolo d'attrito interno quasi nullo e peso specifico 1,8); in questi casi c'è il pericolo che avvenga lo schiacciamento della tubazione di rivestimento, specialmente nel caso di cementazione di tratti molto lunghi.

Metodi di perforazione

I sistemi o metodi di perforazione si possono classificare a seconda del modo di operare dell'utensile di scavo (percolazione o rotazione) o a seconda del metodo di estrazione del terreno scavato dal pozzo (a secco o a circolazione).

Non è possibile fare una distinzione netta tra le due classificazioni, perché un sistema a percussione può essere sia a secco sia a circolazione e così pure per un sistema a rotazione, e viceversa. In pratica però si ha che i principali sistemi di perforazione a secco sono quelli a percussione, mentre quelli a rotazione sono generalmente a circolazione.

La scelta del sistema di perforazione da utilizzare dipende essenzialmente dalla profondità e diametro del pozzo, dal tipo di terreno da perforare e dai costi.

In genere si può affermare che:

- Con il sistema a percussione non è economicamente consigliabile perforare oltre i 150 m di profondità, mentre con il sistema a rotazione con circolazione inversa si possono raggiungere profondità di 400-500 m; con il sistema a rotazione con circolazione diretta del fango si possono raggiungere profondità di diverse migliaia di metri.
- Con i sistemi a percussione e a rotazione con circolazione inversa si possono perforare pozzi con diametri fino a 1500 mm ed oltre, però si deve tener presente che con il sistema a percussione a secco tali diametri diminuiscono con l'aumentare della profondità da raggiungere. Con il sistema a rotazione con circolazione diretta i diametri di perforazione variano da un massimo di 24" (600 mm) a un minimo di 6" (150 mm), a seconda della profondità da raggiungere; con il sistema roto-percussione ad aria compressa si possono perforare pozzi con diametro da 12" (300 mm) ed eccezionalmente fino a 20" (510 mm).
- In linea di massima con il sistema a percussione si possono perforare terreni teneri, mentre il sistema roto-percussione ad aria è più idoneo a perforare terreni compatti e rocciosi; i sistemi a rotazione con circolazione diretta od inversa possono essere utilizzati per ogni tipo di terreno.

Terreni	Percussione	Rotazione	Roto-percussione
Sabbia e ghiaia sciolta	rapido	rapido	impossibile
Limo	rapido	rapido	impossibile
Trovanti o massi	difficile	difficile	difficile
Argilla	rapido	rapido	impossibile
Marnaabb.	rapido	rapido	difficile
Conglomerato/arenaria teneri	lento	lento	difficile
Conglomerato/arenaria comp.	impossibile	lento	rapido
Calcare cavernoso	lento	impossibile	difficile
Calcare compatto	lento	rapido	rapido
Roccia compatta	impossibile	lento	rapido

Tab. 4. I - Scelta dei sistemi di perforazione in base alle caratteristiche dei terreni.

Nella tab. 4. I sono riportate le caratteristiche di perforazione per vari tipi di terreni.

Attrezzature di perforazione

I tipi di macchine e di attrezzature per perforare i pozzi sono molte e di diversa costruzione; però i principi tecnologici su cui si basano sono sempre gli stessi e pertanto lo schema di un'attrezzatura di perforazione comprende (fig. 4.23).

- Utensile di perforazione o di scavo.** È l'attrezzo che scava o perfora il terreno; ve ne sono di due tipi a seconda del suo modo di operare: *utensili a percussione* (scalpello, sonda, benna) che scavano e rimuovono il terreno con movimenti alterni verticali: la forza di penetrazione è data dal loro stesso peso e dalla forza d'impatto, proporzionale all'altezza di caduta; *utensili a rotazione* (scalpelli, carotieri) che scavano il terreno con movimento rotatorio e la forza di penetrazione è data dal peso delle aste collegate ad essi e dalla loro velocità di rotazione.
- Collegamento dell'utensile alla superficie.** È il collegamento a cui viene at-

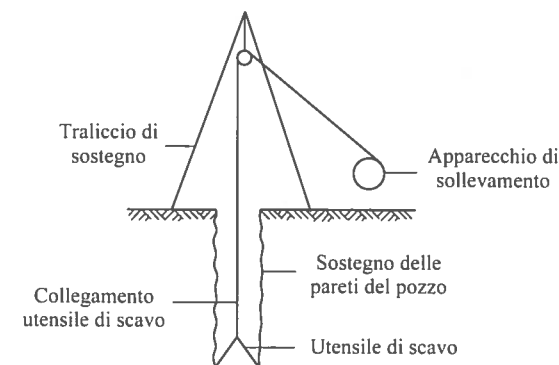


Fig. 4.23 - Schema d'impianto di perforazione.

taccato l'utensile di perforazione e mediante il quale esso viene azionato. Esso può essere di due tipi: *cavo d'acciaio flessibile*, che collega direttamente l'utensile di perforazione all'apparecchio di sollevamento, dopo essere passato attraverso le carrucole poste alla sommità del traliccio di sostegno (utilizzato solo per utensili a percussione a secco); *aste cave*, che vengono avvitate sull'utensile di perforazione; l'una sull'altra fino alla superficie, ove vengono agganciate ad una taglia collegata con un cavo d'acciaio flessibile all'apparecchio di sollevamento (utilizzate solo per utensili a circolazione).

- 3) *Apparecchio di sollevamento*. È formato da un argano comandato da un motore, sul tamburo del quale si avvolge il cavo d'acciaio collegato, direttamente o tramite le aste, all'utensile di perforazione. Con questo apparecchio si calano o si estraggono dal pozzo tutti gli attrezzi e gli apparecchi necessari alla costruzione del pozzo. Negli impianti piccoli questa funzione viene svolta da un pistone oleodinamico.
- 4) *Traliccio di sostegno*. È l'organo che sostiene tutto il peso degli attrezzi ed apparecchi che vengono calati o estratti dal pozzo; alla sua sommità ci sono più carrucole attraverso le quali scorrono i cavi flessibili.
- 5) *Sostegno delle pareti del pozzo*. Contro gli eventuali franamenti di terreno che possono aversi durante la perforazione di un pozzo, si può provvedere in due modi: nella perforazione a secco si utilizza una tubazione provvisoria (tubazione di perforazione o di lavoro) che viene calata nel pozzo man mano che procede la perforazione; nella perforazione a circolazione si usa un fango che abbia la caratteristica di formare un pannello o intonaco sulle pareti del pozzo il quale impedisce il franamento del terreno, aiutato in ciò anche dalla pressione idrostatica che il fango crea nel pozzo.
- 6) *Organo motore per l'utensile di perforazione*. È l'organo posto alla superficie, che comanda l'utensile di perforazione; può essere di due tipi: per la perforazione a percussione a secco è formato dall'argano stesso, al quale viene impresso manualmente un movimento alternato operando con la frizione; per gli utensili a rotazione è formato da un congegno ruotante (tavola rotary attraverso la quale passano le aste collegate all'utensile di perforazione o testina ruotante collegata direttamente alla sommità delle aste) comandato da un motore che genera il moto rotatorio dell'utensile di perforazione.
- 7) *Eliminazione del terreno di scavo*. Il terreno scavato e frantumato dall'utensile di perforazione al fondo del pozzo deve essere portato alla superficie per poter continuare la perforazione; per ottenere ciò ci sono due metodi, a seconda del tipo di perforazione e dell'utensile utilizzato. Nella perforazione a secco mediante *benna* o *sonda*, lo stesso utensile di perforazione viene utilizzato per l'estrazione del terreno dal pozzo; solo nel caso si operi con lo scalpello si dovrà provvedere alla pulizia del fondo pozzo con la sonda o con la benna. Nella perforazione a circolazione, qualunque sia l'utensile di perforazione impiegato (a esclusione del carotiere), il terreno scavato, ridotto in piccoli detriti, viene portato alla superficie dal flusso ascensionale del fluido di perforazione, il carotiere opera nei due modi.

4.7.1. Perforazione a percussione

Il metodo si basa sull'azione frantumatrice di un adatto utensile di perforazione, collegato, mediante un cavo d'acciaio, all'argano di perforazione, il quale viene alternativamente alzato e lasciato cadere liberamente al fondo del pozzo; pertanto i parametri che governano l'avanzamento di un tale tipo di attrezzo sono il suo peso, la sua altezza di caduta libera e la frequenza dei colpi.

Oltre a tali parametri ci sono altri fattori che influenzano la velocità d'avanzamento della perforazione: profondità e diametro del pozzo, pressione idrostatica al fondo del pozzo (cioè l'altezza dell'acqua nel pozzo).

Una regola generale è quella di operare con frequenti colpi e piccole altezze di caduta dell'utensile nel caso di terreni duri e compatti (roccia, conglomerato, arenaria, ecc.), mentre è consigliabile operare con altezze di caduta più lunghe e quindi con minor frequenza dei colpi nei terreni plastici (argilla, marna argillosa); per i terreni incoerenti (sabbia, ghiaia) il modo di operare è indifferente e dipende essenzialmente dall'utensile utilizzato e dal suo peso (in questi casi si deve fare attenzione, se si usano utensili molto pesanti, di non operare con grandi cadute libere perché c'è il pericolo di «annegare» l'utensile nel terreno e quindi di renderne difficoltosa o impossibile l'estrazione dal pozzo).

Per quanto riguarda il peso dell'utensile si fa presente che, per quanto teoricamente debba essere il più pesante possibile, più esso è grande, maggiore è l'allungamento, per elasticità, del cavo d'acciaio di collegamento e quindi nel caso di colpi molto frequenti e di piccola altezza di caduta, molti colpi vanno «a vuoto»; tale fenomeno è tanto più accentuato quanto più profondo è il pozzo.

Teoricamente potrebbe sembrare che per ogni tipo di terreno si possa trovare una soluzione analitica circa l'optimum della frequenza dei colpi, del peso dell'utensile e dell'altezza di caduta, ma ciò, per quanto sia stato tentato più volte, non è possibile. In questo tipo di perforazione è importante utilizzare l'utensile adatto al terreno, avere un'attrezzatura o impianto robusto e idoneo e avere un operatore o perforatore esperto e capace.

Macchinario e attrezzatura

Dato che in Europa la perforazione a percussione a secco viene fatta essenzialmente con argano e sonda, si descriverà solo questo metodo.

Macchinario

Il macchinario o impianto per la perforazione a percussione a secco è molto semplice e consiste (fig. 4.24) in un traliccio di sostegno (castello treppiedi o traliccio) e di un basamento ove si trovano due argani di sollevamento (uno di perforazione per l'utensile di scavo ed uno di manovra per le tubazioni di perforazione e di rivestimento) e l'organo motore (elettrico o a combustione interna); in certi casi, specialmente per pozzi di grande diametro, nella parte anteriore di tale basamento e al centro del traliccio di sostegno, ci può essere il giracolonne che serve per la manovra della tubazione di perforazione

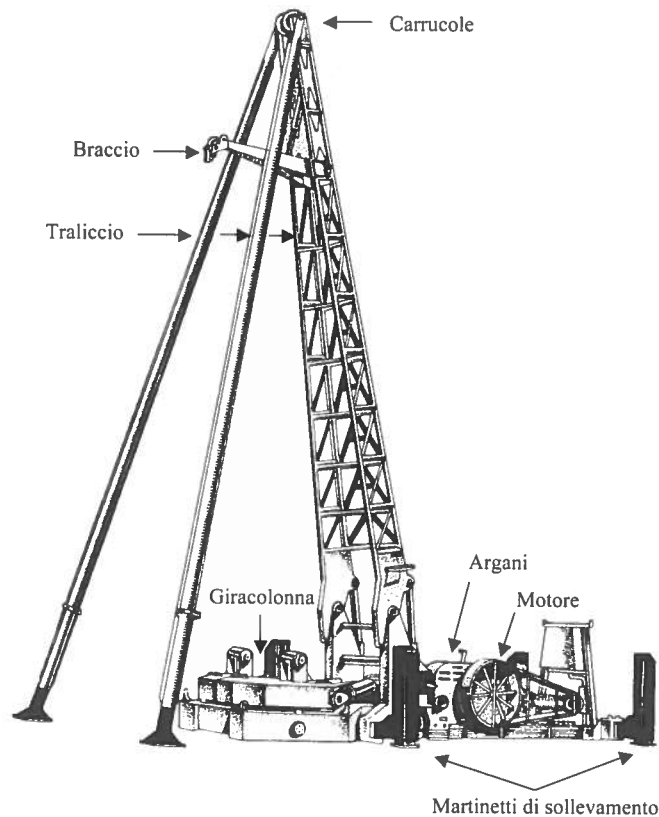


Fig. 4.24 - Impianto di perforazione a secco del tipo a terra con giracolonna.

Tali impianti possono essere del tipo «a terra» (fig. 4.24) o del tipo «automontato» (fig. 4.25), specialmente per pozzi di piccola profondità e di medio diametro.

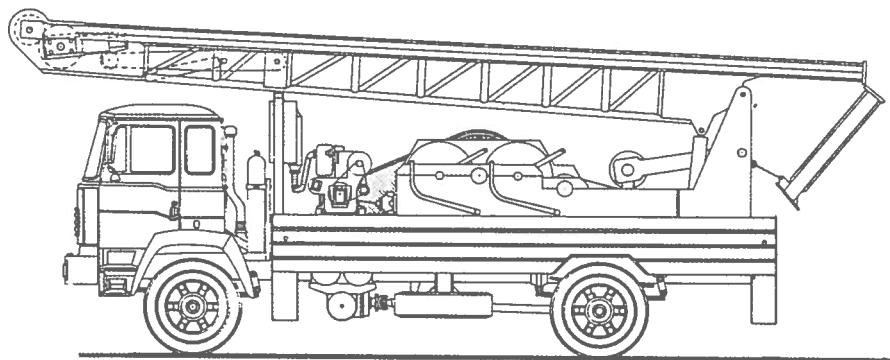


Fig. 4.25 - Impianto di perforazione automatico per la perforazione a percussione a secco.

4.8. LA CORREZIONE DELLE ACQUE NELLE INDUSTRIE ALIMENTARI

4.8.1. Introduzione al problema della correzione delle acque

Gli stabilimenti alimentari in genere attingono da sorgenti molto differenziate: pozzi romani, pozzi perforati, serbatoi naturali, sistemi di captazione delle acque meteoriche, laghi, fiumi, e talvolta dagli stessi oceani¹⁸.

L'acqua proveniente da pozzi profondi è generalmente costante nelle sue caratteristiche chimico-fisiche, chimiche e batteriologiche, ma porta in soluzione quantità più o meno marcate di sali minerali caratteristici degli strati di sottosuolo nei quali scorre.

Le acque superficiali, per quanto possano essere protette dall'inquinamento diretto, hanno tendenza a caricarsi di sostanze organiche in quantità molto elevata, specialmente nei cambiamenti di stagione,

I contaminanti provocano gusti e aromi sgradevoli, talvolta anche un aspetto visivo inaccettabile; questi caratteri negativi possono permanere e accentuarsi nel tempo. Impurità fisiche come la torbidità, il colore, l'odore o il sapore possono facilmente indurre un immediato giudizio negativo anche sul sapore e sull'aspetto delle bevande e dei liquidi di governo preparati con quell'acqua.

La torbidità o anche piccole quantità di materiali colloidali possono causare gravi inconvenienti ai sistemi di riempimento o peggio al consumatore e ai caratteri organolettici della bibita o dei liquidi di governo.

I microrganismi, le alghe o anche piccole tracce di sostanze organiche possono avere effetti negativi sugli alimenti e possono causare sgraditi sedimenti o flocculati; generalmente se l'acqua è utilizzata in queste condizioni per confezionare bevande e cibi, se ne riduce notevolmente la shelf-life. Sulle bevande elementi chimici e minerali presenti nell'acqua possono avere effetti avversi, quando eccedono determinati standard, talché essi devono essere "corretti". Un'alta alcalinità, per esempio, può facilmente neutralizzare l'equilibrio acido delle bevande; alti contenuti salini possono peggiorare irreversibilmente il sapore di un liquido di governo. Per queste ragioni perfino per le acque minerali, ancorché giudicate eccellenti per salubrità e alta qualità, possono essere necessari trattamenti di natura chimica, fisica e batteriologica, se impiegate nella preparazione delle bevande e nei liquidi di conservazione e governo dei cibi.

Nell'industria alimentare è bene distinguere tra acque costituenti il prodotto e acque di processo. Le prime rappresentano una "materia", le seconde una "sostanza di processo" nel senso che delle seconde non si dovrebbe trovare traccia nel prodotto finito.

Le acque di prodotto devono rispondere a specifici requisiti imposti dalla normativa e dal mercato, mentre le acque di processo devono rispondere a esigenze tecniche di impiego. Comunque ad ambedue i tipi è richiesta la massima

¹⁸ Cfr. Vol. II, Capitolo V, Tecniche di trattamento chimico delle acque e Cap. VI, Tecniche di disinfezione delle acque, dell'Opera Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande, Roberto Rizzo, Chiriotti Editori, 2005.

qualità igienica possibile, sicuramente entro i limiti più restrittivi contemplati dalle normative nazionali e internazionali.

Le acque di processo infatti, sistematicamente o accidentalmente, in moltissimi punti degli impianti di imbottigliamento e confezionamento possono venire a contatto con il prodotto da confezionare, con possibilità di procurare ad esso danni di natura chimica e/o microbiologica. Le acque impiegate nell'industria alimentare possono essere distinte secondo lo schema di **tab. 4.II**.

Ad esclusione delle acque minerali e delle acque di sorgente, per le quali sono ammessi i trattamenti chimico-fisici previsti dalle normative Europee e nazionali, le altre acque necessitano di opportuni trattamenti di bonifica igienica e correzione chimica (**tab. 4.III**) per essere efficacemente impiegate.

Acque di prodotto	<ul style="list-style-type: none"> • minerale • di sorgente • artificiale • costituente degli sciroppi • costituente della bibita
Acque di processo	<ul style="list-style-type: none"> • per i servizi generali d'impianto • per gli scambi termici • per i processi di sanificazione degli impianti • per la sanificazione/bonifica dei contenitori • per la bonifica igienica degli ambienti di lavoro

Tab. 4.II - Le acque nell'industria alimentare.

Tra i problemi connessi alle acque di processo molto importanti sono quelli della corrosione e delle incrostazioni. Le acque utilizzate per scambi termici con il prodotto e/o per il lavaggio degli ambienti e delle apparecchiature devono essere sanizzate e corrette chimicamente in modo da non provocare corrosione o deposito di incrostazioni.

È opportuno che le acque utilizzate come costituenti del prodotto abbiano origine dal sottosuolo, in quanto generalmente queste sono pressoché prive di materiale organico, anche se possono contenere in alta percentuale i minerali componenti dell'alcalinità, calcio e magnesio.

Le acque di superficie viceversa hanno basso contenuto salino, ma un carico organico elevato, che varia da stagione a stagione; esse quindi normalmente devono essere trattate sia sotto l'aspetto chimico sia biologico per acquisire le caratteristiche adatte all'uso cui sono destinate.

4.8.2. I trattamenti di correzione

Tra i trattamenti più comunemente impiegati nell'industria alimentare vi sono:

- la *coagulazione*, che rimuove l'alcalinità, parte della durezza e dei solidi disciolti, la maggior parte dei metalli, la torbidità e i sedimenti. Essa serve an-

che a sanitzare l'acqua. Tuttavia la coagulazione deve essere sempre seguita da filtrazione su carbone attivo per rimuovere cloro, odori estranei, sostanze organiche e colorazioni indesiderate.

La coagulazione è una tecnologia adatta al trattamento di acque ad alto contenuto salino.

Quando nell'acqua sono presenti solfati, cloruri, nitrati o sodio sono da prendere in considerazione i seguenti trattamenti:

- *osmosi inversa e nanofiltrazione*,
- *elettrodialisi e ultrafiltrazione*,
- *demineralizzazione attraverso lo scambio ionico*,
- *distillazione* (quando trattasi di acque marine e salmastre).

L'osmosi inversa, la nanofiltrazione, l'elettrodialisi e l'ultrafiltrazione rientrano nelle *tecnologie di membrana*.

Tipologia		Trattamenti		
		Ammessi	Consigliati	Necessari
Acque di prodotto	Minerale	Deferrizzazione Decantazione		
	Di sorgente	Deferrizzazione Desolforazione		
	Artificiale	Correzione dei caratteri chimici e chimico-fisici		
	Per sciroppi e liquidi di governo*		Correzione	Sterilizzazione
	Per bibita*		Correzione	Sterilizzazione
Acque di processo	Servizi generali d'impianto			Addolcimento / demineralizzazione
	Scambi termici			Addolcimento / demineralizzazione
	Sanificazione impianti		Addolcimento / sterilizzazione	Sterilizzazione
	Bonifica contenitori		Addolcimento / sterilizzazione	Sterilizzazione
	Igiene ambienti di lavoro		Addolcimento	Aggiunta di prodotti lavanti e anti-settici

* Per le "bevande in acque minerali" è opportuno effettuare solo i trattamenti ammessi per le acque minerali.

Tab. 4.III - Trattamenti di bonifica igienica e correzione chimica.

Le tecnologie di membrana

L'osmosi inversa può rimuovere i solidi da coagulazione, non può rimuovere solfati, cloruri, nitrati, sodio ed è estremamente utile per la rimozione delle sostanze organiche.

La nanofiltrazione rimuove piccolissime e grandi molecole organiche, la durezza, parte dell'alcalinità e parte degli altri composti inorganici (solfati, cloruri) operando a più bassi livelli di pressione rispetto all'osmosi inversa. Questa tecnica è particolarmente indicata per le acque di superficie.

L'ultrafiltrazione è indicata per macromolecole organiche e può rimuovere efficientemente la torbidità.

L'elettrodialisi è economicamente conveniente per rimuovere i sali che la coagulazione non riesce a rimuovere, come i cloruri, i solfati, i nitrati e il sodio e nel ridurre tutti i solidi disciolti.

Lo scambio ionico

Lo scambio ionico può demineralizzare completamente l'acqua o può essere utilizzato per rimuovere uno specifico ione. Questa tecnologia è molto versatile e può operare su composti organici, metalli e quando si abbia necessità di preparare un'acqua con specifiche caratteristiche.

Gli scambiatori ionici sono spesso usati per ridurre la durezza nelle acque per la preparazione delle bibite e dei liquidi di governo e vengono impiegati nei generatori di vapore e in genere per scambi termici.

Resine a debole scambio cationico sono usate per ridurre la durezza, infatti la resina a debole scambio cationico è generalmente impiegata come un addolcitore e come dealcalinizzatore.

Scelta della tecnologia più opportuna

La scelta di una corretta tecnologia di trattamento dipende in gran parte dalla fonte di approvvigionamento idrico, ma deve guardare anche all'uso cui è destinata l'acqua.

Le acque sotterranee sono generalmente prive di sostanze organiche naturali, ma possono avere elevati contenuti minerali come i componenti dell'alcalinità, il calcio e il magnesio.

I pozzi profondi e isolati possono fornire acqua di elevata qualità, stabile e in quantità abbondante, ma spesso con elevati contenuti salini, che richiedono un minimo di flessibilità degli impianti di trattamento.

Le acque di superficie, ancorché con bassi livelli di mineralizzazione, contengono sostanze organiche in quantità molto elevata e questo carico organico variabile di stagione in stagione. Quando esse vengono trattate in impianti tradizionali, possono contenere materiali organici come le alghe che influiscono negativamente sulla qualità dei prodotti alimentari.

Frequentemente le acque prelevate da uno stesso acquedotto provengono da sorgenti diverse. È importante indagare su queste forniture in termini di fluttuazione in volume e in qualità nel tempo. È inoltre estremamente importante che ciascuna sorgente utilizzata sia soggetta ad un ampio spettro di analisi chimiche, chimico-fisiche e biologiche.

Per avere un orientamento sul tipo di trattamento da adottare bisogna considerare che:

- la coagulazione rimuove l'alcalinità, parte della durezza, la sospensione dei solidi disciolti, molti metalli, la torbidità e i sedimenti. Essa è utile anche per sanificare l'acqua; in questo caso deve essere seguita da trattamento con carbone attivo per rimuovere il cloro residuo, gli odori, i colori e i composti organici indesiderati (fig. 4.26);
- l'osmosi inversa rimuove quasi tutti i contaminanti, ma deve essere seguita da un trattamento su carbone attivo per rimuovere le piccole molecole organiche, il cloro, sapori e odori indesiderati (fig. 4.27);
- la coagulazione e lo scambio ionico possono essere combinati insieme per risolvere quasi tutti i problemi di trattamento delle acque;
- quando vengono usate le tecnologie di membrana, come l'osmosi inversa o la nanofiltrazione, è richiesto un pretrattamento per proteggere la membrana dalla contaminazione dovuta ad alcuni componenti quali il ferro e i silicati.

Può essere utile riportare qualche esempio dei trattamenti cui sottoporre le acque sulla base delle loro caratteristiche iniziali.

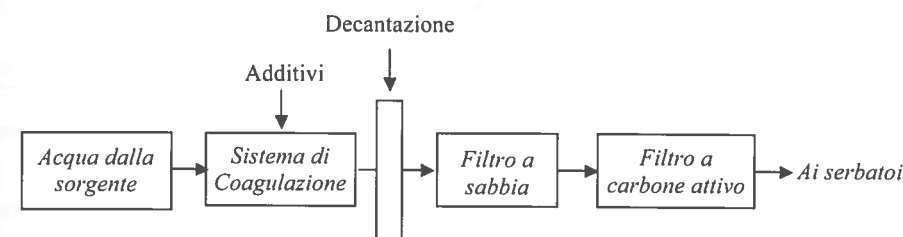


Fig. 4.26 - Operazione di trattamento dell'acqua per coagulazione.

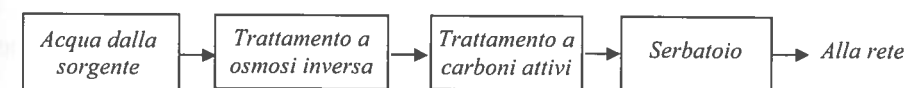


Fig. 4.27 - Schema di trattamento delle acque sottoposte ad osmosi inversa.

Es. n° 1. Un'eccellente acqua rispondente a tutti i parametri chimici, fisici e chimico-fisici richiesti, proviene da un'insospettabile e affidabile sorgente sotterranea di grande portata.

Trattamenti opportuni:

- 1) Clorazione con tempo di contatto di 2 ore, filtrazione su sabbia e carbone, filtrazione a $0,45 \mu\text{m}$.
- 2) Ozonizzazione, filtrazione su sabbia e carbone, filtrazione a $0,45 \mu\text{m}$.

Es. n° 2. Un'eccellente acqua, risponde a tutti i parametri chimici, fisici e chimico-fisici richiesti, proviene da un'affidabile sorgente superficiale di grande portata.

Trattamenti opportuni:

- 1) Ultrafiltrazione, clorazione (30 minuti), filtrazione su sabbia e carbone, brillantatura¹⁹.
- 2) Nanofiltrazione, clorazione (30 minuti), filtrazione su sabbia e carbone, brillantatura.
- 3) Clorazione con ritenzione di cloro per 2 ore, filtrazione su sabbia e carbone, *polishing*.
- 4) Ozonizzazione, filtrazione su sabbia e carbone, *polishing*.

Es. n° 3. L'acqua rientra in tutti gli standard eccetto che per l'alcalinità.

Trattamenti opportuni:

- 1) Sistemi standard di coagulazione.
- 2) Nanofiltrazione, clorazione (30 minuti) filtrazione su sabbia e carbone, *polishing*.
- 3) Osmosi inversa, clorazione (30 minuti), filtrazione su sabbia e carbone, *polishing*.
- 4) Scambio ionico (su resina a rigenerazione acida), cloro (30 minuti), filtrazione su carbone, *polishing*.

Es. n° 5. Acqua con un pesante carico organico naturale, rispondente a tutti gli standard, eccetto che per un'alta alcalinità.

Trattamenti opportuni:

- 1) Nanofiltrazione, clorazione (30 minuti), filtrazione su sabbia e carbone, brillantatura.
- 2) Osmosi inversa, clorazione (30 minuti), filtrazione su sabbia e carbone, brillantatura.

Es. n° 6. Acqua con moderati livelli di cloruri, solfati o nitrati (al di sotto dei massimi livelli previsti dagli standard).

Trattamenti opportuni:

- 1) Elettrodialisi con pretrattamento se necessario, post trattamento con cloro (30 minuti), filtrazione su sabbia e carbone, brillantatura.
- 2) Osmosi inversa, clorazione (30 minuti), filtrazione su sabbia e carbone, brillantatura.
- 3) Sistema standard di coagulazione, più scambio ionico per la demineralizzazione.
- 4) Scambio ionico (demineralizzazione), clorazione (30 minuti), filtrazione su carbone, brillantatura.

Es. n° 7. Acqua con alti livelli di cloruri, solfati o nitrati (al di sopra degli alti livelli previsti dagli standard).

Trattamenti opportuni:

- 1) Elettrodialisi con pretrattamento se necessario, post trattamento con cloro (30 minuti), filtrazione su sabbia e carbone, brillantatura.
- 2) Osmosi inversa, clorazione (30 minuti), filtrazione su sabbia e carbone, brillantatura.

¹⁹ Trattamento di chiarificazione ed eliminazione di eventuali colorazioni.

4.8.3. La disinfezione delle acque

Il cloro è l'agente disinfettante più comunemente usato nel trattamento delle acque. Se questo trattamento ingenera problemi organolettici o altri tipi di problemi per la produzione, possono essere efficacemente utilizzate altre alternative:

- filtrazione a 0,2 μm ,
- ozonizzazione o altri ossidanti,
- irradiazione U.V.

L'ozono, come si vedrà più avanti, è un gas instabile, incolore e di odore molto lieve. Esso è stato usato per la prima volta in Francia (Nizza) nel 1906 per trattare l'acqua della rete idrica della città. Per la sua instabilità deve essere generato in sito e non può essere acquistato all'esterno. Oggi è comunemente usato nell'industria alimentare sia per il trattamento delle acque costituenti il prodotto sia per l'acqua di servizio.

La sua azione si basa su due effetti:

- ossidazione,
- disinfezione.

Il potenziale di ossidazione dell'ozono (tab. 4.IV) è il più elevato tra gli ossidanti normalmente in commercio.

Ossidante	Potenziale di ossidazione
Ozono	2,07
Permanganato	1,67
Biossido di cloro	1,50
Acido ipocloridrico	1,49
Cloro gassoso	1,36
Ipcolorito	0,94

Tab. 4.IV - Potenziali di ossidazione.

L'ozono può ossidare sia i materiali organici sia i materiali inorganici attraverso una varietà di meccanismi chimici. In generale esso è più efficace del cloro nell'inattivazione di alcuni batteri, virus, miceti e spore.

4.8.4. Linee guida per la scelta dei processi di trattamento delle acque

Il processo di trattamento delle acque per l'industria alimentare è un'operazione complicata. I parametri richiesti sono differenti per ogni utilizzazione dell'acqua e di solito possono essere anche differenti a seconda della sorgente utilizzata. La scelta di uno o più processi di trattamento dell'acqua da fornire ad un'utenza è influenzata dalla necessità di uniformarsi ai parametri di qualità richiesti dall'utenza e dell'utilizzazione (ad esempio i requisiti organolettici: sapo-

re e odore) e di farlo ai più bassi costi. I fattori che dovrebbero essere considerati nella scelta dei processi di trattamento delle acque alimentari sono:

- rimozione delle impurità,
- qualità della sorgente,
- affidabilità della sorgente,
- condizioni ambientali,
- flessibilità del processo,
- entità della richiesta dell'utenza,
- costi,
- compatibilità ambientale,
- qualità e affidabilità del sistema di distribuzione.

Un approccio corretto all'approvvigionamento di un'acqua

La qualità dell'acqua di fonte è stabilita dalle autorità della salute pubblica da decenni. Agli inizi degli anni '60 furono fissati standard dell'acqua da bere, decidendo che: *"l'approvvigionamento di acqua dovrebbe essere ottenuto dalla fonte più protetta possibile e ogni sforzo dovrebbe essere fatto per prevenire o controllare l'inquinamento di quella sorgente. Se la fonte non è protetta adeguatamente dai naturali mezzi, l'approvvigionamento sarà protetto adeguatamente da un trattamento"*. Negli USA il Primario Regolamento Provvisorio Nazionale sull'Acqua da bere dell'EPA (Agenzia Americana di Protezione Ambientale, 1976) determinò che: *"la produzione di acqua che non possa minacciare la salute del consumatore dipende dalla protezione continua. Il concetto fondamentale nell'acquisire la migliore qualità di acqua della fonte, che sia anche economicamente fattibile, è il fondamentale fattore nel prendere decisioni circa la scelta della fonte e la selezione del trattamento"*.

Fonti idriche alternative

Le aziende di utilizzazione dell'acqua e i loro tecnici hanno l'obbligo di considerare l'uso di fonti alternative quando si stia valutando l'installazione di un nuovo trattamento o l'espansione della capacità di un'installazione esistente, o quando un approccio diverso e più costoso di trattamento sia allo studio.

Quando le spese del trattamento sono molto elevate, lo sviluppo di una fonte di qualità più alta può essere economicamente attraente e conveniente.

Fra le possibili scelte:

- una fonte di superficie diversa o una fonte sotterranea diversa,
- una fonte sotterranea invece di acqua di superficie,
- l'infiltrazione attraverso argini del corpo idrico invece di prelievi diretti di un'acqua superficiale.

Per medi o grandi sistemi di acqua, cambiare la fonte di acqua di superficie o la fonte di acqua sotterranea può essere difficile a causa della dimensione della domanda di acqua pura; per sistemi di acqua piccoli, con richieste piccole, ciò è più facile da farsi, sempre che la distanza dalla nuova sorgente non renda la soluzione economicamente non conveniente.

Alternative al trattamento

In alcuni casi gli utilizzatori dell'acqua possono evitare di investire ingenti somme per il trattamento, scegliendo un'alternativa al trattamento. Una scelta alla quale devono essere disponibili i produttori di alimenti è di acquistare l'acqua da un'altra utenza invece di trattarla. Questa opzione è particolarmente attraente quando le condizioni di trattamento sono rese più restrittive dalle regolamentazioni, o quando la capacità del preesistente sistema di approvvigionamento deve essere espansa per soddisfare la domanda.

L'esame delle alternative al trattamento può in molti casi rivelare l'impossibilità pratica o economica di praticare alternative convenienti al trattamento di acqua in uso. In tali circostanze sarà necessario, modificare, espandere, o mettere in opera nuove installazioni per il trattamento. I concetti guida sulla scelta dei processi di trattamento dell'acqua vengono esposti nel seguito. Le tecniche di trattamento delle acque, il loro funzionamento e le loro capacità, con riguardo al miglioramento della qualità dell'acqua sorgiva, sono discusse nei paragrafi che seguono.

I fattori che influenzano la scelta del processo di trattamento

La rimozione degli inquinanti è lo scopo principale del trattamento per molte acque, particolarmente se superficiali. La qualità di un'acqua trattata deve rispettare le norme vigenti che tengono conto anche dei possibili effetti potenziali sulla salute e delle risorse necessarie per controllare i contaminanti.

Anche quando gli utenti di un'acqua e i gestori dell'utenza stimano che una fonte sia di qualità eccellente, il livello massimo di contaminanti (MCLs²⁰) regolamentato per l'acqua da bere deve essere visto come un limite superiore, che raramente o mai dovrà essere raggiunto, piuttosto che come un orientamento per la qualità dell'acqua. Molti alimentaristi per fortuna scelgono di utilizzare acqua di qualità molto migliore dell'acqua che si otterrebbe applicando le regolamentazioni. Tali imbottiglieri potrebbero impiegare gli stessi processi di trattamento che sarebbero necessari per soddisfare alla qualità richiesta dalle regolamentazioni, ma applicano processi più efficaci. Numerosi anche gli alimentaristi che si orientano verso trattamenti supplementari per raggiungere la qualità prefissata.

Acque di superficie e sotterranee, possono avere caratteristiche organolettiche che sono non accettabili dagli utilizzatori anche se gli MCLs non sono violati. In questo caso possono essere richiesti dei trattamenti per migliorare il gusto, l'odore, il colore, la durezza, il contenuto minerale, il ferro, il manganese²¹. Il miglioramento delle qualità organolettiche è comunque molto importante, perché le percezioni di qualità del prodotto, specie quelli a matrice acquosa, da parte del consumatore spesso si basano sull'osservazione dei fattori di qualità dell'acqua, la maggior parte dei quali sono estetici; una matrice acquosa che ha cattivo gusto, odore o altri problemi estetici sarà percepita come malsana dal consumatore. Questo può causare una perdita di fiducia nel produttore da parte dei suoi clienti.

²⁰ Maximum Contaminant Levels.

²¹ I problemi estetici e organolettici generano inadempienza di MLCs secondari.

Categorie di contaminanti	Aerazione e stripping	Coagulazione sedimentazione e/o DAF (1)	Filtrazione superficiale	Addolcimento con calce soda	Ossidazione chimica e disinfezione	Processo a membrana			Scambio ionico		Assorbimento	
						Nano-filtrazione	Osmosi inversa	Elettrolisi/ED inversa	Antone	Catone	Addizione con carbone granulare	Potenziamento con carbone attivo
Contaminanti primari inorganici												
Antimonio												
Arsenico (+3)		XO (1)		XO			X (2)	X	X			X
Arsenico (+5)		X		X			X	X	X			X
Bario				X			X	X		X		
Berillio		X		X			X	X				
Cadmio		X		X			X	X		X		
Cromo (+3)		X		X			X	X		X		
Cromo (+6)							X	X		X		
Cianuro					X							
Fluoro				X			X	X				X
Piombo (4)							X					
Mercurio (inorganico)				X			X	X				
Nickel				X			X	X		X		
Nitrato							X	X		X		
Nitriti							X	X		X		
Selenio (+4)		X					X	X		X		X
Selenio (+6)							X	X		X		X
Tallio							X	X		X		X

(1) DAF (Dissolved Air Flotation): separazione con aria disciolta. (2) X: processo appropriato per questo contaminante. (3) XO: appropriato quando l'ossidazione è usata insieme a questo processo. (4) Il piombo è generalmente un prodotto della corrosione ed è tenuto sotto controllo mediante un trattamento specifico anticorrosione piuttosto che rimuoverlo mediante un processo di trattamento delle acque.

Tab. 4.V - Segrie.

Sono note varie tecniche di trattamento dell'acqua per rimuovere sia i contaminanti sia i fattori organolettici negativi. Una disamina esaustiva dei più appropriati processi di trattamento di un'acqua alimentare per la rimozione di contaminanti è stata intrapresa da vari Istituti di ricerca e le informazioni sull'efficacia generale dei processi di trattamento per la rimozione dei contaminanti solubili sono riassunte nella tab. 4.V. Per la rimozione dei contaminanti particolati vengono usati processi di filtrazione e di chiarificazione (sedimentazione o insufflaggio di bolle di aria). Tuttavia possono essere necessarie informazioni specifiche sulla sua efficacia del processo prima che si scelga il processo, in particolare quando nessuna esperienza del trattamento per l'acqua disponibile di fonte esista precedentemente.

Gli studi pilota possono essere i mezzi più adatti per ottenere informazioni sullo sviluppo dei processi di trattamento e sulla qualità dell'acqua che può essere raggiunta. Eseguire un studio pilota prima della scelta del processo può richiedere da 1 a 12 mesi per esami sul luogo e da 2 a 6 mesi supplementari per la preparazione di un rapporto completo; in ogni caso è sempre auspicabile effettuare tale studio, perché esso mette in luce il costo effettivo e assicura che le mete di qualità saranno raggiunte dal processo selezionato.

Informazioni sulle capacità generali di processi di trattamento di acqua per la rimozione di contaminanti solubili sono riportate in tab. 4.V.

Alcuni contaminanti solubili vengono rimossi più prontamente dopo l'ossidazione, e questo è indicato in tab. 4.V. Non sono inclusi in tab. 4.V i processi di trattamento per contaminanti particolati e gas. I contaminanti particolati vengono rimossi attraverso vari processi di filtrazione successivi, elencati in tab. 4.V (filtrazione con sabbia lenta, microfiltrazione, e ultrafiltrazione). In generale, i contaminanti gassosi vengono eliminati con un'adeguata aerazione.

L'interazione tra i vari processi di trattamento dell'acqua deve essere considerata nel contesto normativo e nel contesto più ampio della qualità iniziale e finale dell'acqua: le regolamentazioni sull'acqua da bere a cui può farsi riferimento, sono state scritte in rapporto allo stretto contesto che si concentra sui contaminanti in generale o sui contaminanti ammessi. Qualche volta un approccio adeguato ad un dato trattamento per rispettare un MCL può causare problemi di acquiescenza nei confronti di altri contaminanti; per esempio, se l'uso di residuo del cloro libero viene aumentato per rispettare il CT relativo ai regolamenti sul trattamento delle acque superficiali, questo potrebbe causare trihalometano (THMs²²), eccedendo di conseguenza il MCL relativo, con possibili problemi di sapore e di odore. Mantenere un pH alto nel sistema della distribuzione sarebbe utile per venire incontro ai limiti relativi al piombo e al rame, ma con un pH alto nasce la possibilità di formazione di THM e cala l'efficacia di disinfezione del cloro libero.

Alcune interazioni tra vari processi di trattamento sono benefiche. L'ozono può essere usato per una varietà di scopi, incluso il controllo di gusto e odore, disinfezione e ossidazione di ferro e di manganese. Migliora le capacità dei filtri anche in termini di più lunga durata e migliora la rimozione delle particel-

²² Trihalomethanes.

Categorie di contaminanti	Aerazione e stripping	Coagulazione e sedimentazione e/o DAF (1), filtrazione	Filtrazione superficiale	Addolcimento con calce soda	Ossidazione chimica e disinfezione	Processo a membrana			Scambio ionico		Assorbimento			
						Nano-filtrazione	Osmosi inversa	Elettrodialisi/ED inversa	Antione	Catione	Additivazione con carbone granulare	Potenziamento con carbone attivo	Allumina attiva	
Contaminanti primari organici														
Organici volatili												X		
Organici sintetici								X				X	X	
Pesticidi/erbicidi						X		X				X	X	
Carbone organico disciolto	X					X		X				X	X	
Radionuclidi														
Radio (226+228)		X		X				X						
Uranio								X	X					
Contaminanti secondari e costituenti causa di problemi estetici														
Durezza				X		X		X				X		
Ferro		XO	XO	X							X			
Manganese		XO	XO	X							X			
Solidi disciolti totalmente								X			X			
Cloruri								X			X			
Solfati								X			X			
Zinco				X				X			X			
Alterazione del colore		X			X			X				X	X	
Alterazione di gusto e odore	X				X			X				X	X	

Tab. 4.V - Efficacia generale dei processi di trattamento dell'acqua per la rimozione di contaminanti solubili.

le; questi possono essere benefici supplementari dovuti all'ozono. Normalmente, l'ozonizzazione deve essere controllata per prevenire problemi di crescita biologica che si sviluppano nel sistema di distribuzione e negli impianti alimentari di confezionamento.

Con la conoscenza delle variazioni nella qualità dell'acqua, i tecnici possono identificare uno o più processi di trattamento che sono necessari per raggiungere il miglioramento della qualità. Conoscere la fonte e l'origine dell'acqua può essere utile anche per valutare la natura dei possibili futuri problemi di qualità e sviluppare un programma che esamini e definisca concretamente la qualità dell'acqua conseguibile. Per le acque superficiali è necessario assumere informazioni relative alle contaminazioni antropiche o naturali. Per le acque sotterranee, la conoscenza della falda acquifera specifica dalla quale l'acqua è prelevata è molto utile; utilissime informazioni possono essere fornite da eventuali altre utenze che stanno usando la stessa falda acquifera. La capacità di un impianto di trattamento dell'acqua di fornire acqua costantemente trattata, con la qualità che rispetti la normativa e i fini di utilizzazione dell'acqua, viene migliorata fortemente quando la qualità originaria dell'acqua rimane interno al range di qualità fissato dalla normativa.

Frequentemente, però, le qualità organolettiche dell'acqua possono variare su un vasto arco, come ad esempio la torbidezza, che però può essere studiata usando calcoli probabilistici. Con tali calcoli, possono essere fatte stime della torbidezza di un'acqua sorgiva che ci si potrebbe aspettare per il 90-99% del tempo.

Quando vengono presi in considerazione processi di trattamento con sabbia lenta, con diatomee, o con filtrazione diretta, sono necessari studi mirati sulla qualità dell'acqua iniziale per assicurare che la qualità finale sia conseguita da questi processi. Problemi sulla qualità dell'acqua di fonte possono qualche volta richiedere particolari processi, come la flocculazione per trattare ad esempio acque cariche di alghe. Quando vengono trattate acque superficiali, il concetto *barriera per la salute pubblica* deve essere preso prioritariamente e assolutamente in considerazione. Sorgenti soggette a contaminazione di feci umane o animali (bestiame, cavalli, o altri animali capaci di emettere *Cryptosporidium*) probabilmente richiedono barriere multiple di rimozione fisica (sedimentazione, flocculazione, DAF, seguiti da filtrazione).

Qualità dell'acqua sorgiva

Un confronto di qualità tra l'acqua di fonte disponibile e l'acqua desiderata è essenziale per la scelta del processo di trattamento.

Con la conoscenza delle variazioni nella qualità dell'acqua, i tecnici possono identificare uno o più processi di trattamento che sono necessari per raggiungere il miglioramento della qualità. Conoscere la fonte e l'origine dell'acqua può essere utile anche per valutare la natura dei possibili futuri problemi di qualità e sviluppare un programma che esamini e definisca concretamente la qualità dell'acqua conseguibile. Per acque superficiali, informazioni circa lo spartiacque possono fornire informazioni relative alle contaminazioni antropiche o naturali. Per le acque sotterranee, la conoscenza della falda acquifera specifica dalla quale

L'acqua è prelevata è molto utile; utilissime informazioni possono essere fornite da eventuali altre utenze che stanno usando la stessa falda acquifera. La capacità di un impianto di trattamento dell'acqua di fornire acqua costantemente trattata, con la qualità che rispetti la normativa e i fini di utilizzazione dell'acqua, viene migliorata fortemente quando il range di qualità originaria dell'acqua di fonte rimane interno al range di qualità fissato dalla normativa. Frequentemente, però, le qualità organolettiche dell'acqua possono variare su un vasto range, come ad esempio la torbidezza, che però può essere studiata usando calcoli probabilistici. Con tali calcoli, possono essere fatte stime della torbidezza di acqua sorgiva che ci si potrebbe aspettare per il 90+99% del tempo.

Quando vengono presi in considerazione processi di trattamento con sabbia lenta, con diatomee, o con filtrazione diretta, sono necessari studi mirati sulla qualità dell'acqua iniziale per assicurare che la qualità finale sia ottenuta da questi processi. Problemi sulla qualità dell'acqua di fonte possono qualche volta richiedere particolari processi, come la flocculazione per trattare ad esempio acque cariche di alghe. Quando vengono trattate acque superficiali, il concetto *barriera per la salute pubblica* deve essere preso prioritariamente e assolutamente in considerazione. Sorgenti soggette a contaminazione di feci umane o animali (bestiame, cavalli, o altri animali capaci di emettere *Cryptosporidium*) probabilmente richiedono barriere multiple di rimozione fisica (sedimentazione, flocculazione, DAF, seguiti da filtrazione).

Affidabilità e "robustezza" del processo di trattamento

L'affidabilità del processo è un'importante elemento da considerare e in molti casi potrebbe essere la chiave fondamentale, nel decidere quale processo selezionare. La disinfezione dell'acqua (specie di falda superficiale) è spesso necessaria, ma essa è regolamentata in maniera rigida, talché la sola azione accettabile da prendere in caso di "defaillance" della disinfezione di un impianto che tratta tale acqua, è di fermare la distribuzione o l'utilizzo dell'acqua fino a quando il problema non sarà risolto e verrà attuata una disinfezione corretta. Per evitare errori nella disinfezione e minimizzare i tempi di interruzione, bisogna equipaggiarsi con sistemi di disinfezione di riserva o disporre di parti di ricambio dell'impianto da tenere pronte per le emergenze. L'affidabilità è un fattore molto importante nel valutare le alternative fra i vari sistemi di disinfezione, così come per gli altri processi il cui fallimento potrebbe avere conseguenze immediate sulla produzione alimentare.

L'affidabilità del processo ha bisogno di essere valutata caso per caso, perché i fattori che influenzano l'affidabilità in una certa situazione potrebbero non essere applicabili ad un'altra situazione.

Tra i fattori che influenzano l'affidabilità si possono includere:

- il range di qualità di acqua sorgiva nei confronti del range di qualità fissato per il processo;
- il trend di variazione di qualità dell'acqua sorgiva (lento, graduale o molto rapido);
- livello di addestramento degli operatori;
- modello di gestione (24 ore per giorno o intermittente);

- modo di operare:
 - continuo, o on-off ogni giorno;
 - costante o variabile (flusso richiesto dall'impianto di imbottigliamento o dall'utenza);
- tipo e qualità della strumentazione di esercizio e di controllo;
- abilità nel mantenere le apparecchiature in buono stato di lavoro;
- affidabilità dell'alimentazione elettrica;
- capacità di prevenire o minimizzare il progressivo deterioramento dell'acqua sul lungo termine.

Il concetto di *robustezza* dei componenti e degli impianti è importante per l'affidabilità: la robustezza per gli impianti di filtrazione di acqua fu definita da Coffey (1998), come "l'attitudine di un sistema di filtrazione di provvedere alla rimozione degli inquinanti in condizioni di funzionamento normale e di deviare in maniera minima da questo durante sconvolgimenti severi del processo". Sebbene il termine robustezza non fosse stato mai usato in precedenza, Renner e Hegg (1977) enfatizzarono che "il cambiamento di qualità nell'acqua di sorgente non dovrebbe avere un impatto sensibile sui bacini di sedimentazione e sui filtri". La letteratura sull'acqua alimentare, attraverso gli anni, non si è concentrata sulla robustezza degli impianti, ma esistono informazioni su processi che sembrano non essere influenzati dagli sconvolgimenti e su quelli che sono meno robusti. Per esempio, Kirmeyer (1979) dimostrò il deterioramento di qualità dell'acqua, dovuto a circa 15 minuti di contatto con una sostanza coagulante chimica che fu persa in un impianto pilota di filtrazione diretta che trattava acqua di bassa torbidezza. In questo episodio, la torbidezza dell'acqua filtrata aumentò da 0,08 a 0,20 unità di torbidezza, mentre le fibre di asbesto di chrysotile aumentarono da 0,1 milioni a 0,36 milioni. Dopo che la corretta alimentazione della sostanza coagulante fu ripristinata, la torbidezza dell'acqua filtrata si ridusse a 0,08 ntu, e il conto di fibra di asbesto diminuì a 0,01 milioni di fibre. Pertanto, malgrado tutto quello che fino ad oggi si è pubblicato sulla robustezza, le esperienze ingegneristiche possono essere la migliore guida per prendere in considerazione l'aspetto di affidabilità.

Influenza delle condizioni preesistenti

La scelta dei processi da prevedere in un sistema di trattamento può essere influenzata fortemente dai limiti esistenti quando un impianto di trattamento deve essere ampliato. Costrizioni del sito possono essere cruciali nella scelta del processo, specialmente in caso di pretrattamento, in quanto più processi alternativi di chiarificazione sono disponibili, alcuni dei quali richiedono solo una frazione piccola di spazio rispetto al bacino di un sistema convenzionale. Problemi idraulici possono essere condizionanti quando è installato un impianto di retrofitting con ozono o carbone attivo in forma granulare (GAC²³). La sezione addizionale necessaria per il trattamento potrebbe richiedere la necessità di installare un sistema di pompe sul luogo. Questo supplemento di costo in alcuni casi può

²³ Granular Activated Carbon.

condurre alla scelta di un processo diverso. La pressione di filtraggio può essere scelta per il trattamento di acque sotterranee dopo l'ossidazione, per la rimozione di ferro e di manganese. In questa situazione, l'uso di filtrazione per gravità comporterebbe il pompaggio dopo la filtrazione, mentre con filtri a pressione sarebbe possibile pompare direttamente dalla fonte.

Flessibilità dell'impianto

L'attitudine di un impianto di trattamento dell'acqua di adattarsi ai cambiamenti che potrebbero verificarsi nelle regolamentazioni future e ai cambi di qualità dell'acqua di fonte è piuttosto importante; l'impianto deve essere realizzato in modo che eventuali variazioni possano essere facilmente apportate in futuro. Le regolamentazioni future o le variate necessità industriali possono richiedere trattamenti supplementari o trattamenti più efficaci, come quando un contaminante non tollerato è presente nell'acqua. L'obiettivo di alcuni trattamenti è l'eliminazione dell'inquinante che non può essere prontamente controllato. Per esempio, la microfiltrazione e la filtrazione su terra di diatomee provvedono eccellentemente alla rimozione di contaminanti con particolari dimensioni nel gruppo dei protozoi. Un piano di trattamento di acque superficiali che utilizzi uno di questi processi e tratti acqua con una concentrazione di arsenico di $0,03\pm 0,04$ mg/l (attuale MCL, 0,05 mg/l) non potrebbe soddisfare un futuro MCL di arsenico sostanzialmente più basso del presente MCL. Viceversa, un impianto di trattamento di acqua di superficie che inglobi coagulazione e filtrazione potrebbe realizzare una sufficiente rimozione dell'arsenico e consentire un futuro MCL più basso, ciò dipendendo dalla concentrazione di arsenico, dal coagulante chimico e dal suo dosaggio e dal pH del trattamento. I trattamenti di filtrazione e coagulazione sono molto flessibili e più adattabili alle variazioni normative. Gli impianti di trattamento sono costruiti per durare molti anni, durante i quali cambi sostanziali possono avvenire nella qualità dell'acqua con il passare del tempo. In tempi lunghi possono manifestarsi ad esempio alghe e di conseguenza problemi di gusto e di odore. Generalmente problemi di qualità di questa natura devono essere previsti quando vengono scelti i processi di trattamento: la protezione contro tali problemi deriva dal grado di flessibilità dell'impianto di trattamento, così che un eventuale imprevisto possa essere facilmente eliminato e la qualità richiesta rispettata per lungo tempo.

Portata dell'impianto

Dopo che il processo di trattamento è stato scelto, progettato e posto in opera con successo, si pone il problema della dimensione del sistema. Sorge quindi la necessità di scegliere processi di trattamento capaci di operare nel contesto per il quale sono stati progettati. La dimensione del sistema, tuttavia, non è l'unico fattore che determina il successo in una operazione di trattamento; infatti la gestione del sistema deve essere sufficientemente progressiva e si deve provvedere bene all'addestramento del personale. In questa situazione il management dell'impianto alimentare ha bisogno di essere informato sulle complessità e sui bisogni del trattamento adottato. Molti specialisti concordano che il giusto atteggiamento del management nei confronti della qualità dell'acqua è un fattore

chiave per il raggiungimento effettivo della qualità richiesta dalle produzioni alimentari. L'introduzione di un trattamento relativamente complesso, che il management non supporta a sufficienza con adeguati interventi, è la ricetta giusta per creare un guaio.

L'adattabilità del trattamento all'automazione o l'installazione di un sistema supervisore di controllo per migliorare l'acquisizione dei dati può essere importante. Per grandi sistemi l'automazione può essere un modo per tenere i costi di esercizio in linea, disponendo di un piccolo ma estremamente capace staff di gestione. Per piccole utenze, usando l'automazione insieme ad un sistema di monitoraggio continuo, la conduzione dell'impianto può essere fatta a distanza da un solo specialista, validamente addestrato, attraverso adatti sistemi di telecomunicazione.

Costi

Di solito le considerazioni sui costi sono un fattore chiave nella scelta del processo. Valutazioni di spese per alternative di processo, che usano principi di ingegneria economica, portano in genere alla soluzione appropriata. Quando vengono valutati trattamenti diversi, è probabile che le loro capacità non siano identiche, così che la qualità dell'acqua che ne risulta non potrà essere similmente identica. Le basi di paragone devono prendere in considerazione situazioni del tutto assimilabili o simili. Se un certo aspetto di miglioramento di qualità dell'acqua è benefico, ma non veramente necessario, allora si effettueranno considerazioni sul costo.

Per esempio sia la filtrazione con diatomee sia quella con filtri granulari con pretrattamento di coagulazione possono rimuovere particolari sostanze, ma il processo che impiega la coagulazione, la flocculazione e la sedimentazione può ridurre maggiormente i problemi estetici legati al colore e rimuovere totalmente il carbone organico (TOC²⁴) dall'acqua della fonte. Per il trattamento di un'acqua pressoché incolore e a bassa concentrazione di TOC, può essere sufficiente per la rimozione di contaminanti particolari l'uso di un processo di filtrazione meno costoso, come la filtrazione su terra di diatomee. Viceversa, se c'è bisogno di un miglioramento supplementare di qualità dell'acqua, devono essere presi in considerazione alte operazioni aggiuntive per poter raggiungere quel miglioramento.

Le stime sui costi devono essere fatte prendendo in considerazione l'intero ciclo di vita di un processo. I costi di impianto, di esercizio e di manutenzione devono essere inclusi nella valutazione. La stima dei costi di esercizio e manutenzione può essere difficoltosa e molte volte variazioni nell'economia generale invalidano tali stime. Il grande aumento del costo dell'energia nel 1970 fu la causa di rivalutazioni dei costi di esercizio e mise in discussione molte delle scelte effettuate in precedenza sui processi di trattamento. Processi ad elevata richiesta di energia come l'osmosi inversa e il riciclo dei fanghi di carbonato per il processo di addolcimento calce soda, furono molto sensibili all'incremento del prezzo dell'energia nel 1970. La necessità di disporre di strumenti ed equipaggiamenti non deteriorabili nel tempo richiede costi aggiuntivi classificati con il termine

²⁴ Total Organic Carbon.

di "costi di manutenzione". Per piccoli impianti, lontani dai grossi centri di assistenza tecnica, la possibilità di lavorare con equipaggiamenti di elevata affidabilità, che richiedono elevati costi di capitale, ma bassi costi di manutenzione, può essere un'importante opzione.

Compatibilità ambientale

La valutazione della "compatibilità ambientale" include, oltre ad altri aspetti, la gestione dei residui degli inquinanti, la frazione di acqua di scarico dei processi di trattamento e la richiesta di energia. Gli effetti del trattamento dell'acqua si estendono oltre l'impianto di trattamento. La necessità di ottenere acque salubri è di rilevante necessità, ma devono essere prese cautele su quale processo scegliere, al fine di non creare seri problemi ambientali. Si procede nella fase di selezione fra le varie alternative di processo di trattamento effettuando calcoli quantitativi per valutare i benefici apportati alla qualità del prodotto e il potenziale impatto ambientale, anche se la difficoltà nel procedere è legata sia alle quantificazioni delle conseguenze ambientali sia alla valutazione degli effetti sulla qualità del prodotto. Da quando alla compatibilità ambientale è stata data rilevante considerazione, residui, fanghi e altri prodotti di scarico del trattamento delle acque vanno attentamente valutati. I depositi di grandi volumi di fango non sono permessi in molte aree, perciò i residui derivanti dalla coagulazione, dalla coagulazione intensificata e dall'addolcimento con calce soda richiedono, per essere smaltiti, procedure ambientali compatibili. Il deposito delle soluzioni derivanti dallo scambio di ioni o da alcuni processi di filtraggio possono presentare problemi nelle aree dove l'acqua è salmastra o salata. Il trattamento dei residui può richiedere una significativa quota dei costi totali necessari al trattamento dell'acqua, perciò, le caratteristiche dei residui possono influenzare la scelta del processo.

Lo spreco di acqua connesso al processo è un altro fattore da prendere in considerazione, soprattutto in quelle zone dove la disponibilità d'acqua è limitata. I trattamenti, che contengono processi di membrana hanno alcuni vantaggi rispetto agli altri metodi di filtrazione, ma se la frazione d'acqua rigettata dalla membrana è eccessiva, potrebbe non essere soddisfatta la domanda d'acqua trattata. Il riciclaggio di grossi volumi di reflui scaricati dal processo, con o senza processi addizionali, è per questo motivo praticato in molti paesi.

I servomezzi richiesti dagli impianti di trattamento dell'acqua potrebbero diventare in futuro un fattore importante di carattere ambientale. Le utenze d'acqua oggi usano circa il 2% di tutta l'energia impiegata nei Paesi ad alto tasso di industrializzazione. Se le condizioni di riscaldamento del globo aumenteranno in futuro e le riduzioni sull'utilizzazione di energia verranno regolate, i processi di trattamento a grande dispendio di energia possono essere ritenuti poco favorevoli e non accettabili. Il riscaldamento del globo e l'appropriato uso dell'energia sono attualmente discussi in tutto il mondo. Se le condizioni dell'attuale riscaldamento del globo sono diventate di interesse sia economico sia politico, l'utilizzazione dell'energia richiesta per i sistemi di pompaggio dell'acqua diventeranno un fattore importante da considerare nel processo di scelta del trattamento. L'incremento dei futuri costi dell'energia è molto difficoltoso da prevedere; per con-

siderare i possibili effetti di un incremento del costo dell'energia si può prendere come riferimento il 1970, quando la crisi energetica fece impennare il costo dei carburanti. Il corretto confronto tra il prima e il dopo dell'aumento dei prezzi dei prodotti chimici per lo smaltimento dei coagulanti, dei costi dei depositi di fango e di quelli dell'elettricità, potrebbe essere utile in una valutazione di fattibilità di un trattamento.

La qualità del sistema di distribuzione

L'influenza dei processi di trattamento dell'acqua sui sistemi di distribuzione idrica è un aspetto da prendere in considerazione nella valutazione del processo sulla base di questi fattori

- stabilità chimica e microbiologica dell'acqua successivamente al processo di trattamento,
- prevenzione della corrosione interna e dei depositi nelle reti,
- controllo microbiologico nel sistema di distribuzione,
- compatibilità della qualità con acqua di altre sorgenti,
- minimizzazione delle operazioni di disinfezione nel sistema di distribuzione.

Gli adempimenti previsti per il monitoraggio del sistema di distribuzione dell'acqua sono tali da richiedere il rispetto dei MCLs per l'acqua alimentare ottenuta dal trattamento: il deterioramento della qualità dell'acqua nel sistema di distribuzione potrebbe risultare una complicanza per il rispetto della normativa.

I processi di trattamento dovrebbero essere scelti in modo da aumentare la stabilizzazione dell'acqua. Per esempio, la capacità dell'ozono di rompere i legami molecolari di grandi molecole organiche, di molecole di forma più piccola e di molecole frammentate può causare la formazione di elevate quantità di sostanze nutritive per i batteri che si trovano nell'acqua, contribuendo alla loro crescita. Se tale formazione avviene all'interno di un letto di filtrazione di un impianto di trattamento, l'acqua potrà essere prodotta con una maggiore stabilità biologica. Al contrario se poca o nessuna materia organica è metabolizzata dai batteri nel letto di filtrazione, gli organismi potrebbero passare nel sistema di distribuzione e potrebbero ivi comportare una crescita di biofilm. I biofilm del sistema di distribuzione possono causare una varietà di problemi, tra cui complicazioni microbiologiche, cattivo odore e sapore, eccessivo consumo di cloro libero e successiva mancanza (cloro residuo insufficiente) e infine corrosione.

Se il pH e l'alcalinità sono tali che l'acqua ottenuta non si mantiene stabile per molto tempo, la qualità dell'acqua nel sistema di distribuzione può cambiare in misura tale da causare problemi di corrosione, anche se nell'impianto di trattamento non si riscontrava alcun problema nell'acqua.

Quando per l'utenza industriale vengono usate più sorgenti d'acqua possono sorgere problemi di incompatibilità. Questi potrebbero essere causati dalla natura delle sorgenti, ad esempio miscelando acqua ad elevato contenuto di minerali con una a basso contenuto. Questa situazione si può aggravare quando in un unico sistema di distribuzione vengono utilizzate acqua comunemente trattata e acqua ottenuta da osmosi inversa. L'acqua di differenti sorgenti generalmente dovrebbe essere trattata con differenti tecniche di disinfezione, ma è inammissibile miscelare nello stesso sistema di distribuzione acqua trattata con

clorammina e acqua disinfettata con cloro libero. Nei casi in cui ciò avviene le due acque interagiscono, il cloro libero può chimicamente reagire con la monoclorammina, riducendo la capacità di abbattimento del cloro; in più da tale miscelazione il sapore e l'odore sarebbero compromessi.

Adattabilità del processo (funzionamento in scala)

La flessibilità dei processi di trattamento ad essere utilizzati in scala può essere importante in molti casi sia per adattarli a portate molto grandi, sia per ridurli a portate molto piccole. Processi di trattamento complessi, come la coagulazione, il filtraggio o l'addolcimento calcareo, possono essere fisicamente adattati a scala ridotta, ma i costi per l'equipaggiamento e la necessità di un elevato grado di istruzione dell'operatore possono rendere l'esercizio in scala ridotta impraticabile. I processi che sono praticabili e gestibili a 38.000 m³/giorno o a 3.800 m³/giorno possono diventare molto complessi se utilizzati a 38 m³/giorno. Viceversa processi che lavorano bene per piccole portate d'acqua possono non essere adattati a processare grandi quantità. Il filtraggio con membrane lavora molto bene per piccoli sistemi, ma un piano di microfiltrazione per sistemi dai 3,8×10⁵ ai 1,9×10⁶ m³/giorno richiede una grande quantità di tubazioni e valvole per interconnettere un gran numero di piccoli moduli. I processi che utilizzano componenti modulari (ad es. microfiltrazione) sono impiegati nei sistemi di grande dimensione procedendo a mettere insieme più moduli. Questo può diventare problematico per una espansione della dimensione di 100 volte. Viceversa, filtri medi granulari possono essere modificati per avere una grande o piccola sezione. Un singolo letto di filtro medio granulare potrebbe essere così piccolo da avere dimensione di 0,37 m² o così grande da superare i 93 m² e può essere costruito un sistema di filtraggio con capacità dai 100 m³/giorno ai 3,8×10⁶ m³/giorno.

Valutazione delle opzioni del processo

Quando viene preso in considerazione un trattamento per una nuova sorgente o l'espansione di un impianto di trattamento già esistente, dovranno essere valutate numerose opzioni: un compito dei progettisti è di considerare tutte le opzioni possibili per il trattamento, e poi, gradualmente, eliminare quelle che non sono opportune. Un approccio sistematico per fare ciò, è sviluppare una tabella matriciale nella quale su di un asse si riportano tutti i processi di trattamento considerati e sull'altro asse i fattori di scelta del processo. Per ogni processo viene data una valutazione su tutti i fattori selettivi e, basandosi sull'importanza di alcuni fattori, è possibile avere una percezione realistica dell'influenza dei più importanti aspetti presi in considerazione.

Per un piano di utilizzazione di acque superficiali, i fattori che dovranno essere presi in considerazione in un procedimento di valutazione sono:

- ottemperanza ad adempimenti normativi:
 - normativa sui trattamenti delle acque superficiali,
 - regole/leggi sui disinfettanti/disinfezione,
 - norme sulla conservazione dell'acqua per lungo tempo,
- capacità del processo per il mantenimento della purezza dell'acqua,
- esperienza del gruppo di lavoro,

- processo: regolarità/complessità,
- livelli di conoscenze richiesti,
- monitoraggio/monitorabilità,
- stabilità del processo nel tempo,
- esigenze del consumatore,
- compatibilità delle condizioni ambientali,
- compatibilità con un piano già esistente,
- energia richiesta,
- costi di impianto,
- costi di esercizio e complessità di manutenzione.

I fattori da considerare durante il processo di scelta non devono essere solo quelli ingegneristici, ma anche quelli di gestione e di operatività, includendovi tra gli altri le esigenze imposte dal mercato. Dopo la redazione di un rapporto valutativo preventivo, il processo di scelta prevede una disamina nella quale vengono considerate le parti più importanti del trattamento con successiva e puntuale loro valutazione. Lo sviluppo di tale fase è un importante scalino per la costruzione di un valido supporto per lo sviluppo di una fornitura d'acqua appropriata.

4.9. SCELTA DEL PROCESSO DI TRATTAMENTO

4.9.1. Trattamenti delle acque superficiali

Il trattamento di acque²⁵ superficiali può essere ottenuto da una serie di possibili combinazioni di processi che dipendono dalla qualità dell'acqua primitiva. Di seguito sono riportati alcuni esempi, cominciando la disamina dai processi convenzionali. Quasi tutte le acque superficiali richiedono la disinfezione, così qualunque sia il trattamento scelto per trattare l'acqua, esso deve includere la disinfezione.

Solo disinfezione senza filtrazione

Il numero dei sistemi d'acqua per i quali il trattamento dell'acqua superficiale consiste solo nella disinfezione è una piccola quota del totale e tale numero è in diminuzione in conseguenza della crescita della popolazione e dell'aumento delle difficoltà associate alla gestione o al controllo dei bacini idrici. Tuttavia, alcuni acquedotti anche molto grandi usano ancor oggi questo metodo per il trattamento delle acque.

La USEPA²⁶ ha regolamentato l'uso delle acque di superficie senza la filtrazione nel SWTR (Surface Water Treatment Rule) (EPA 1989) e nel IESWTR (Inte-

²⁵ I requisiti di idoneità di un'acqua per il consumo umano, incluso l'utilizzo potabile ed altri impieghi domestici, sono stabiliti dal d.lgs. 31/2001 e s.m.i., recepimento della Direttiva 98/83/CE, in base alla quale l'acqua, nei punti in cui è attinta per il consumo umano, deve essere conforme ai parametri chimici riportati nell'allegato I allo stesso decreto.

²⁶ La USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) è l'Ente che negli USA definisce le regolamentazioni sulle acque da bere al fine di assicurarne un consumo sicuro.

rim Enhanced Surface Water Treatment) (EPA 1998). Nel 1989, l'USEPA stabilì per le acque superficiali i limiti sui coliformi fecali (minore o uguale di 20 per 100 ml su di un minimo del 90% dei campioni per un periodo di sei mesi), sui coliformi in genere (minore o uguale di 100 per 100 ml su di un minimo del 90% dei campioni per un periodo di sei mesi), sulla torbidità (non superiore a 5 ntu) e sul monitoraggio dell'acqua superficiale precedentemente alla disinfezione. Il SWTR stabilì che per evitare la filtrazione dell'acqua sorgiva deve essere mantenuto un programma di controllo del bacino che minimizzi le potenziali contaminazioni da virus e dalle cisti di Giardia. Un programma di controllo del bacino deve:

- individuare l'idrologia del bacino e il suo modo di gestione,
- identificare le caratteristiche del bacino e le attività interne ad esso che potrebbero apportare effetti nocivi alla qualità dell'acqua,
- monitorare le attività che potrebbero indurre effetti negativi sulla qualità dell'acqua superficiale.

Nel 1998, USEPA emanò una serie di criteri integrativi, dando maggior risalto alla contaminazione da *Cryptosporidium*. L'adeguamento del controllo del bacino doveva essere basato su:

- riesame del bacino,
- valutazione dell'efficacia di un programma di monitoraggio e controllo delle attività dannose nel bacino.

Le *Cryptosporidium* cisti, diversamente dalle cisti di Giardia, non sono sensibili al cloro libero o alla clorammina o agli altri metodi usati; così quando l'acqua non è filtrata, bisogna fare affidamento sulle protezioni ausiliarie del bacino per salvaguardare la salute pubblica dal *Cryptosporidium*.

Lo studio della protezione del bacino è basata, per i sistemi senza filtraggio, su recenti acquisizioni scientifiche che riguardano lo sviluppo e l'insensibilità del *Cryptosporidium* ai disinfettanti chimici e alle radiazioni ultraviolette, talché l'unica effettiva barriera contro il *Cryptosporidium*, per i sistemi senza filtri, è di adottare un efficace programma di protezione del bacino.

I trattamenti convenzionali

I trattamenti dell'acqua studiati da George Fuller e dai suoi associati a Louisville nel 1890 stabilivano la necessità di pretrattamenti più efficaci, includendo la chiarificazione, necessari per una effettiva filtrazione della torbidità e del fango dell'acqua superficiale. Nei decenni successivi al lavoro di Fuller, un trattamento costituito da aggiunta di disinfettanti chimici e coagulanti dell'acqua, miscelazione rapida, flocculazione, sedimentazione e filtraggio venne definito come *trattamento convenzionale*. La disinfezione è quindi inclusa nei trattamenti convenzionali, che sono appropriati per acque sorgive che quasi o sempre, sono torbide, con torbidità da 20 a 50 ntu²⁷.

Un moderno impianto di filtrazione convenzionale per il trattamento dell'acqua con una torbidità che varia da circa 10 ntu a più di 1000 ntu durante le alluvioni, è mostrato in **fig. 4.28**.

²⁷ La sigla ntu sta per nephelometric turbidity unit che quindi definisce le unità nefelometriche di torbidità.

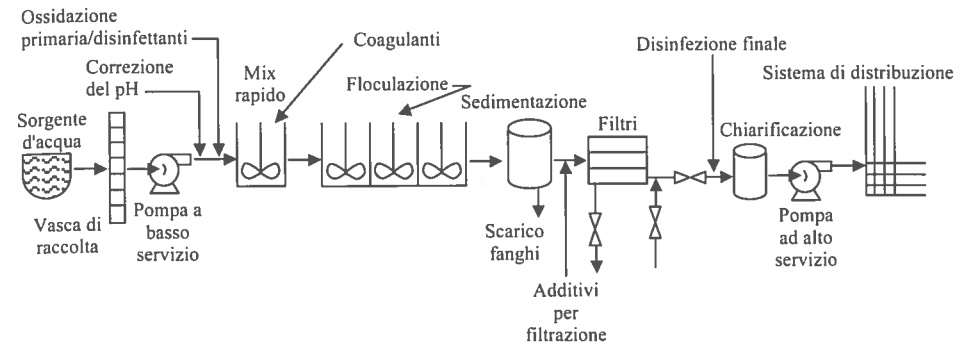


Fig. 4.28 - Trattamento convenzionale dell'acqua superficiale

Il dosaggio di coagulanti potrebbe essere variabile dai 10 mg/l a 100 mg/l in casi eccezionali, come durante le inondazioni. L'aggiunta di alcalinità può essere necessaria, dipendendo dalla scelta del coagulante. La miscelazione standard è seguita dalla flocculazione. La sedimentazione potrebbe essere effettuata in bacini convenzionali lunghi e rettangolari, o in bacini contenenti tubi o sistemi di piatti. La filtrazione si effettua con antracite e sabbia. Quando vi è la necessità di abbassare la formazione di prodotti derivanti dalla disinfezione, la clorazione può essere effettuata anche dopo la sedimentazione o prima della filtrazione. Per gli attuali impianti di trattamento, i tempi richiesti dal processo sono più brevi e la quota filtrata maggiore rispetto ai vecchi impianti, ma l'idea di posizionare la chiarificazione prima della filtrazione è ancora moderna, per il trattamento di acque sorgive non di altissima qualità, a causa della maggiore efficienza del processo di filtrazione nel riuscire ad eliminare dall'acqua la materia in sospensione. I trattamenti convenzionali sono appropriati per quasi tutte le acque superficiali.

Trattamenti convenzionali con pretrattamento

Per alcune acque superficiali, a causa dell'elevata quantità di solidi sedimentabili, è richiesta una presedimentazione aggiuntiva al trattamento convenzionale. Agli inizi del ventesimo secolo, l'impianto di sedimentazione non prevedeva nessuna additivazione chimica: oggi la sedimentazione è comunemente effettuata con l'aggiunta di alcuni polimeri o coagulanti²⁸ che, attraverso una più efficace sedimentazione, consentono di ridurre lo scarico sugli elementi successivi dell'impianto. Così con i trattamenti convenzionali possono essere bonificate un ampio gruppo di acque sorgive, aggiungendo dei pretrattamenti al trattamento convenzionale. La predisinfezione, che utilizza biossido di cloro, può essere usata per ridurre la concentrazione di batteri nelle acque sorgive.

Processi per acque sorgive di altissima qualità

Per acque sorgive a bassa torbidità, a bassa concentrazione di TOC (Total Organic Carbon) e a basso tasso colorimetrico alcuni dei trattamenti previsti da

²⁸ Generalmente indicati con il nome di polielettroliti.

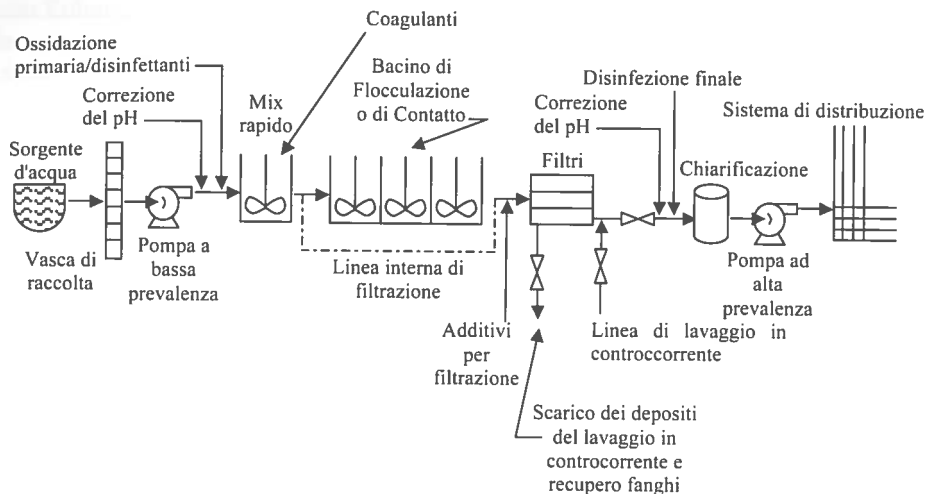


Fig. 4.29 - Trattamento diretto e filtrazione in linea dell'acqua superficiale.

un impianto convenzionale non sono necessari, o richiedono altre tipologie di processi di filtrazione. Il trattamento di acque superficiali di alta qualità può essere ottenuto con filtrazione senza preventiva chiarificazione, usando terra contenente diatomee, lenta filtrazione con sabbia o una filtrazione diretta, con eliminazione dello step della sedimentazione. La **fig. 4.29** rappresenta uno schema di processo per filtrazione diretta con l'alternativa di bay-passare la flocculazione. Per le acque con elevata presenza di DBP²⁹ viene utilizzato come disinfettante il cloro libero.

Eliminazione di bolle d'aria

Per acque che presentano una significativa concentrazione di alghe, il processo di filtrazione senza la chiarificazione può essere integrato da filtri particolari per il blocco delle alghe con veloce abbattimento di esse. I processi utilizzati per le acque superficiali a bassa torbidità non sono idonei quando è richiesto il trattamento per l'abbattimento del carico di alghe. I bacini di sedimentazione inclusi nei trattamenti superficiali non sono sufficienti per la rimozione delle alghe, poiché esse tendono a galleggiare senza depositarsi sul fondo. La densità delle alghe è vicina a quella dell'acqua e quando esse producono ossigeno, le alghe possono creare un loro dispositivo di galleggiamento. Perciò, il sistema migliore da adottare per la rimozione delle alghe è di eliminare le bolle d'aria (metodo DAF³⁰). Nel metodo DAF la chiarificazione e la rimozione delle alghe avviene nello stesso processo. Come nei trattamenti convenzionali, DAF include l'aggiunta chimica, la miscelazione rapida, la flocculazione, ma poi il bacino di sedimentazione è sostituito dal DAF clarifier (**fig. 4.30**). L'acqua che presenta alte concentrazioni di alghe può presentare anche elevata concentrazione di disinfettanti

²⁹ Disinfection By-Products.

³⁰ Dissolved Air Flotation.

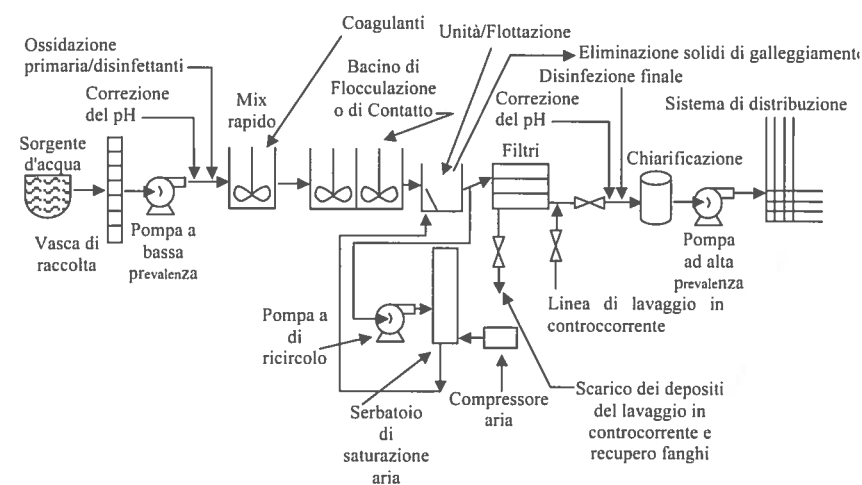


Fig. 4.30 - Trattamento di filtrazione/flottazione per aria disciolta nell'acqua superficiale.

ottenuti dal DBP, così la predisinfezione con cloro crea ulteriori problemi. La clorazione appena prima o subito dopo la filtrazione e l'uso di disinfettanti alternativi, come la clorammina, deve essere preso in prioritaria considerazione.

La filtrazione attraverso membrane

La filtrazione membranale copre un vasto campo del processo di trattamento delle acque e può essere usata per varie qualità di acque superficiali. La microfiltrazione (**fig. 4.31**), usata per il trattamento delle acque superficiali, può rimuovere un ampio range di particolari materie, compresi i batteri e le cisti, e quasi tutto ciò che concorre a rendere l'acqua torbida. I virus, a causa delle piccolissime dimensioni, attraversano le membrane di microfiltrazione, quindi la microfiltrazione è più pratica della filtrazione lenta con sabbia o della filtrazione su terra per numerose acque, ma essa non può essere utilizzata per le acque ad alta torbidità, che si incontrano in molti impianti di trattamento convenzionale. La microfiltrazione non rimuove sostanze disciolte, così la disinfezione è il processo

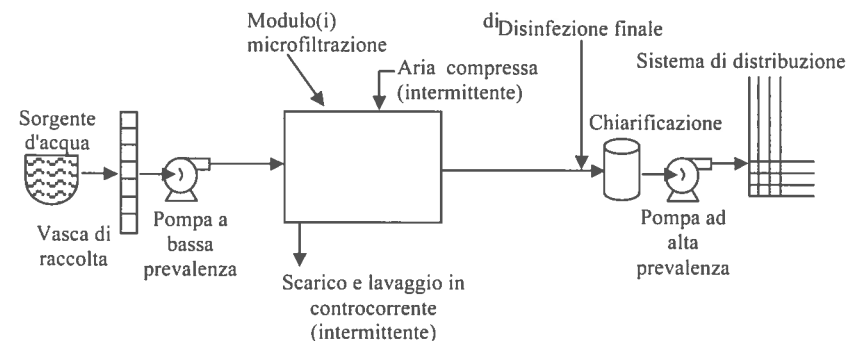


Fig. 4.31 - Trattamento di microfiltrazione dell'acqua superficiale.

appropriato da utilizzare sull'acqua ottenuta dalla microfiltrazione per eliminare il carbonio organico disciolto (DOC³¹) e gli inquinanti precedentemente contenuti nell'acqua. I vantaggi derivanti dai processi di filtrazione membranale sono notevoli, soprattutto nell'eliminazione delle cisti di Giarda e del *Cryptosporidium*; inoltre la semplicità d'installazione e la flessibilità del processo, ottenuta aggiungendo o eliminando i moduli di filtrazione, nonché i bassi costi di impianto rendono tale metodo molto interessante.

4.9.2. Trattamenti delle acque sotterranee

Molte acque sotterranee hanno una elevata qualità rispetto alla torbidità e ai contaminanti microbiologici. Se esse non contengono costituenti minerali il trattamento necessario richiesto per il consumo è la sola disinfezione. Però, in molti casi, nelle acque sotterranee sono presenti composti inorganici e minerali indesiderati e pertanto bisogna procedere con trattamenti addizionali.

Disinfezione senza altro trattamento

Alcune acque sotterranee rispettano gli standard di qualità e contengono una così bassa concentrazione di minerali da richiedere come trattamento la sola disinfezione. Le circostanze favorevoli alla sola disinfezione sono quelle delle falde acquifere che non sono direttamente collegate all'acqua superficiale. Per le acque sotterranee di alta qualità, i disinfettanti più comunemente usati sono il cloro e l'ozono.

Rimozione del ferro e del manganese, o di entrambi: disinfezione multipla

Nelle acque sotterranee possono trovarsi spesso sostanze quali i minerali di ferro e di manganese. Per rimuovere ferro e manganese sono comunemente utilizzate l'ossidazione, la precipitazione e la filtrazione. La **fig. 4.32** mostra il processo di rimozione di ferro e manganese. La presenza di organismi nell'acqua sorgiva può ostacolare la rimozione di ferro e manganese con ossidazione e filtrazione. Il ferro può essere ossidato in molti casi con aerazione. Il trattamento del pH da 8 in su facilita la rimozione del ferro per mezzo dell'aerazione, se comunque la concentrazione di organismi è bassa. Cloro, permanganato di potassio, diossido di cloro o ozono possono essere usati per l'ossidazione del ferro e del manganese. Il permanganato di potassio è normalmente usato per il manganese, il quale è più difficile da ossidare del ferro. La sabbia verde è stata usata insieme al permanganato di potassio per la rimozione di ferro e manganese in numerosi impianti di trattamento, soprattutto per i sistemi di piccola e media dimensione. La sabbia verde può assorbire gli eccessi di permanganato prima, quando è in eccesso, e successivamente dopo la rimozione di ferro e manganese quando è in difetto scaricarlo; l'operazione consente di ottenere un efficace trattamento senza aggiungere dosi di permanganato continuamente. Quando viene usato un ossidante chimico, piuttosto che l'aerazione, la pulizia dei filtri,

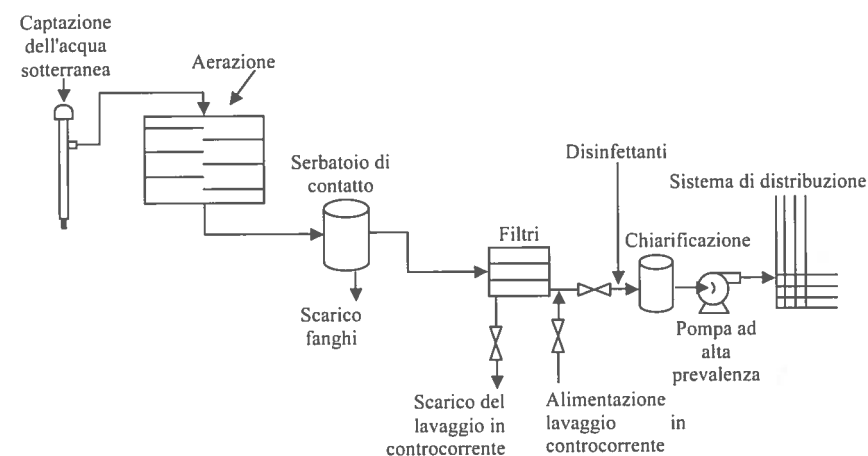


Fig. 4.32 - Schema del processo di rimozione di ferro e manganese dalle acque sotterranee.

che molte volte sono usati per l'eliminazione del ferro e del manganese, non richiede frequenti interventi.

Addolcimento calcareo precipitativo

L'acqua dura contiene eccessive concentrazioni di calcio e magnesio. Sia le acque superficiali che sotterranee possono essere trattate con *addolcimento calcareo precipitativo* per eliminare la durezza. Il trattamento prevede l'additivazione dell'acqua con calce secca o idratata nell'acqua per aumentarne il pH ad un livello sufficiente per far precipitare il calcio; per il magnesio il trattamento è lo stesso, ma più deciso. Se è presente una durezza non dovuta ai carbonati, per far precipitare calcio e magnesio può anche essere richiesta un'additivazione con cenere di soda.

Nell'addolcimento calcareo precipitativo i precipitati di carbonato di calcio e di idrossido di magnesio vengono rimossi prima della filtrazione dell'acqua in un serbatoio di sedimentazione. L'impianto di addolcimento effettua separatamente la miscelazione rapida, la flocculazione e il processo di sedimentazione con ricircolo di alcuni fanghi calcarei ottenuti dalla miscelazione rapida, aumentando il precipitato di CaCO_3 e l'agglomerazione di particolati precipitati. La miscelazione rapida, la flocculazione e la fase di sedimentazione avvengono in singoli serbatoi di processo rettangolari progettati per grandi quantità di acqua da trattare. Quando viene rimosso il magnesio, l'acqua trattata ha un alto pH (10,6÷11) che deve essere ridotto. Normalmente, ciò è fatto attraverso una recarbonatazione. I solidi formati possono essere facilmente eliminati da una secondaria miscelazione, flocculazione e sedimentazione. Nell'impianto di addolcimento calcareo è prevista l'aggiunta di anidride carbonica dopo il secondo processo per ridurre il pH e stabilizzare l'acqua.

Sebbene due stadi di recarbonatazione siano molto efficaci nell'ottimizza-

³¹ Dissolved Organic Carbon.

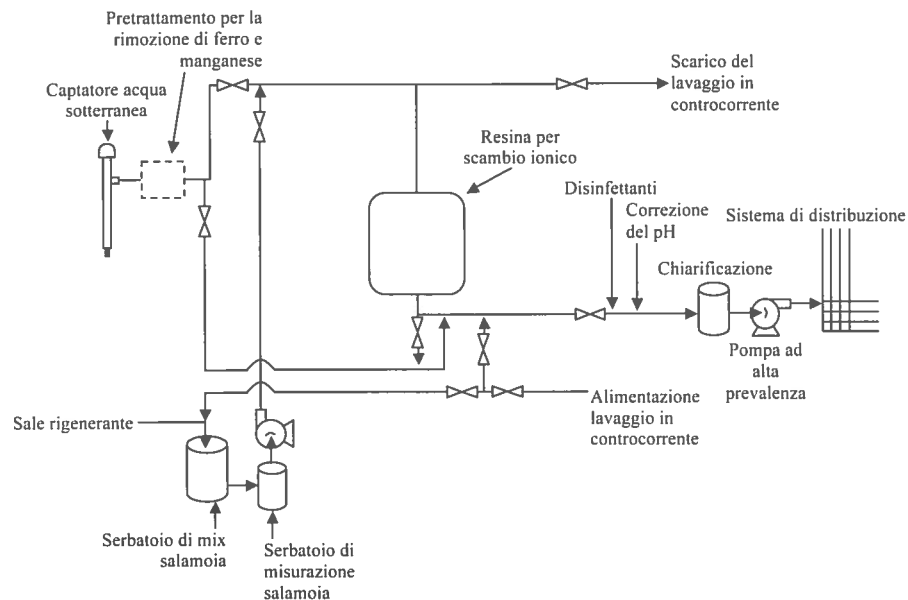


Fig. 4.33 - Schema tipo di sistema di scambio ioni.

re la durezza e nel controllare la stabilità dell'acqua, nella pratica si ricorre ad un metodo meno costoso: quello di usare un solo stadio di recarbonatazione. L'aerazione di solito è usata prima dell'addolcimento calcareo per rimuovere l'anidride carbonica dalle acque sotterranee, perché il calcare reagisce con il biossido di carbonio. La scelta fra le varie possibilità di intervento può essere effettuata tramite una dettagliata analisi economica, analizzando soprattutto i residui e i fanghi prodotti.

Processo a scambio ionico

La più comune resina per lo scambio di ioni è una zeolite con il catione del sodio, il quale scambia sodio per ioni bivalenti, compreso il calcio, magnesio e radio. Quando è presente il radio con calcio o magnesio o con entrambi, la capacità della resina di rimuovere la durezza viene esaurita prima che sia raggiunta la capacità di rimuovere il radio.

Lo scambio di anioni della resina è usato nei trattamenti dell'acqua con impianti simili a quelli dello scambio di ioni per l'addolcimento calcareo. Anioni come i nitrati e i solfati vengono rimossi con tale procedimento. Oltre all'addolcimento calcareo lo scambio di ioni è usato anche per eliminare alcuni contaminanti come i nitrati e il radio; ad esempio è usato anche per rimuovere particolari sostanze organiche, ferro e manganese.

Un pretrattamento per l'eliminazione del ferro e del manganese deve essere posto in opera quando si è in presenza di contaminanti organici. Alte concentrazioni di NOM (Natural Organic Matter) possono inibire alcuni scambi di ioni. La fig. 4.33 rappresenta uno schema tipo di sistema di scambio di ioni.

Parametri	Espressione dei risultati	Valori limite
Torbidità	mg/l SiO ₂	max 5
Alcalinità	mg/l CaCO ₃	30 max 250
Durezza	mg/l CaCO ₃	10 max 250
Residuo secco (105 °C)	mg/l	250
Sostanze organiche	mg/l	assenti
Ferro e/o manganese	mg/l	assenti
Ammoniaca	mg/l	max 0,05
Fluoruri	mg/l	max 1
Cloruri mg/l	max 25	
Nitriti mg/l	assenti	
Nitratini mg/l	max 15	

Tab. 4.VI - Valori limite dell'acqua consigliati per l'industria alimentare.

4.10. LE ACQUE NELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

I liquidi alimentari³¹

La qualità dell'acqua riveste grande importanza nella contaminazione degli alimenti, poiché l'acqua trova vasto impiego nell'industria alimentare venendo utilizzata non solo per il lavaggio e il risciacquo delle attrezzature, delle utensilerie, dei tavoli da lavoro e simili, per uso personale da parte delle maestranze ed in particolare per il lavaggio delle mani, ma anche per le operazioni di pulizia e lavaggio degli ingredienti e dei contenitori, ed è quindi destinata a venire in contatto diretto con gli alimenti. In alcuni casi deve considerarsi come un vero e proprio coadiuvante tecnologico, spesso è un ingrediente del prodotto alimentare finito.

L'approvvigionamento idrico nell'industria alimentare deve essere quindi garantito con acque batteriologicamente pure; tale approvvigionamento può avvenire dalla rete urbana, da pozzi e da sorgente, ma spesso, prima dell'utilizzazione, deve essere trattata per adeguarla alle necessità del ciclo tecnologico.

In generale si può dire che un'acqua è adatta per l'industria alimentare quando le sue caratteristiche chimiche sono comprese entro i limiti riportati nella tab. 4.VI, mentre le caratteristiche batteriologiche devono essere superiori a quelle dell'acqua potabile³².

In alcuni casi, l'acqua che viene utilizzata nei cicli tecnologici per la produzione degli alimenti, o che entra a far parte degli stessi, deve essere conservata in appositi serbatoi, per essere utilizzata in tempi successivi. La costruzione di questi serbatoi deve rispondere a requisiti prestabiliti e in parti-

³¹ L'industria delle acque minerali e delle bevande rientra nel comparto alimentare secondo la classificazione ISTAT.

³² Cfr. Vol. I. All. B al capitolo terzo, Rizzo Roberto Scienza e tecnologie delle acque minerali e delle bevande (2006) Chiriotti editore. La normativa delle acque minerali naturali: aspetti minerali e aspetti igienico-sanitari.

colare devono essere impiegati: materiali che non permettano il passaggio in soluzione di composti chimici; la chiusura deve essere ermetica in modo da evitare la contaminazione dell'acqua da parte di animali infestanti e di polveri; è necessaria una facile accessibilità in modo che sia possibile provvedere alla loro ispezione.

L'acqua contenuta in serbatoio deve essere sottoposta a frequenti controlli biologici, perché quando rimane statica nei periodi caldi, può verificarsi una rapida e abnorme riproduzione delle specie microbiche inizialmente contenute in essa.

L'impiego di acqua non potabile nell'industria alimentare deve essere sempre considerato come fonte potenziale di pericolo e quindi è assolutamente sconsigliabile, anche per usi non direttamente produttivi; pur tuttavia acqua non potabile può essere introdotta negli stabilimenti per la produzione di alimenti a condizione però che:

- non sia utilizzata nelle zone dove si manipolano i prodotti alimentari;
- non sia impiegata per le operazioni di sanitizzazione.

L'uso di quest'acqua dovrà essere limitato alla produzione di vapore, per antincendio e per il raffreddamento indiretto.

Va tuttavia ricordato che se è vero che l'acqua rappresenta una possibile fonte di contaminazione, è pur vero che ogni qual volta si procede al lavaggio di un prodotto si nota sempre una riduzione della sua carica microbica in seguito all'azione meccanica esercitata dalla stessa. Comunque, un certo numero di microrganismi presenti nell'acqua, prevalentemente psicrofili, aderiranno alle superfici trattate.

In molte industrie alimentari, proprio per ridurre la contaminazione naturale, le acque destinate a venire in contatto con gli alimenti vengono sottoposte ad opportuni trattamenti di correzione chimica, fisico-chimica e batteriologica.

4.11. LE ACQUE NATURALI E SOSTANZE NON DISCIOLTE IN ESSE CONTENUTE

Ai fini del loro impiego nell'industria alimentare, le acque naturali (meteoriche, superficiali e sotterranee), possono essere definite come la materia prima di base, costituendo esse la fonte di alimentazione dei circuiti dell'acqua tecnologica, potabile e di processo.

Le sostanze contenute nell'acqua possono essere allo stato di:

- sospensione;
- colloide;
- soluzione.

Nel caso della sospensione bisogna far distinzione tra i prodotti solidi (dispersioni), i liquidi non miscibili ed i gas non disciolti (emulsioni). Il comportamento delle dispersioni solide nell'acqua presenta molte analogie con quello delle emulsioni liquido gas.

Taluni generalizzano la nozione di dispersione, includendovi la forma disciolta, considerata come una dispersione molecolare che può subire anche una dissociazione ionica.

Con tale notazione la classificazione è la seguente:

- *dispersioni grossolane*: particelle da 0,1 a 100 μm e più ed anche particelle che contengono più di 10^9 atomi;
- *dispersioni colloidali*: particelle da 1 a 0,1 μm , che contengono da 10^3 a 10^9 atomi;
- *dispersioni molecolari*: particelle minori di 0,001 μm , che contengono meno di 10^3 atomi.

Si possono classificare le dispersioni delle sostanze non disciolte, anche considerando che nelle dispersioni grossolane i fenomeni fisici di massa sono preponderanti rispetto a quelli legati alla superficie, mentre nelle dispersioni colloidali avviene l'inverso.

4.11.1. Le dispersioni grossolane

Se la densità delle dispersioni grossolane non è, eccezionalmente, uguale a quella dell'acqua, il loro stato di sospensione risulta instabile e le particelle tendono a separarsi dal liquido per *sedimentazione* o per *emersione*. La velocità della separazione diminuisce notevolmente con le dimensioni delle particelle fino a formare una sospensione apparentemente stabile.

In **tab. 5VII** sono indicate alcune velocità di sedimentazione nell'acqua a 20 °C di particelle sferiche, di varia densità, espresse dal tempo che occorre per percorrere 1 mm secondo la verticale.

Per le dispersioni grossolane, gli effetti dovuti alle forze superficiali non sono preponderanti; però, come risulta dalla tabella, non sono nemmeno trascurabili e in certi casi, possono avere conseguenze notevoli.

Quando due particelle si urtano, intervengono le forze intermolecolari d'attrazione di Van der Waals che le mantengono in contatto se non intervengono sollecitazioni esterne di una certa intensità. Nel caso contrario le particelle si agglomerano e possono formare un conglomerato molto più voluminoso di quello iniziale che, con riferimento alla **tab. 4.VII**, sedimenta molto più rapidamente.

In pratica questi agglomerati si formano quando il moto è relativamente lento (altrimenti l'energia dissipata al momento dell'urto vincerebbe le forze d'attrazione) e quando la superficie delle particelle ha struttura favorevole.

Questi agglomerati includono, generalmente, delle molecole di acqua che fanno decrescere la loro densità apparente.

Diametro (μm)	Densità 2,8	Densità 2	Densità 1,1
100	0,1 s	0,18 s	2 s
10	10 s	18 s	3 min.
1	16 min.	29 min.	4 h 50 min.
0,1	28 h 42 min.	49 h	20 gg

Tab. 4.VII - Velocità di sedimentazione nell'acqua di particelle di vario diametro.

L'incremento della velocità di sedimentazione non è forte come si potrebbe pensare, ma tuttavia risulta sensibile.

La separazione solidi-liquidi e gas-liquidi è influenzata fortemente dalla *coalescenza* per effetto della quale le piccole bolle, venendo a contatto, si uniscono per formare quelle grandi. La coalescenza naturale migliora con l'agitazione moderata, che incrementa la possibilità di contatto tra le particelle (un'agitazione violenta le disperderebbe).

Per omogeneità di classificazione si possono comprendere tra le dispersioni grossolane anche i microrganismi che fanno parte della vita acquatica o che provengono dall'esterno: la cui importanza sanitaria è notevolissima. Possono provocare, infatti, così come i virus, sensibili difficoltà igieniche e tecnologiche.

Le dispersioni colloidali

Quando le dimensioni della materia inerte sono sensibilmente maggiori di quelle delle molecole, ma sono contenute in qualche micron, le forze di superficie predominano su quelle di massa. Può quindi accadere che lo stato di dispersione risulti stabile a causa dell'azione combinata di movimenti browniani³³ e delle forze elettrostatiche superficiali. Poiché l'acqua contiene degli elementi polarizzati (gruppi polimerizzati di molecole con legame di idrogeno libero, ioni H^+ e OH^-) i colloidali che vi si trovano vengono circondati da ioni satelliti e anche da una corona di molecole d'acqua che concorrono ad ostacolare la coalescenza (si chiama coagulazione l'eliminazione degli elementi che si oppongono alla coalescenza dei colloidali). Alcuni colloidali organici subiscono quindi una forte idratazione che li rende stabili e perciò capaci di esercitare un ruolo protettore contro la coagulazione verso i colloidali meno stabilizzati.

Le cariche elettriche attirano elettrostaticamente gli ioni aventi carica opposta, che si distribuiscono in due strati: nel primo si dispongono le molecole d'acqua fortemente legate alla particella colloidale e che, di conseguenza, ne seguono gli spostamenti, nel secondo si raccolgono gli ioni che attirati elettrostaticamente dalle particelle e mossi, in tutti i sensi, dall'agitazione termica, formano una zona diffusa.

Se anche la particella colloidale restasse immobile, i due effetti si compenserebbero e la carica elettrica totale dei due strati si annullerebbe: invece essa è soggetta a movimenti browniani che eliminano una parte degli ioni della zona diffusa e perciò l'insieme della particella e delle due zone assume una carica elettrostatica globale non nulla.

Esiste, comunque, nelle due zone un gradiente di concentrazione ionica che si traduce in un gradiente di potenziale: quello che si verifica al limite tra la superficie di adsorbimento ed il secondo strato si chiama *potenziale zeta* ed è una frazione di quello di superficie della particella (potenziale di Nernst).

³³ Movimenti di particelle in sospensione in un liquido dovuti agli urti disordinati delle molecole dell'ambiente agitate per effetto termico.

Il potenziale zeta e la corona di molecole legate alle particelle impediscono che queste si avvicinino di quanto occorre per risentire delle forze di Van der Waals e per riunirsi in ammassi.

Nel caso dei colloidali idrofobi, come quelli metallici, lo spessore dell'acqua legata è piccolo e perciò l'azione dei fattori che abbassano il potenziale zeta sarà preponderante nella coagulazione. Invece i colloidali idrofili fissano uno strato di acqua notevole e perciò la coagulazione sarà dovuta ai fattori esterni che agiscono su di essa o che distruggono lo strato di acqua: in questo caso le considerazioni relative al potenziale zeta diventano secondarie.

I colloidali possiedono una proprietà importante, che consiste nella sensibilità di certi corpi portatori di cariche elettriche di segno opposto, che neutralizzano le forze elettrostatiche e provocano la coalescenza, consentendo l'azione delle forze di gravità e quindi la separazione per sedimentazione o per emersione (*flocculazione*³⁴).

Gli agenti flocculanti più energetici sono degli elettroliti metallici ad elevata valenza: la flocculazione si ottiene anche mediante colloidali aventi carica opposta o con corpi che modifichino i tenori dell'acqua in ioni H^+ e OH^- (modificazione del pH). Anche la distruzione chimica o fisica della struttura intima dei colloidali protettori può provocare indirettamente la flocculazione ed è per questo che il gelo, l'ebollizione ed alcuni ossidanti (cloro, ozono) possono provocare la coalescenza e la precipitazione.

Le dispersioni molecolari

Le sostanze disciolte e quindi disperse al livello della molecola, si classificano in *polarizzate* e in *ionizzate*: le prime sono di solito delle grosse molecole organiche, le seconde comprendono una serie di corpi organici e la maggior parte dei sali minerali.

Il grado di dissociazione dei corpi ionizzabili è variabile e decresce quando aumenta il numero delle molecole disciolte per unità di volume. Il grado di dissociazione è prossimo al 100% per i composti ordinari e per le soluzioni diluite quali sono le acque naturali, fatta eccezione per quelle di mare e per quelle eccezionalmente cariche di alcuni laghi o falde profonde.

Le sostanze disciolte, a contatto con le loro fasi solide o gassose, obbediscono a equilibri di dissoluzione dipendenti dalla temperatura e dalla pressione che è particolarmente influente sui gas. Per determinate condizioni fisiche esiste una concentrazione di saturazione della soluzione e se questa supera un certo limite, ad es. per effetto di reazioni chimiche, il corpo precipita, se l'equilibrio si realizza tra solido e liquido, o si libera quando si tratta di un equilibrio gas-liquido. Viceversa, se il corpo o il gas si trova in un liquido avente concentrazione inferiore a quella di saturazione, questo si scioglie ulteriormente.

In generale la solubilità dei gas diminuisce con la temperatura, mentre aumenta quella dei solidi, fatta eccezione per alcuni composti del calcio.

³⁴ Non si confonda la flocculazione col fenomeno della coagulazione.

4.12. BIBLIOGRAFIA

- American Water Work Association. 1999. Water quality and treatment. A handbook of Community Water Supplies. Mc Graw Hill. New York.
- Aulicino F. A., Muscillo M., Volterra L.. 1995. Acque potabili 2 - I problemi microbiologici emergenti. Pitagora Editrice. Bologna.
- Bianucci G., De Stefani G.. 1995. Il trattamento delle acque per uso industriale. Hoepli. Milano.
- Fiori M., Cecconi F.R.. 2010. Impianti di raccolta e scarico acque. Maggioli Editore
- Funari E., Bastone A., Griffini O., Ziglio G.. 1996. Acque potabili 3 - Composti organo-alogenati nelle acque potabili: aspetti sanitari, normativa e controllo. Pitagora Editrice. Bologna.
- Funari E., Bastone A., Volterra L.. 1992. Acque potabili 1 - Parametri chimici, chimico - fisici e indesiderabili. Pitagora Editrice. Bologna.
- Gomella C., Guerrée H.. 1996. Les traitement des eaux de distribution. Eyrolles. Paris.
- Jenkins, Scott. 2015. Water Treatment Technologies Chemical Engineering; New York 122, 12: 32.
- Masotti L., Verlicchi P. 2005. Depurazione delle acque di piccole comunità. Tecnologie naturali e tecniche impiantistiche. Hoepli ed., Milano.
- Masotti L.. 1991. Depurazione delle acque. Calderini. Bologna.
- Melchiorre I., Fortuna U.. 1990. Igiene e disinfezione dell'acqua. Ed. Il Campo. Roma.
- Monte. A., 2010 Elementi di impianti industriali. (vol. 2). Ed. Libreria Cortina. Torino.
- Perry R. H., Perry's Don Green. 1995. Chemical engineers' handbook. Mc Graw Hill. New York.
- Pollicino G.. 1999. Acque potabili 5 - Argomenti di microbiologia ambientale. Pitagora Editrice. Bologna.
- Rizzo R. 2005. Scienza e Tecnologia delle Acque minerali e delle bevande. Vol. I "L'acqua". Chirioti Editori, Pinerolo (TO)
- Rosa A., Moruzzi L., Meucci F. 1989. Le nuove tecnologie emergenti nell'industria dell'acqua. Ed. Il Campo. Roma.
- UNI, 1987. Impianti di alimentazione e distribuzione acqua, impianti di scarico acque usate e meteoriche: raccolta di norme sperimentali.
- Van der Hoek J. P., Bertelkamp C., Verliefe, A. R. D. Singhal N. 2014. Drinking water treatment technologies in Europe: state of the art - challenges - research needs. Journal of Water Supply: Research and Technology, 63 (2) 124-130
- World Health Organization (WHO). 1996. Guidelines for drinking-water quality. (vol. 2) Criteria and Other Supporting Information. ISBN 92 4 154480 5
- Zanasi A., Brazzorotto C. 2000. Guida alle acque minerali italiane in bottiglia. GM Servizi S.a.s. IV Edizione. Ferrara.

La natura non tollera menzogne.
Carlyle "Letter Day"

Capitolo quinto

LIQUIDI DI GOVERNO: LE BEVANDE, GLI SCIROPPI

5.1. LIQUIDI DI GOVERNO

Un liquido di governo impiegato nella preparazione e nel confezionamento di un alimento può essere definito sotto l'aspetto tecnico come "Preparato liquido o liquido naturale con funzioni coadiuvanti, sotto l'aspetto tecnologico, organolettico e conservativo di un alimento in fase solida".

Per gli aspetti normativi i liquidi di governo sono dei liquidi alimentari completivi di una ricetta alimentare ed entrano a far parte dello stesso alimento; essi spesso hanno anche la delicata funzione di prolungare sensibilmente la shelf-life del prodotto base.

I liquidi di governo per la loro funzione protettiva nei confronti dell'alimento sono riconducibili a 4 tipologie principali: alcolici, zuccherini, salati, grassi, sostanze che abbassano drasticamente l'attività dell'acqua in seno all'alimento, impedendo anche su tempi lunghi, un incontrollato sviluppo di batteri.

5.2. LE BEVANDE

Una bevanda può essere definita quale: *preparato liquido con funzione di matrice sotto l'aspetto tecnologico, organolettico e nutrizionale di alimenti a base solida, non necessariamente nutritiva o terapeutica.*

Le bevande sotto l'aspetto tecnologico sono alimenti liquidi che vengono consumati in fase liquida.

Sotto l'aspetto normativo sono "liquidi alimentari".

Le bevande possono classificarsi secondo lo schema rappresentato in **fig.**

5.1.

Risulta che mai sia stata fatta distinzione tra bibita e bevanda; tuttavia la bibita ha connotazione decisamente dissetante (meno alcolica).

Il D.P.R. 19 maggio 1958 n. 719 all'art. 2 recita. "Sono da considerarsi bibite analcoliche le bibite gasate e non gasate confezionate in bottiglia od altri recipienti a chiusura ermetica, preparate con acqua potabile o acqua minerale naturale contenente una o più delle seguenti sostanze.

- succo di frutta,
- infusi, estratti di frutta o di parti di piante commestibili o aromatiche o aromatizzanti,

- *saccarosio*,
- *acido citrico, acido tartarico*.

*Il saccarosio può essere sostituito dal destrosio nella misura massima del 10%.
L'eventuale contenuto in alcol etilico non deve essere superiore all'1%.*

Le bibite quindi, possono essere ulteriormente sistematizzate secondo lo schema di **fig. 5.2**.

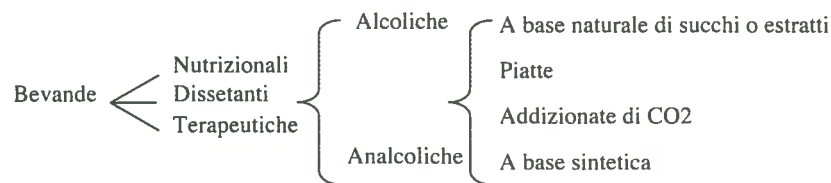


Fig. 5.1 - Inquadramento delle bevande.

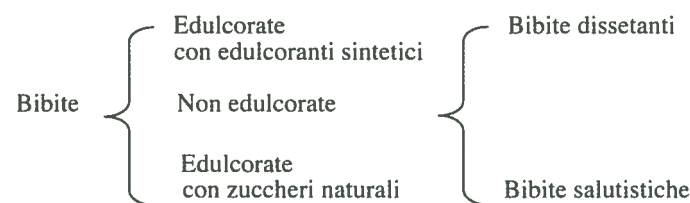


Fig. 5.2 - Sistematizzazione delle bibite.

Per gli aspetti merceologici le bibite risultano un mix tra le sostanze sotto elencate.

- Anidride carbonica
- Acqua naturale o trattata
- Zuccheri naturali
- Zuccheri sintetici
- Aromatizzanti naturali
- Aromatizzanti sintetici
- Coloranti naturali
- Coloranti sintetici
- Sali minerali.

Alcuni aspetti di mercato delle bevande

Il settore delle bevande, che è in continua espansione da alcuni decenni è caratterizzato da forte segmentazione e competitività.

Il segmento più importante (75%) è costituito da acque minerali edulcorate e aromatizzate e dalle bibite gasate.

Le bevande piatte hanno attualmente il trend di crescita più elevato.

In forte incremento sono nell'ultimo quinquennio il tè freddo e le *bevande funzionali*.

5.2.1. Il concetto di naturalità

Un prodotto alimentare è percepito come naturale se contiene nella sua composizione principi attivi che siano presenti naturalmente nei componenti base.

Naturalità ↔ Freschezza

Per essere percepita "naturale" una bevanda non deve subire trattamenti chimici e termici drastici e traumatici per i suoi ingredienti.

Una bevanda per mostrare **naturalità** deve avere le seguenti caratteristiche:

- non essere additivata con sostanze chimiche coloranti o conservanti;
- essere "piatta", in quanto il "non gassato" viene recepito come "meno artificiale";
- essere stabilizzata con trattamenti "mild", che danneggiano meno le caratteristiche organolettiche;
- essere prodotta da componenti base il più possibile esenti da contaminazione microbica, poiché ciò consente di minimizzare i trattamenti di stabilizzazione nella fase di condizionamento;
- il ciclo tecnologico di lavorazione deve essere svolto in ambienti igienicamente protetti per prevenire contaminazioni.

Commercialmente le bevande vengono distinte in dissetanti, salutistiche e arricchite.

Le bibite dissetanti sono esclusivamente a base di acqua, zucchero, aromi naturali e CO₂. Tra esse ricordiamo le gassose, le cole, le spume, le toniche, i ginger e simili.

Tra le bevande salutistiche si trovano le "bibite alleggerite":

- bibite naturali lisce o piatte senza CO₂;
- bibite decaffeinatate;
- bibite ipocaloriche;
- acque minerali edulcorate.

E le *bibite arricchite*:

- integratori idrosalini o *sport drinks* (con sali minerali);
- bibite vitaminizzate o *fortified drinks*;
- bibite energetiche o *energy drinks* (con stimolanti);
- acque aromatizzate con ingredienti naturali o di sintesi.

La preparazione delle bevande

Il diagramma qualitativo di preparazione delle bevande (**fig. 5.3**) prevede

- ▷ lo stoccaggio dello zucchero;
- ▷ la dissoluzione dello stesso per la preparazione dello sciroppo zuccherino;
- ▷ la miscelazione delle basi aromatiche e degli altri componenti di base (succhi, estratti, infusi) allo sciroppo zuccherino (fabbricazione dello sciroppo finito);

▷ la diluizione in proporzioni predefinite di questo nell'acqua per la preparazione della bevanda, e l'eventuale aggiunta di anidride carbonica.

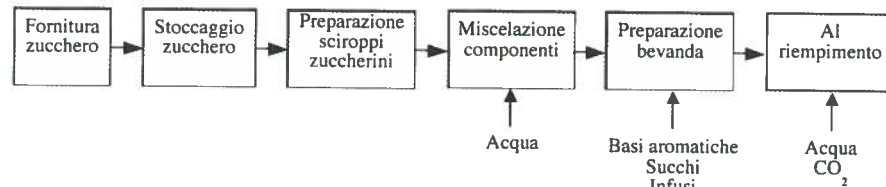


Fig. 5.3 - Diagramma qualitativo semplificato per la preparazione delle bevande.

A livello industriale il tutto può trovare applicazione con l'inserimento di numerose macchine che compongono la parte di preparazione bevanda.

Ad esempio per bevande non carbonate può essere utile il prospetto sotto riportato.

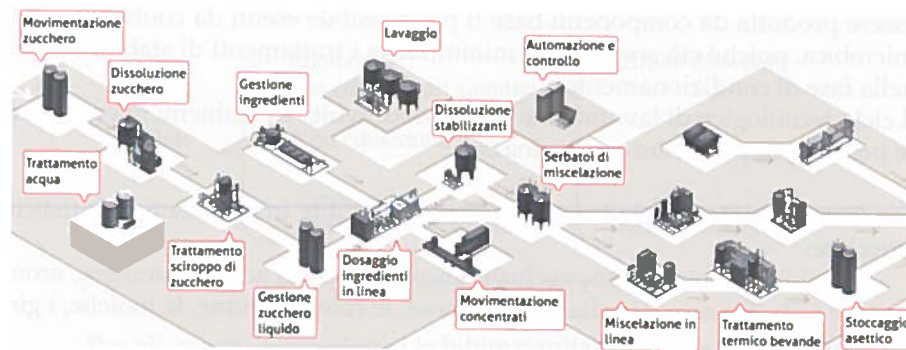


Fig. 5.4 - Possibili fasi e impianti per la preparazione delle bevande. (ADUE S.p.A)

Attualmente il produttore di bevande ha la possibilità di rifornirsi di zucchero semolato confezionato in sacchi (50-100 kg), "sfuso" in autocisterne, e in soluzione acquosa a circa 60 Bx.

Lo zucchero in soluzione viene trasportato in autobotti e viene stoccato in tank di acciaio inox refrigerati, opportunamente muniti di agitatori (a 250-300 giri/min.), da azionare qualche tempo prima dell'impiego.

Questo tipo di prodotto si presta particolarmente per le industrie in cui la produzione degli sciroppi sia costante nell'arco della settimana ed abbia una elevata consistenza quantitativa.

Per quantitativi limitati di sciroppi, quando la produzione non sia costante, conviene utilizzare lo zucchero in sacchi, che ha il vantaggio di una facile conservazione per un tempo praticamente illimitato.

Per quantitativi molto elevati sorgono insormontabili problemi di movimentazione e in questo caso è opportuno ricorrere allo stivaggio dello zucchero in sili di acciaio o poliestere.

Il trasporto dello zucchero avviene su letto fluido e si realizza mediante lo schema riportato in fig. 5.5.

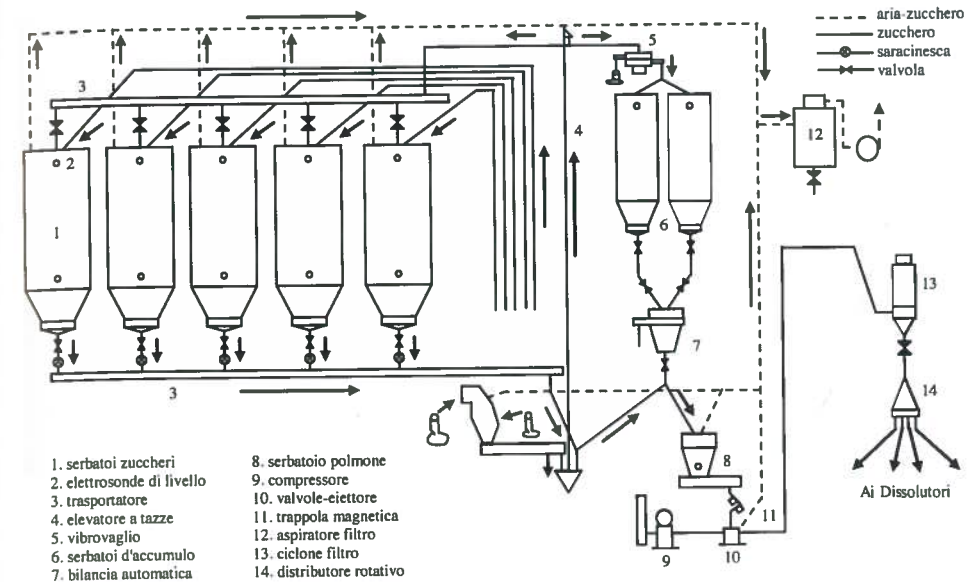


Fig. 5.5 - Schema di trasporto dello zucchero in e da silos.

In dettaglio il sistema di trasporto e dosaggio può essere sia pneumatico sia a coclea (come riportato in fig. 5.6), in funzione delle esigenze di ogni cliente.

Tutte le parti a contatto con il prodotto sono in acciaio Aisi 304 o 316. L'unità è sempre fornita di motoriduttore e trasmissione a catena, con il sistema controllato da un PLC provvisto di interfaccia sul PC. Lavorando in ambienti con polveri questi sistemi sono disponibili anche in conformità alle Direttive ATEX - Categoria.



Fig. 5.6 - Trasporto a coclea dello zucchero (ADUE S.p.A.)



Fig. 5.7 - Scarico dello zucchero da automezzo (ADUE S.p.A.).



Fig. 5.8 - Movimentazione dello zucchero da silos (ADUE S.p.A.).

Le fasi della preparazione degli sciroppi sono le seguenti:

- preparazione della soluzione zuccherina;
- filtrazione e brillantazione;
- fabbricazione dello sciroppo finito.

Preparazione della soluzione zuccherina

- La soluzione zuccherina può essere preparata per lotti (batch) o in ciclo continuo, mediante due tecniche:
 - dissoluzione a freddo;
 - dissoluzione a caldo;

La dissoluzione a freddo viene realizzata in tank in acciaio inox muniti di agitatori (fig. 5.9 a, b).

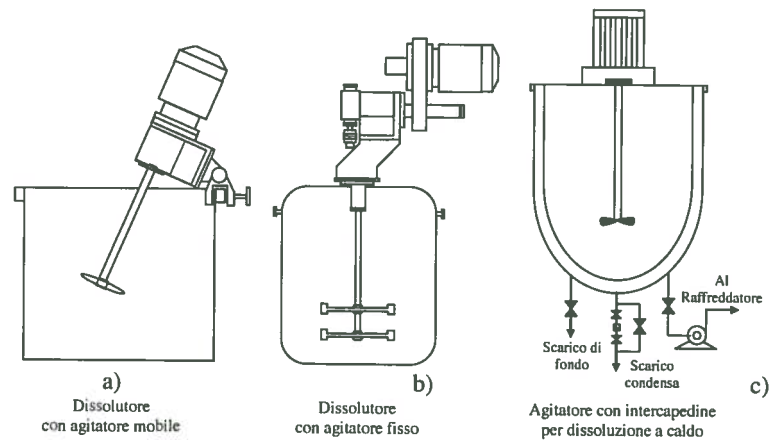


Fig. 5.9 - Dissolutori di zucchero.

Fig. 5.10 - Dissolutore di zucchero a batch (ADUE SpA)



Per piccole produzioni, gli agitatori (fig. 5.9a) non sono fissati rigidamente al serbatoio, ma posti in essi solamente durante la fase di dissoluzione.

Per produzioni elevate i tank, muniti di agitatori flangiati (fig. 5.9b), sono dotati di un boccaporto superiore per l'immissione dello zucchero, che può avvenire dai sacchi o automaticamente dai silos o da serbatoi termostatati.

La dissoluzione a caldo avviene in bacinelle aperte ad intercapedine, riscaldate a vapore, la cui camicia interna è normalmente in acciaio inox o in rame stagnato (fig. 5.9c).

Un volume d'acqua noto viene riscaldato ad una temperatura intorno ai 90°C, indi viene aggiunto lo zucchero nella quantità fissata.

Per produzioni in ciclo continuo è necessario disporre di più unità in parallelo della stessa capacità.

Supponendo di disporre di due soli tank, essi sono collegati in parallelo con la tubazione di uscita dello sciroppo e con la tubazione di adduzione dell'acqua.

Le sonde gestiscono le elettrovalvole dell'acqua e dello sciroppo in modo che, esaurito lo sciroppo di un tank, inizia lo svuotamento del secondo e il primo ricomincia il ciclo produttivo. Il processo può avvenire anche con sistemi a ricircolo (fig. 5.11, fig 5.12)

La dissoluzione in continuo può avvenire anche in un solo tank; in questo caso bisogna disporre di un sistema di pesatura automatica dello zucchero, di un flussimetro di precisione per l'acqua, di un misuratore automatico del grado Brix¹, detto anche densimetro, asservito ad una centralina computerizzata di confronto e controllo del segnale e di un attuatore per la correzione dei parametri secondo lo schema di principio riportato in fig. 5.13.

¹ Il Brix (°Bx) è un'unità di misura utilizzata per determinare in percentuale la densità e la concentrazione di zucchero negli sciroppi. Ad es. si dice che una soluzione ha 10 gradi Brix, cioè 10% Brix quando la sua densità è equivalente a quella di una soluzione di 10 g di zucchero in 90 g di acqua. Il nome deriva da Adolf Ferdinand Wenceslaus Brix (1798-1870).



Fig. 5.11 - Vista laterale dissolutore in linea con ricircolo (ADUE SpA).

La soluzione zuccherina comunque preparata, si presenta di colore giallo paglierino e contiene in sospensione una certa quantità di sostanze estranee, che le possono conferire torbidità e gusti anomali.

È necessario quindi una filtrazione "profonda" seguita da eventuale "brillantazione". L'operazione industrialmente si esegue per mezzo di filtri a strati o di filtri meccanici.



Fig. 5.12 - Dissolutore in linea con ricircolo (ADUE SpA).

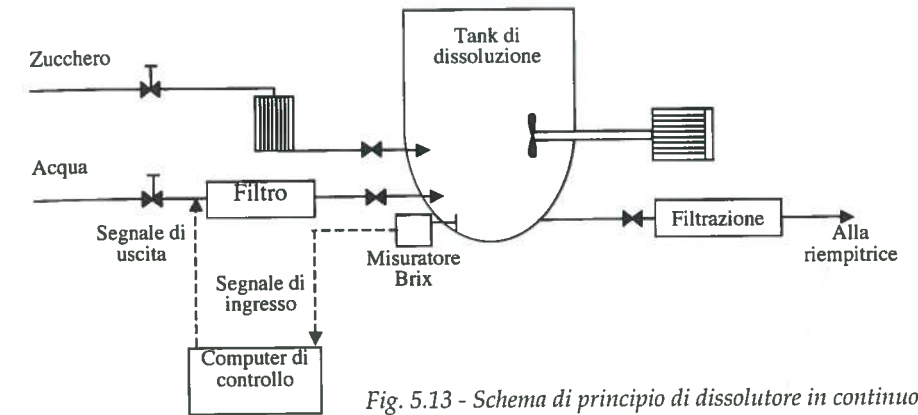


Fig. 5.13 - Schema di principio di dissolutore in continuo.

I sistemi di filtrazione a strati sono adatti per piccole e grandi produzioni, quindi il loro impiego è ancora molto diffuso. Essi possono essere di due tipi:

- filtri a membrana piana
- filtri a membrana cilindrica.

I sistemi a membrana piana sono costituiti da:

- un telaio fisso o carrelli in acciaio cromato,
- un pacco di piastre filtranti costruite in acciaio inox o hdPE,
- un sistema di serraggio delle piastre mediante vite e guide
- rubinetteria di ingresso ed uscita in acciaio inox con la strumentazione di controllo.

Il principio di funzionamento appare abbastanza immediato dalla fig. 5.14.

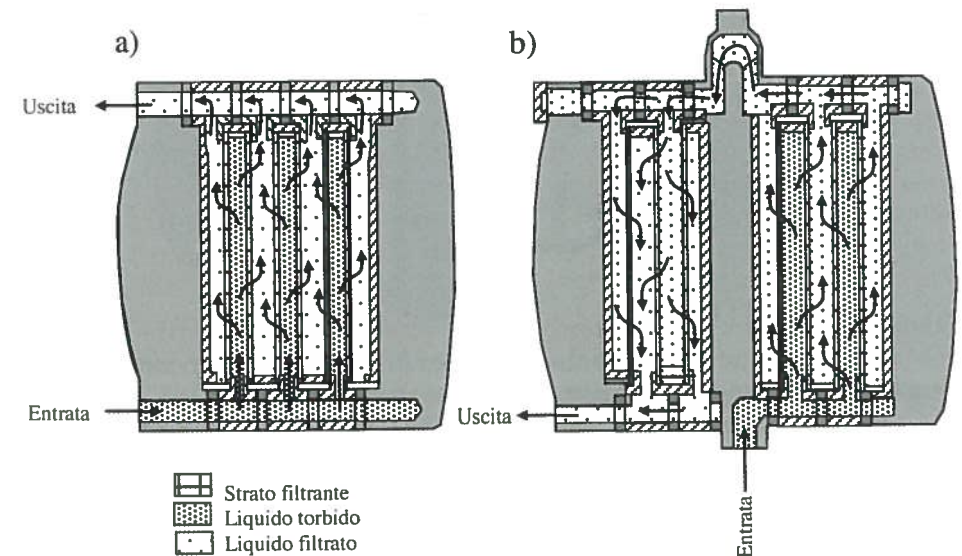


Fig. 5.14 - Sistemi a membrana piana.

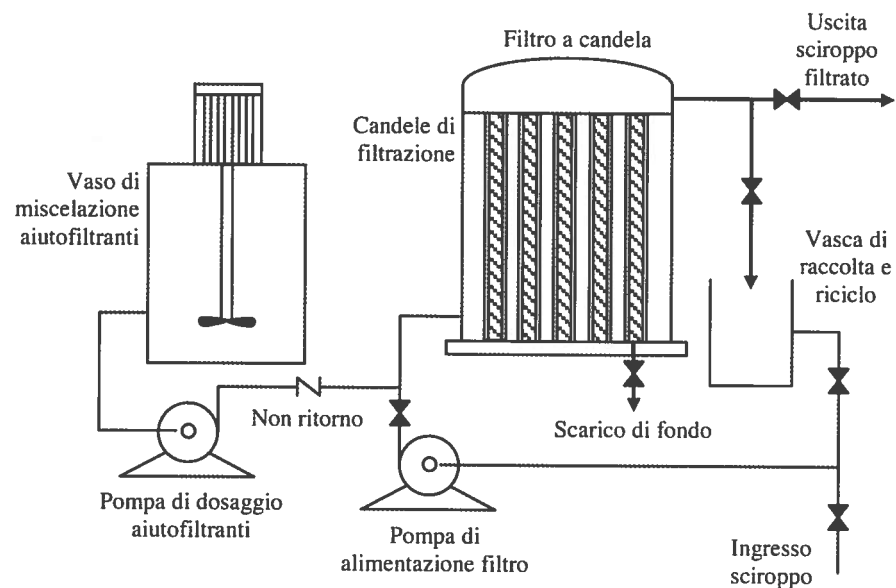


Fig. 5.15 - Filtro a candela meccanica.

I filtri a candela meccanica sono utilizzati per la filtrazione di grossi quantitativi di liquido ed utilizzano come materiale filtrante vari tipi di coadiuvanti. Il funzionamento di questo tipo di apparecchio è rappresentato in fig. 5.15.

Il sistema filtrante è costituito da un contenitore in acciaio inox alimentato dal basso da una pompa ad alta prevalenza che vi immette sciroppo.



Fig. 5.16 - Filtri a maniche (ADUE S.p.A).

I sistemi filtranti a membrana cilindrica (o a cartuccia) sono impiegati per filtrazione di profondità e per filtrazioni sterilizzanti.

Per la filtrazione di particelle in sospensione vengono impiegati filtri di profondità di tre tipi:

- Il **primo tipo** comprende quattro strati pieghettati, consecutivamente più spessi, di polipropilene non tessuto. Le porosità rilevanti sono 5,0 μm , 10 μm e 20 μm . Le applicazioni delle versioni a 10 e 20 μm sono destinate alla prefiltrazione dello sciroppo che contiene tenori alti di solidi.

- Il **secondo tipo** è caratterizzato da uno strato non tessuto di fibra di vetro posto a sandwich tra due strati di polipropilene. La porosità di 1-2 μm è indicata per agenti che contengono primariamente particelle molto fini e/o impurità colloidali, oppure un alto livello di contaminazione microbica.
- Nel **terzo tipo** di cartuccia per filtrazione sterile sono incorporate due membrane di polisulfone di 0,21 μm per la ritenzione microbica massima. Tutti gli altri componenti, ad eccezione delle guarnizioni O-ring, sono costruiti in polipropilene.



Fig. 5.17 - Filtri a farina Fossile (ADUE SpA).

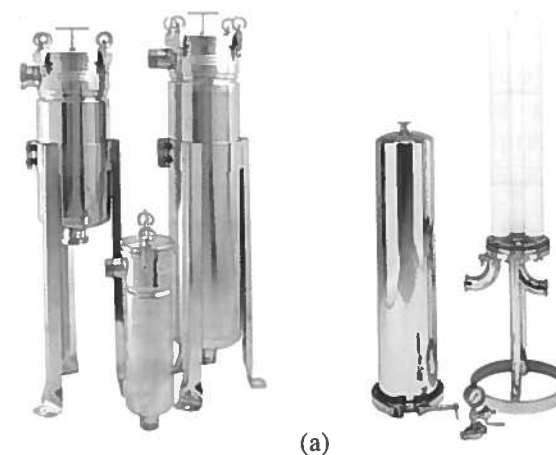


Fig. 5.18 - Filtri a sacco (a) e Filtri a cartuccia (b) (ADUE SpA).

Per arrivare alla preparazione dello sciroppo finito bisognerà aggiungere alla soluzione zuccherina altri componenti che la caratterizzano come gusto, odore e colore. Gli **additivi fondamentali** che entrano nella composizione di quasi tutte le bevande e le acque aromatizzate sono:

- base acidificante
- aromatizzanti
- succhi (per le bevande a base di frutta)
- coloranti
- alcolati caratterizzanti

Il dosaggio viene fatto utilizzando soluzioni titolate di tali componenti che vengono aggiunte allo sciroppo in opportuni tank in acciaio inox dotati di agitatori a basso numero di giri, che svolgono la funzione di omogeneizzare lo sciroppo e mantenerlo tale nel caso di prolungato stoccaggio; ovvero vengono dosati automaticamente. Quando il dosaggio avviene internamente ai contenitori questi vengono denominati impropriamente *aromatizzatori*. Da tali tank gli sciroppi finiti vengono trasferiti, mediante pompe volumetriche, ai serbatoi di stoccaggio in acciaio inox. Per grandi produzioni, il processo di preparazione degli sciroppi è automatizzato secondo lo schema di principio riportato in fig. 5.19.

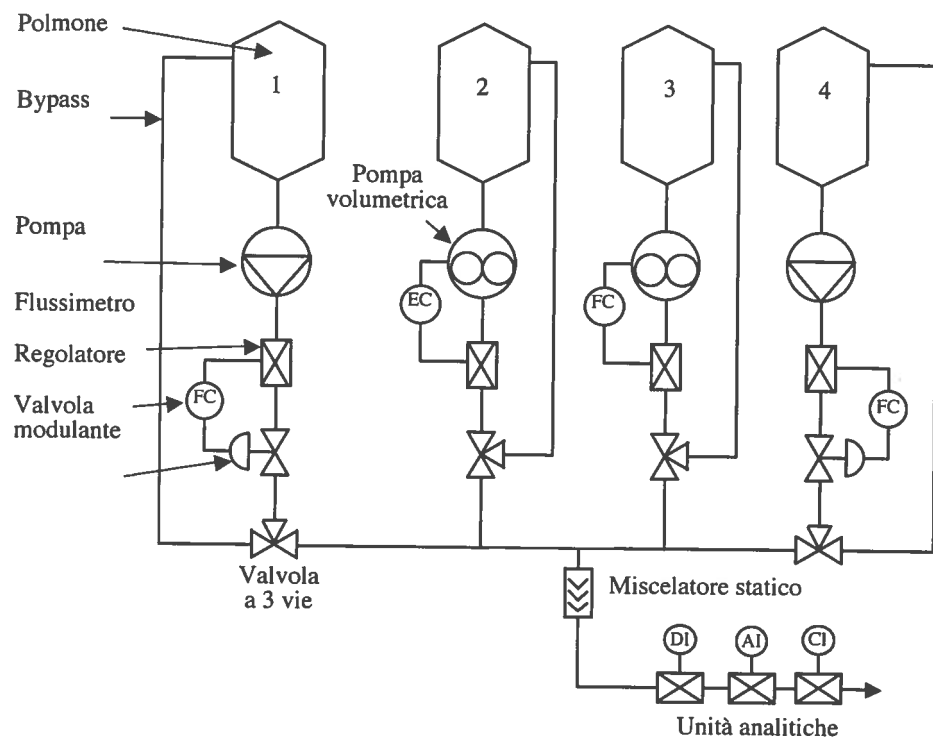


Fig. 5.19 - Processo automatizzato per la produzione di sciroppi.

Lo schema rappresenta un sistema a quattro componenti che convergono in un miscelatore statico.

Dopo il miscelatore le caratteristiche del prodotto vengono immediatamente rilevate ed analizzate.

Normalmente i seguenti parametri vengono misurati in continuo:

- concentrazione (°Brix o altro)
- pH
- acidità totale (gr/l).

5.3. GLI SCIROPPI

Essi additivati con componenti caratteristici di una bevanda danno luogo alle bibite; viceversa additivati eventualmente con sostanze di mantenimento costituiscono i più semplici e diffusi liquidi di governo.

5.3.1. Elementi di densimetria

Gli sciroppi sono soluzioni zuccherine ad alta concentrazione, additate o non con i componenti caratteristici del prodotto finito, quali aromatizzanti, alcolati, succhi, acidi, antif fermentativi e simili.

La densità degli sciroppi dipende dalla quantità degli zuccheri disciolti per unità di volume; essa può essere misurata in *gradi Baumé*, in *gradi centesimali* e in *gradi Brix*.

La scala Baumé è una scala convenzionale per la misurazione della densità dei liquidi ed è applicabile tanto a liquidi più leggeri quanto a liquidi più pesanti dell'acqua.

La scala centesimale è stabilita sulla base di una rigorosa definizione matematica ed è quindi legata ai sistemi assoluti di misura.

Si definisce densità centesimale di una sostanza il rapporto tra la massa in peso e il suo volume V:

$$\text{densità} = \frac{m}{V}$$

Quindi il numero che esprime la densità centesimale è il peso della unità di volume. Onde avere un riferimento non influenzato da fattori ambientali, quali pressione e temperatura, ci si riferisce alla pressione normale e alla temperatura di 15°C. Per passare dalla scala Baumé alla scala centesimale si applica la formula:

$$\text{densità Baumé} = 144,32 - \frac{144,32}{\text{densità centesimale}}$$

e viceversa:

$$\text{densità centesimale} = 144,32 - \frac{144,32}{(144,32 \text{ densità Baumé})}$$

Invalso è l'uso di esprimere la densità degli sciroppi in *gradi Brix* o *Balling*, che rappresentano i grammi di zucchero contenuti in 100 g di soluzione.

5.3.2. Gli zuccheri

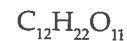
Per zucchero naturale si intende normalmente il saccarosio, un disaccaride di grandissima importanza come sostanza dolcificante e come alimento, assai

diffuso nel regno vegetale, specie nelle bietole da zucchero e nella canna da zucchero, dalle quali viene estratto industrialmente¹.

Lo zucchero è un carboidrato che allo stato solido e puro e si presenta sotto forma di cristalli bianchi di varia grandezza.

Come saccarosio è contenuto nei succhi di molti frutti e nelle linfe di molte piante, oltre che nella barbabietola e nella canna da zucchero.

La sua formula chimica è:



la forma di cristallizzazione² è prismatica (fig. 5.20),

Le principali caratteristiche chimico-fisiche dello zucchero sono le seguenti:

- a 160°C, fonde in un liquido chiaro e vischioso che raffreddato non cristallizza (zucchero d'orzo).
- Riscaldato a temperatura superiore (215°C) lo zucchero perde acqua, diviene bruno e si trasforma in caramello; riscaldato ulteriormente, emette dei gas e lascia come residuo un carbone poroso che brucia difficilmente.
- Il calore di combustione dello zucchero è di circa 3.960 calorie per chilogrammo.
- A temperatura ordinaria lo zucchero si scioglie in una quantità d'acqua pari all'incirca al proprio peso.
- Questa solubilità cresce rapidamente con la temperatura e a caldo può considerarsi pressoché illimitata.

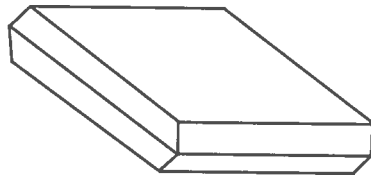


Fig. 5.20 - Forma di cristallizzazione dello zucchero.

- Nell'alcool lo zucchero è pressoché insolubile.
- Lo zucchero cristallizzato naturale ha un colore giallastro.
- La caratteristica colorazione bianca viene ottenuta aggiungendo del colore blu in fase di cottura o di centrifugazione.

Per l'uso cui è destinato nella preparazione delle bevande e dei liquidi di governo è superfluo ricorrere a zuccheri in tal modo trattati; la loro caratteristica principale deve essere la purezza.

Lo zucchero dopo un certo tempo può perdere in polarizzazione per effet-

¹ La edulcorazione delle bevande e la confezione dei liquidi di governo può essere fatta anche con sostanze edulcoranti artificiali, chiamate impropriamente "sostanze edulcoranti dietetiche".

² La densità dello zucchero in cristalli è di circa 1,58-1,60 g/cc.

to di agenti batterici presenti già nella materia prima³ e che il normale ciclo di lavorazione non riesce ad eliminare o che possono essere introdotti durante la lavorazione o raffinazione.

Sostanzialmente la fabbricazione industriale dello zucchero avviene per:

- estrazione dalla barbabietola;
- estrazione dalla canna da zucchero;
- impiegando molecole di zuccheri semplici.

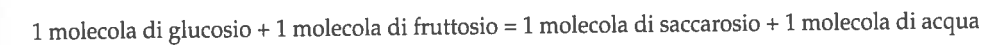
Il processo di estrazione dalla canna da zucchero prevede l'impiego di sfibratori, che, in pratica, sono composti da due cilindri dotati di scanalature e ruotanti in senso opposto. Tale movimento permette di sfibrare la canna, da cui sono state eliminate in precedenza le cime, piene di zucchero invertito.

In seguito le canne, finemente tagliate, passano al gruppo dei mulini per la spremitura.

Alla fine di tale processo si ottiene il *sugo greggio*, di colore verde cupo, e la *bagassa*, cioè il residuo della canna spremuta.

La bagassa è un prodotto di notevole importanza, perché può essere usata come combustibile all'interno dello stesso zuccherificio. Tale fatto assume rilevanza per i paesi produttori di canna da zucchero, in genere poveri di combustibili convenzionali. Dal sugo greggio si estrae lo zucchero con procedimenti analoghi a quelli per la barbabietola, che illustreremo in seguito.

La fabbricazione dello zucchero partendo da molecole di zuccheri semplici ha come base la circostanza che il saccarosio è formato dal concatenamento di una molecola di glucosio con una di fruttosio attraverso atomi di carbonio carbonilici. L'eventuale processo di fabbricazione richiederebbe l'ottenimento dei due tipi di monosaccaridi dalle forme combinate in cui si trovano in natura, per poi sottoporli a una reazione del tipo:



Il glucosio e il fruttosio sono ricavabili da sostanze naturali quali amido, fecola di patate, cellulosa, ecc. La difficoltà principale sta nell'esiguità delle sostanze menzionate in natura.

5.3.3. Produzione dello zucchero dalla barbabietola

Barbabietola da zucchero

La barbabietola da zucchero è una *dicotiledone apetalata* della famiglia delle Chenopodiacee.

³ La massima attenzione va posta nel corretto stoccaggio degli zuccheri: frequentemente nei magazzini si possono riscontrare delle decomposizioni microbiologiche con produzione di gluconato di calcio ad opera di un batterio che trasforma lo zucchero in acido gluconico.

Parimenti l'umidità provoca una diminuzione di polarizzazione e favorisce l'attacco da parte di alcune specie di batteri che si accontentano del poco azoto che accompagna gli zuccheri.

I locali destinati alla conservazione degli zuccheri devono essere freschi, ventilati e secchi, essendo la temperatura di 30-35°C la più favorevole allo sviluppo dei batteri dannosi.

Si conoscono diverse varietà, di cui quella più usata negli zuccherifici come materia prima è la Beta Vulgaris.

In questi ultimi decenni, grazie a metodi di coltivazione più razionali ed a particolari condizioni climatiche, si sono ottenute elevate quantità di contenuti zuccherini anche da altre varietà.

La barbabietola è una pianta biennale. La semina si effettua in primavera. Durante il primo anno, la pianta accresce una grande radice carnosa. Alla fine del primo anno, la barbabietola è vangata e mandata allo zuccherificio. Se lasciata nel terreno, nel secondo anno la pianta emette lunghi rami, che producono minuscoli fiori contenenti i semi.

Le bietole sono più vantaggiosamente coltivate nei luoghi dove non c'è gelo, con temperature medie tra i 20 e i 30°C, con giornate calde e notti fresche. Questo si spiega col fatto che la bietola, per crescere, ha bisogno di insolazione diretta, infatti essa subisce un processo di fotosintesi clorofilliana. Soprattutto per la crescita è importante il tempo di esposizione, più che l'intensità dei raggi. Tale fattore determina il periodo di raccolta, estremamente variabile, che in Italia settentrionale va da agosto a settembre, e nel meridione si protrae più in là nel tempo.

La barbabietola contiene dal 13% al 22% di zucchero, 80% di acqua, 5% di cellulosa, oltre a sali minerali, acidi organici e sostanze azotate in quantità basse.

Il sugo zuccherino è contenuto in cellule, ricoperte da una membrana semipermeabile.

Fabbricazione dello zucchero dalle barbabietole (fig. 5.21)

In grandi linee questo processo si può scindere in tre fasi:

- 1) estrazione del sugo greggio;
- 2) depurazione del sugo;
- 3) concentrazione, cristallizzazione e raffinazione.

Nel processo di fabbricazione si usa solo la radice della barbabietola, per cui essa, prima di arrivare in fabbrica, deve essere scollettata.

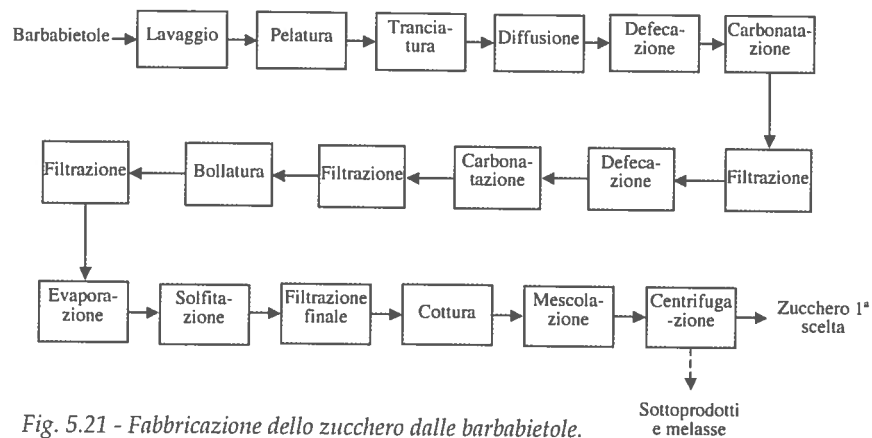


Fig. 5.21 - Fabbricazione dello zucchero dalle barbabietole.

Il taglio del colletto è regolato da opportune condizioni, onde evitare spiacevoli discussioni tra l'agricoltore e il fabbricante in sede di determinazione del pagamento ai bieticoltori; tali discussioni sono dovute al taglio più o meno profondo del colletto, che dipende dal suo stato di conservazione. Non mancano casi in cui il colletto viene lavorato a parte, ricavando da esso una certa quantità di sugo zuccherino.

In genere l'impianto non ha la capacità di smaltire in brevissimo tempo il carico di barbabietole in arrivo; queste ultime, quindi, vengono scaricate nei sili.

I sili, che sono a sezione trapezia, sono dotati sul fondo di una canaletta a sezione rettangolare (cm 40 x 70) con leggera pendenza, dove cadono le bietole, che tramite fluitazione, arrivano in fabbrica. Per questo trasporto su letto fluido si prevedono 50÷70 q di acqua per quintale di bietole. Negli stessi trasportatori idraulici vengono separate impurezze leggere, sassi e sabbia, per effetto del diverso peso specifico, verificandosi anche un certo lavaggio delle barbabietole stesse. Si elimina, così, il terriccio che le riveste, oltre a ridurre la carica microbica.

Per eliminare, o quantomeno ridurre, la quantità di queste impurezze sono stati costruiti un buon numero di dispositivi di forme e costruzioni diverse, che vengono tutti montati alla fine della canaletta.

Il dispositivo più usato è una griglia che si trova montata sul fondo della canaletta e che permette alle barbabietole di passare, mentre la sabbia e le pietre sono separate per caduta attraverso la griglia.

Le barbabietole, che hanno superato la griglia e sono giunte alla fine della canaletta, cadono nelle lavatrici, se queste si trovano più in basso, oppure vi sono trasportate con elevatori a cinghie o a catene.

Si tratta di "pompe mammut" che portano un tubo piegato a U, che ha un braccio più lungo dell'altro di una volta e mezzo.

L'acqua e le barbabietole arrivano insieme al braccio corto, cadono verso il fondo e da qui sono innalzate nel braccio lungo da una corrente di aria compressa che, diminuendo il peso specifico della massa, la solleva per il principio dei vasi comunicanti.

All'interno della pompa si trova un braccio elevatore munito di una saracinesca, la quale viene utilizzata quando sabbia e pietre possono provocare ostruzioni nel fondo del tubo a U. Verificandosi tale eventualità, la saracinesca viene chiusa, mentre si continua a fare arrivare aria. Questa viene insufflata nel braccio corto della pompa ed espelle anche le grosse pietre che si possono trovare depositate. Generalmente queste pompe sono centrifughe ad asse orizzontale. La girante d'acciaio è montata su un albero, anche esso d'acciaio ad alta resistenza, supportato da cuscinetti lubrificati in olio. Il corpo della pompa è ricavato in ghisa e di ghisa sono anche la bocca di aspirazione e quella di mandata rivolta verso l'alto. Ci sono pure almeno due predelle per l'ispezione interna, uno scarico di fondo ed una presa superiore per il lavaggio.

La pompa bietole consente di innalzare in quota le barbabietole che subiranno, in seguito, le altre lavorazioni sfruttando l'alimentazione per gravità.

Lavaggio

La pompa bietole manda le barbabietole alle lavatrici, ma è importante che esse vengano separate dall'acqua di trasporto, che contiene impurità, per evitare che si mescolino con l'acqua pura di lavaggio.

Spesso per il lavaggio si usano anche acque non pure, ad esempio quelle di scarico della diffusione, ma necessariamente in questo caso si dovrà effettuare una risciacquata con acqua pulita. Perciò si dovrà disporre di due lavatrici poste in successione, la seconda delle quali alimentata con acqua pura, trattata con cloro ed il più possibile fredda per ridurre le perdite di zucchero allo $0,01 \div 0,02\%$.

Le lavatrici sono del tipo verticale od orizzontale. Le lavatrici verticali hanno il grande vantaggio di riuscire ad effettuare una completa separazione delle pietre, delle foglie e di tutte le altre impurità presenti tra le barbabietole.

Una coclea elevatrice consente l'estrazione delle barbabietole dalle lavatrici verticali. Nella parte iniziale della coclea è montato un piatto che rimuove le bietole e fa cadere le pietre, separandole.

Tuttavia il tipo di lavatrice quasi universalmente usata è quella orizzontale. Essa è una vasca a forma parallelepipeda, divisa in tre scomparti. Il primo scomparto è quello sfangatore. Esso viene riempito con una grande quantità di barbabietole, in modo che lo strofinio continuo tra barbabietole e tra queste e le pareti della vasca ne favorisca la pulizia.

Le barbabietole passano, poi, al secondo scomparto o *spietratore*. Il grado di riempimento di questo secondo scomparto è minore per consentire alle pietre di depositarsi facilmente e rapidamente.

Queste due diverse esigenze vengono soddisfatte utilizzando un sistema di scarico dal primo scomparto che smaltisce una minore quantità di barbabietole rispetto a quella smaltita dal sistema di scarico del secondo scomparto.

Il terzo scomparto è vagliatore, ed in esso comincia a separarsi l'acqua dalle bietole, in previsione della successiva operazione di pesatura delle bietole.

Taglio delle barbabietole

Le barbabietole, dopo il lavaggio, vanno alle tagliatrici. Il taglio avviene tramite l'utilizzazione di tagliatrici verticali od orizzontali.

Questa operazione è di fondamentale importanza per la successiva operazione di diffusione. Affinché l'estrazione dello zucchero avvenga nel miglior modo e col massimo risultato, converrebbe che le fettucce avessero forma cilindrica. I coltelli in tal caso però dovrebbero avere una forma particolare, che non risulta conveniente sia da un punto di vista economico che pratico.

Si usano coltelli che sagomano le fettucce a forma di "V" ad angolo retto, con uno spessore variabile tra 0,5 mm ed 1 mm ed una lunghezza di 3÷5 mm.

Nelle tagliatrici orizzontali i coltelli vengono disposti su di un disco rotante orizzontale ad asse verticale (con diametro di ca. 2 m), che ha delle aperture (da 15 a 20) in cui si fissano le cassette portacoltelli.

L'alimentazione delle barbabietole avviene dall'alto; esse vengono tagliate cadendo sui coltelli rotanti.

Nelle tagliatrici verticali i coltelli sono fermi e montati sulle pareti laterali

di un cilindro verticale. L'alimentazione avviene sempre dall'alto, quindi le barbabietole vengono spinte verso i coltelli fissi da pale rotanti e sono tagliate a fettucce.

In entrambi i tipi di macchine, i coltelli che vengono usati sono chiamati *gol-ler* e sono formati da una lamina d'acciaio stampata. Essi vengono fissati tra due piastre scanalate sulle stesse cassette. I coltelli di solito usati hanno denti con passo di 5,95 mm, 7,2 mm e 5,1 mm. La ragione fondamentale di ridurre il passo è la possibilità di ottenere, con questi coltelli, il 20% in più di fettucce rispetto a quelli di passo 5,95 mm e addirittura il 40% in più rispetto a quelli di passo 7,2 mm.

Le fettucce così tagliate vengono avviate alla diffusione tramite un nastro trasportatore.

La diffusione

La diffusione rappresenta l'unico metodo industrialmente adeguato per l'estrazione dello zucchero dalle barbabietole. Essa si basa sul fatto che quando un sistema ha due diverse concentrazioni di soluto, si verifica una migrazione dalle zone a maggior concentrazione verso quelle a concentrazione minore, fino a che la concentrazione non è la stessa in tutto il sistema. Questa lisciviazione continua, fatta con acqua solfitata o contenente sali quaternari, non consente, da sola, un'estrazione efficace. Il sugo zuccherino, infatti, è contenuto da cellule che hanno lo strato superficiale esterno del protoplasma vegetale (ectoplasma) che funziona da strato semipermeabile, mentre la membrana rigida di natura pectocellulosica che riveste la cellula, è completamente permeabile all'acqua e alle soluzioni acquose. Bisogna, perciò, demolire l'ectoplasma; il che avviene denaturando i componenti, prevalentemente proteici, per effetto di un riscaldamento intorno ai 70°C, che si ottiene per immersione o mescolanza delle fettucce in sugo caldo.

Per gli aspetti teorici la diffusione fu studiata da Fick, che enunciò la legge seguente: *La quantità di soluto che diffonde attraverso uno strato di solvente di sezione A e di spessore x, è funzione diretta della differenza di concentrazione dalle due parti dello strato e del tempo.*

In pratica, indicando con C e c le due concentrazioni, si ha:

$$s = DA \frac{C - c}{x} t$$

dove t è il tempo e D un coefficiente di proporzionalità detto "coefficiente di diffusione".

Questa legge nella sua forma differenziale, presenta delle analogie con la legge di Fourier sulla trasmissione del calore.

Differenziando:

$$ds = DA \frac{dc}{dx} t$$

in cui dc/dx è il gradiente di concentrazione in analogia con dt/dx , gradiente di temperatura della legge di Fourier:

$$dQ = \lambda A \frac{dT}{dx} dt$$

Einstein diede per D l'espressione $D = kT/\eta$, con k costante dipendente dalle dimensioni delle molecole; T è la temperatura e η la viscosità del solvente. Quindi D dipende doppiamente dalla temperatura, dato che η è funzione di T .

Dalla legge di Fick si nota che la quantità di soluto diffusa dipende dalla superficie di diffusione: questo è il motivo per cui le barbabetole si tagliano a strisce, aumentando, così, la superficie di contatto con l'acqua e diminuendo, altresì, lo spessore di diffusione x . Oltre un certo valore dello spessore non si può però scendere, pena l'impastarsi delle fettucce.

Non conviene nemmeno salire oltre gli 80°C con la temperatura, né oltre i 60 minuti con il tempo, altrimenti aumenta sensibilmente la peptizzazione⁴ delle sostanze colloidali, che tendono, così, a passare anch'esse in soluzione, abbassando la purezza del sugo ottenuto.

Il sugo estratto è all'incirca 1,2 volte il peso delle fettucce. Queste ultime saranno estratte, e quindi considerate esaurite, quando contengono non più dello 0,1÷0,2% di zucchero. Spingere oltre la diffusione significherebbe sciogliere una maggiore quantità di *non zuccheri*, ottenendo, quindi, sughi più diluiti, che richiederebbero tempi e costi maggiori di evaporazione.

A queste perdite determinabili si aggiungono le perdite indeterminabili che si hanno per la formazione di zucchero invertito durante la diffusione e per la distruzione del saccarosio ad opera di microrganismi. Le perdite totali saranno dello 0,4÷0,8% di barbabetole.

Molteplici sono le soluzioni tecnologiche che consentono di effettuare l'operazione di diffusione. Queste soluzioni presentano ognuna dei vantaggi e degli svantaggi. Generalmente si è orientati verso quelle soluzioni che consentono di operare in continuo, anche se c'è la possibilità di effettuare la diffusione in modo discontinuo.

In questo secondo caso si ricorre all'impiego di una batteria di diffusori disposti su due file parallele e collegati in serie tra loro. Generalmente questi diffusori hanno una parte cilindrica centrale e due estremità di forma tronco-conica.

Il numero di diffusori è variabile e dipende dalla velocità di circolazione del sugo. Essi variano da 10 a 14; di questi alcuni sono fuori batteria perché sottoposti ad operazioni di scarico, carico o lavaggio. Se la velocità di circolazione del sugo è elevata si possono tenere fuori batteria solo due diffusori; in caso contrario si possono escludere anche più diffusori.

La capacità di tali apparecchi è di 40÷100 hl e l'alimentazione avviene tra-

⁴ La peptizzazione è la proprietà di alcuni colloidali solidi di disperdersi in un liquido con cui vengono posti a contatto. Può avvenire spontaneamente, oppure per effetto del calore o anche per azione di particolari sostanze dette agenti peptizzanti. Si pensa che la dispersione sia facilitata dalla generazione di cariche elettriche sulla superficie del colloide o da fenomeni di adsorbimento.

mite grondaie a scivolo. Lo scarico delle fettucce avviene da aperture, comandate automaticamente, poste nella parte inferiore del diffusore.

In tutti i diffusori la circolazione del sugo avviene dall'alto verso il basso ed è dovuta all'immissione dell'acqua nel diffusore di coda, o ultimo elemento, a pressione atmosferica; ed esce dal diffusore di testa, o primo diffusore, che è pieno di fettucce fresche.

Il moto in controcorrente tra acqua e fettucce consente che sia sempre agente nel sistema una forza spingente non nulla.

La particolarità di questi diffusori, che è una complicazione al tempo stesso, consiste nel fatto che tutti devono essere provvisti di valvole e di sistemi di regolazione, perché, a turno, svolgeranno tutti le stesse funzioni. Ognuno dovrà essere posto fuori batteria per il carico e lo scarico, quindi ogni diffusore funzionerà da diffusore di testa e poi via via occuperà tutte le posizioni intermedie fino alla coda.

Nel passare da un diffusore a quello successivo, collegato in serie, il sugo si raffredda; per questo motivo ogni diffusore è provvisto di uno scambiatore di calore a fascio tubiero, detto *calorizzatore*, che riscalda il sugo sfruttando il calore del vapore di evaporazione.

La diffusione continua consente, invece, una notevole riduzione dei costi di esercizio, della manodopera (per la completa automazione) e inoltre richiede un quantitativo minore di acqua.

Gli svantaggi sono dovuti al possibile mescolamento tra sugo e fettucce, che devierebbe il processo dalle condizioni di controcorrente, ma, soprattutto, alla notevole complessità di questi diffusori continui. Un primo tipo di diffusore continuo è costituito dal diffusore *Bergè*. Esso è composto da un cilindro orizzontale rotante di lunghezza pari a 20÷30 m e diametro di 4÷6 m. All'interno di tale cilindro un'elica divide il volume in tante celle quante sono le spire dell'elica. Il moto di rotazione dell'elica trascina il sugo, per cui si ottiene, per il continuo movimento, un'ottima mescolazione tra sugo e fettucce; in tal modo il sugo viene trasportato da un'estremità all'altra del cilindro.

Le fettucce seguono il moto di rotazione del cilindro rotante, essendo trascinate da pale a griglia fissate al cilindro stesso. Quando le fettucce salgono per effetto di tale moto di rotazione, il sugo da esse trasportato cade dai fori della griglia. Per mantenere il principio dell'estrazione del sugo in controcorrente, le fettucce subiscono un percorso particolare e obbligato, dovuto alla presenza di scivoli, che permette loro, cadendo, di non tornare alla cella di partenza, ma a quella successiva, in direzione opposta al moto del sugo.

Una variante di tali diffusori è costituita dalla presenza di una doppia elica per il movimento del liquido. Ciò comporta un tempo di permanenza del sugo nel cilindro rotativo circa la metà di quello precedente, col vantaggio che i sughi ottenuti saranno più puri e meno contaminati da eventuali impurezze presenti nell'acqua.

In entrambi i casi una parte del sugo greggio ottenuto torna in circolo per riscaldare le fettucce con cui il dosatore alimenta il diffusore.

Un'altra soluzione al problema della diffusione è costituita dalla torre di diffusione verticale.

Le fettucce fresche sono introdotte dal basso, dopo essere state tagliate e pesate. L'acqua è, ovviamente, introdotta dall'alto e nel suo cammino viene a contatto con fettucce che hanno via via un contenuto zuccherino maggiore. L'estrazione per diffusione di questo zucchero produce un sugo a contenuto zuccherino sempre più alto, dall'alto verso il basso del diffusore. Le fettucce sono portate verso l'alto da due coclee ad assi paralleli.

Anche se il livello del liquido si mantiene sempre inferiore a quello delle fettucce, la diffusione procede regolarmente, perché il tempo che le fettucce in rotazione permangono fuori dal sugo è relativamente breve.

Per favorire il processo, all'interno del diffusore si introduce una certa quantità di vapore, che eleva la temperatura.

Alla fine il sugo è estratto dal basso, mentre le fettucce esaurite, o polpe, vengono estratte dall'alto.

La *torre di diffusione* consiste in una grande camicia cilindrica verticale, dentro la quale è montato un albero d'acciaio tenuto fermo da un piano radiale nella parte superiore e, nella parte inferiore, da un piano assiale ed uno verticale. Sull'albero sono montate una serie di pale concave.

Le fettucce, introdotte dal basso, sono trasportate verso l'alto dall'azione combinata delle palette e dei fermagli montati sul corpo dell'apparecchio. Variando l'inclinazione delle pale, è possibile variare il tempo di permanenza delle fettucce nella torre.

L'estrazione dello zucchero dalle barbabietole può ottenersi anche tramite l'applicazione del *metodo Steffen*.

In pratica le fettucce vengono sottoposte ad una doppia spremitura a temperatura elevata e, poi, subiscono la lisciviazione. A seguito di questa estrazione si avranno delle polpe che contengono circa il 3% di zucchero, che saranno, poi, essiccate. In questo modo le uniche perdite registrate sono quelle di diffusione; infatti le polpe essiccate vengono vendute ad un prezzo superiore a quello di acquisto delle barbabietole stesse.

Questo processo non è, però, molto utilizzato; in Italia era funzionante un solo impianto Steffen, e un decina in tutto il mondo. L'impianto Steffen è conveniente solo per notevoli quantitativi di barbabietole da lavorare e ciò per l'esigua percentuale di zucchero che rimane nelle stesse dopo la diffusione. La riduzione delle perdite di zucchero, che questo impianto permette, è stata pareggiata da quella consentita dalla diffusione continua, grazie ai continui miglioramenti. Ma, soprattutto, il grande vantaggio dell'impianto Steffen è dovuto alla grande quantità di forza motrice richiesta.

Depolpazione

Il *sugo di diffusione* o *sugo greggio*, presenta composizione e qualità differenti, influenzate soprattutto dalla qualità delle barbabietole e dal modo di estrazione del sugo dalle stesse.

Si tratta, in definitiva, di un liquido torbido, che assume deboli colorazioni in giallo o in grigio. Se viene esposto all'aria, anche per pochi minuti, assume una colorazione molto scura. Questa è dovuta all'azione di enzimi ossidanti che agiscono sulla tirosina e su altri costituenti del sugo.

Dal punto di vista della composizione chimica, il sugo greggio contiene in soluzione tutte le sostanze già presenti nella barbabietola, unite ad alcune sostanze che si sciolgono durante la fase di estrazione. A tale proposito si riporta la **tab. 5.I**, che elenca le sostanze presenti nella barbabietola e nel sugo, con le relative proporzioni:

Su 100 parti contenute nella barbabietola	Nel sugo
sostanza secca	74
zucchero	96
ceneri totali	61
non zucchero organico	70
potassa	74
acido fosforico	79
albuminoidi	23
altre sostanze azotate	99

Tab. 5.I - Sostanze presenti nella barbabietola e nel sugo.

Nel sugo sono presenti anche particelle di dimensioni più grandi, a forma di filamenti, o addirittura frammenti di barbabietole e sostanze colloidali in sospensione, ma che non sono filtrabili.

Per eliminare queste grosse particelle e i frammenti di barbabietole, il sugo di diffusione deve essere sottoposto ad una depurazione preliminare, che consiste, appunto, nel trattenere i frammenti di fettucce e filamenti, che, in qualche modo, riescono a sfuggire dalle griglie dei diffusori.

Queste impurità sono assai dannose, sia perché si attaccano alla superficie dei riscaldatori, diminuendone l'efficacia, sia perché successivamente danno, in fase di riscaldamento e defecazione, dei prodotti di decomposizione solubili. Di questi una certa percentuale precipitata assume una consistenza mucillaginoso che ne impedisce la filtrazione.

Per la depolpazione si ricorre ai filtri meccanici o depolpatori. In commercio ve ne sono un gran numero, anche di costruzione assai diversa. Tutti hanno, però, in comune un elemento fondamentale: un setaccio metallico, che funge da filtro e che deve essere tenuto sempre pulito dai filamenti che vi possono aderire. A tal fine si usano raschietti o spazzole. L'efficacia della filtrazione dipende dalla grandezza delle maglie del setaccio. Minore è la grandezza delle maglie, migliore è la filtrazione; ma deve essere più frequente la pulizia delle stesse.

Le dimensioni delle maglie non scendono oltre un valore minimo, altrimenti si incorrerebbe nell'effetto opposto a quello desiderato.

Una soluzione costruttiva fa ricorso all'uso di un certo numero di griglie a forma di cilindri concentrici, contenute in un involucro di ghisa. L'alimentazione avviene al centro e la separazione avviene grazie al diametro successivamente decrescente dei fori.

Una soluzione alternativa è costituita da una griglia a forma tronco-conica, sempre all'interno di un cassone di ghisa con fori di minime dimensioni. Per

evitare un intasamento troppo rapido, la griglia è tenuta pulita da spazzole montate su di un dispositivo rotante.

I depolpatori devono essere disposti, successivamente ai diffusori e prima dei riscaldatori. In tal modo viene facilitato il recupero e l'invio delle fettucce dai depolpatori ai diffusori. Per la precisione, le fettucce recuperate sono inviate ai diffusori solo quando questi sono a metà della fase di carico. Agendo in questo modo i frammenti si dispongono tra le fettucce fresche e non ostacolano la circolazione del sugo.

Spesso questa precauzione non basta e allora si preferisce essiccare i residui filtrati dopo aver separato il sugo per sgocciolamento in piccoli essiccatoi: si ottiene così un mangime zuccherino.

I depolpatori più usati sono i filtri a tamburo. Durante la depolpazione, la temperatura del sugo si abbassa fino a valori tra 25 e 35°C e che possono anche spaziare in un campo più ampio tra 0 e 40°C.

Riscaldamento del sugo

Prima di effettuare la defecazione, è necessario elevare la temperatura del sugo; ciò si ottiene inviando il sugo ai riscaldatori. Questi possono essere:

- tubolari orizzontali aperti o chiusi;
- tubolari verticali aperti o chiusi.

La facile pulizia dei tubi durante la lavorazione ha determinato la preferenza per i riscaldatori aperti per un lungo periodo di tempo, anche se essi presentano l'inconveniente di permettere il contatto tra sugo ed aria e di avere una scarsa resa oraria. A questo secondo inconveniente si può ovviare dando al sugo un moto artificiale, tramite pompe, che permette di aumentare l'efficienza dello scambio termico. Attualmente si preferiscono riscaldatori chiusi, che sono costituiti da tubi di riscaldamento ripartiti in fasci, che successivamente sono percorsi dal sugo.

Anche se la quantità di precipitato che si deposita sui tubi è piccola, ogni scambiatore è provvisto di valvole che consentono di escluderlo dalla batteria in lavorazione, per consentirne la pulizia.

I riscaldatori chiusi hanno una maggiore capacità di trasmissione del calore, il che porta al vantaggio di minori superfici di scambio, o alla utilizzazione di vapore di caratteristiche tecniche meno spinte.

Nella scelta dei riscaldatori è di fondamentale importanza non eccedere con la capacità, perché si costringerebbe il sugo ad un tempo di permanenza maggiore, che potrebbe portare all'inversione del saccarosio o ad altre dannose conseguenze.

Comunque è di regola quasi generale usare due riscaldatori per il sugo greggio. Di questi il primo sfrutta il vapore, che va dall'ultimo corpo di evaporazione al condensatore, per riscaldare il sugo fino a 45÷55°C.

Il secondo riscaldatore usa il vapore spillato dal primo corpo del multiplo effetto ed eleva la temperatura fino agli 80÷90°C, che servono per la defecazione.

Le acque di condensa dei riscaldatori devono essere raccolte in una unica cassa, perché solo dalla loro analisi sull'eventuale presenza di zucchero, si può

capire se c'è qualche perdita negli scambiatori; tali perdite sono provocate dalla elevata pressione che regna in questi apparecchi.

In definitiva lo scopo della depurazione è quello di ottenere un sugo leggero, facile da concentrare che poi cristallizzi bene ed in maniera rapida, dando dei cristalli di zucchero bianchi ed uno scolo finale che abbia un adeguato quoziente del melasso.

Per ottenere questo, il processo di lavorazione deve consentire di:

- eliminare quanto più "non zucchero" dal sugo greggio, per precipitazione;
- modificare chimicamente la parte non precipitabile, per evitare dannose conseguenze nelle fasi successive;
- avere un precipitato facilmente filtrabile e melme altrettanto facilmente lavabili;
- non avere zucchero che precipiti o venga distrutto;
- eliminare sostanze coloranti.

Questi risultati si possono conseguire modificando le caratteristiche chimiche e fisiche. Le modificazioni chimiche tendono ad aumentare la purezza e la resa dello zucchero; quelle fisiche hanno lo scopo di far avere un precipitato facile da separare e filtrare.

Tali modificazioni si ottengono usando la calce come elemento depurante e il carbonato di calcio come elemento modificatore delle proprietà fisiche. Onde ottenere le proprietà desiderate, è necessario effettuare continuamente accurati controlli sui quozienti di purezza, sulle alcalinità e sulla concentrazione degli ioni idrogeno.

Accoppiando questi controlli chimici ad osservazioni microscopiche, a diversi ingrandimenti, si è in grado di evitare conseguenze gravi dovute ad eventuali errori di condotta della lavorazione.

Defecazione e saturazioni

Dalla diffusione si ottiene il sugo greggio e le fettucce esaurite, o polpe. Queste ultimi, che contengono il 95% di acqua ed il 5% di sostanza secca (zucchero più non zucchero), subiscono il ciclo delle polpe, che, dopo essere state pressate, diventano un buon alimento per il bestiame. Una parte di queste polpe pressate spesso, per contratto, viene data ai bieticoltori fornitori; il restante viene, poi, essiccato per poterlo immagazzinare in forma di pallet, il che consente un migliore stoccaggio e la conservazione del valore foraggifero.

Il sugo greggio segue, invece, una diversa serie di lavorazioni. Per evitare la peptizzazione delle sostanze colloidali in diffusione, il sugo si trova ad un valore del pH intorno a 5÷6. Il sugo di diffusione contiene ancora, però, un notevole quantitativo di non zuccheri da eliminare.

È necessario alcalinizzare il sugo per evitare l'inversione del saccarosio. In pratica non si riesce ad eliminare tutto il non zucchero presente, però si riesce ad elevare il coefficiente di purezza da circa 84 del sugo greggio a circa 92 del sugo leggero.

Si definisce, allora, *depurazione* il complesso delle operazioni, che consente di passare dal sugo greggio di diffusione, al sugo leggero, tramite l'eliminazione di impurezze di varia natura ad azione tipicamente melassigena, particolarmente sostanze colloidali e tensioattive.

La depurazione si ottiene aggiungendo idrato di calcio al sugo greggio (defecazione) e, in seguito, trattando il sugo con CO_2 (saturazione), che elimina il calcio presente.

La calce viene introdotta in modo graduale, così da formare pochi centri di precipitazione, che diventano sempre più grandi e, quindi, maggiormente filtrabili.

Tale calce forma sali insolubili con una parte di acidi organici ed inorganici presenti (acido fosforico e ossalico), determinando lo spostamento dei relativi cationi, permettendo di alcalinizzare il sugo (alcalinità naturale). In questo ambiente alcalino successivamente la calce fa precipitare i composti insolubili, fortemente rigonfiati, in forma di grumi mucilluginosi.

La quantità teorica di calce necessaria per neutralizzare il sugo greggio è pari allo 0,1% di bietole. Nella pratica si aggiunge un eccesso di CaO per facilitare la filtrazione del sugo, altrimenti si avrebbe un facile intasamento del filtro, nonostante il ricorso ad una precedente decantazione.

Con la saturazione si fa reagire la CO_2 con la CaO, determinando la formazione di carbonato di calcio.

Tale composto è dotato di una forte attività superficiale e agisce sul precipitato, facendogli assumere la forma di flocculi compatti, più facilmente filtrabili, perché sedimentano rapidamente.

Studi teorici hanno dimostrato che con una quantità di calce pari allo 0,3% di bietole ($\text{pH}=10,6\div 10,8$) si raggiunge la massima quantità di precipitato. Praticamente si opera come segue.

Si effettua una *predefecazione* aggiungendo la calce in una quantità pari allo $0,15\div 0,30\%$ di barbabietole, al sugo greggio; in tal modo ci si porta nelle condizioni di pH tali che si ha la massima flocculazione irreversibile dei vari colloidali e quindi il massimo della depurazione.

Si passa quindi alla precarbonatazione, fase nella quale si introduce la CO_2 che fa precipitare i sali.

Dopo una decantazione e un filtraggio, il sugo va alla defecazione (qui si aggiunge altra calce) e quindi alla prima e seconda saturazione. Nella prima precipitazione è limitata fino al valore di $\text{pH}=10,6\div 10,8$, che rappresenta l'optimum per la precipitazione. Nel sugo resta ancora $0,07\div 0,1\%$ di calce. Solo dopo una decantazione ed un filtraggio si spinge la saturazione (seconda saturazione) fino ad eliminare, se possibile, tutta la calce presente, evitando di formare il bicarbonato che è solubile.

Con la predefecazione si aggiunge al sugo greggio, proveniente dalla diffusione, una piccola quantità di calce ($0,10\div 0,15\%$ del sugo).

Il predefecatore è costituito da una grande vasca nella quale si aggiunge la calce al sugo. Tale vasca è divisa, in genere, in un certo numero di scomparti sempre in comunicazione tra loro in modo da permettere il passaggio del sugo e del latte di calce in senso opposto al verso di alimentazione del sugo. La differenza sostanziale tra i diversi tini di predefecatori in commercio è legata ai diversi sistemi di regolazione delle piastre di divisione degli scomparti. Regolando la posizione di queste piastre è possibile avere negli scomparti sugo a diverso pH e, quindi, a diverso contenuto di calce.

Un predefecatore molto usato è del tipo *Brieghel-Muller*. Esso è provvisto di $6\div 8$ scomparti le cui barriere sono regolabili con un sistema meccanico; ha, inoltre, un agitatore che consente di ottenere un liquido molto omogeneo.

L'aggiunta in eccesso di calce si fa nel *defecatore*. Tale macchina è praticamente uguale al predefecatore, distinguendosi solo per la grandezza delle vasche, il cui volume è di circa 40 m^3 ; esse sono, in genere, provviste di agitatore.

Per la carbonatazione e per le due saturazioni si ricorre ai saturatori. Questi apparecchi possono essere discontinui o continui.

I primi sono sostanzialmente parallelepipedici o cilindrici, disposti verticalmente ed hanno altezza rilevante, data la grande quantità di schiume che si formano.

È importante che la CO_2 immessa sia in leggera sovrappressione, per permettere al gas di venire a contatto con la maggiore quantità di sugo possibile. Nella pratica accade che non tutto il gas reagisce e quindi una certa quantità viene avviata ai camini, che sono a percorso tortuoso per evitare che sia portato via anche il sugo.

I saturatori continui differiscono da quelli discontinui per il sistema di estrazione. In entrambi i tipi di saturatori, i sistemi di immissione della CO_2 sono gli stessi.

Le macchine che effettuano l'*epurazione* hanno un impiego che dipende dal tipo di processo adottato.

Lo schema di epurazione classica prevede un riscaldamento del sugo greggio, la predefecazione con aggiunta di 0,3 g di CaO, al massimo, in 100 cm^3 di sugo. In seguito, si attua un ulteriore riscaldamento e poi la defecazione con l'aggiunta di calce fino a raggiungere $1,5\div 2 \text{ g}$ di CaO in 100 cm^3 di sugo. Infine si attuano le due saturazioni intervallate da filtrazioni.

Demineralizzazione

Le torte ottenute dai filtraggi sono prima spappolate con acqua e poi raccolte in bacini; il loro smaltimento rappresenta un grosso problema, in quanto hanno scarse applicazioni (si possono usare come correttivi dei terreni).

Il sugo ottenuto dall'*epurazione* va alle resine scambiatrici di ioni.

La demineralizzazione è intesa, in parte, come ulteriore processo di epurazione; in parte è usata per la sostituzione del sodio al calcio ancora presente nel sugo, formando dei sali solubili ed evitando, quindi, la formazione di incrostazioni negli evaporatori e disturbi nella circolazione. Le resine assorbono, però, anche ioni macromolecolari e grosse molecole non ioniche, oltre che gli ioni organici ed inorganici. Inoltre, specialmente nelle resine anioniche, si ha una notevole riduzione del calore. L'uso di queste resine, a parte il costo delle stesse e dei rigeneranti, presenta difficoltà:

- stabilito che la successione dei passaggi del sugo preveda prima l'uso della resina cationica e poi di quella anionica, si registrano sulla prima resina valori del pH molto bassi (ca. 2), che determinano l'inversione del saccarosio;
- passando sulle resine il sugo lascia una certa quantità di zucchero, che, per essere recuperato, comporta il lavaggio delle resine, con conseguente diluizione del $15\div 25\%$. Questo incrementa i costi di evaporazione e concentrazione;

- le resine possono trattenere sostanze macromolecolari che non sono cedute in rigenerazione e ciò può determinare l'incapacità delle resine a svolgere la loro attività;
- il sugo può raggiungere purezze dell'ordine dei 98÷99% e oltre, che, nonostante le apparenze pregevoli, possono causare inconvenienti in fase di evaporazione e cottura.

La prima difficoltà si può evitare lavorando a temperature di 10-15°C. Per il secondo inconveniente si fa ricorso ad una adatta politica dei ricicli.

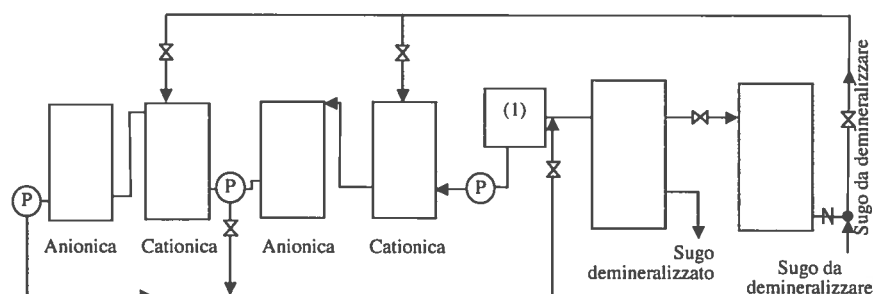
L'uso delle resine macroreticolari evita il terzo inconveniente. La quarta difficoltà si può evitare sottoponendo alla demineralizzazione solo una parte (1/3 o 1/2) del sugo zuccherino.

Lo schema di un impianto a resine è riportato in **fig. 5.22**.

Le resine cationiche sono capaci di cedere alla soluzione ioni H⁺ e di asportare cationi metallici (Ca⁺⁺, K^{g++}, ecc); le resine anioniche, invece, cedono ioni OH⁻ e portano via anioni (Cl⁻, SO⁻, ecc). La rigenerazione delle resine cationiche esaurite si effettua facendole venire a contatto con una soluzione a concentrazione abbastanza elevata di ioni H⁺; in pratica con una soluzione al 4÷6% di acido cloridrico.

L'acido solforico, che è più economico del cloridrico, viene regolarmente usato anche se con gli ioni liberati dalla resina possono dare origine a CaSO₄ poco solubile, che potrebbe precipitare otturando i pori della resina, diminuendo così la capacità di scambio.

La rigenerazione delle resine anioniche si effettua facendole venire a contatto con una soluzione di idrossido di sodio NaOH.



(1) Batteria raffreddatori

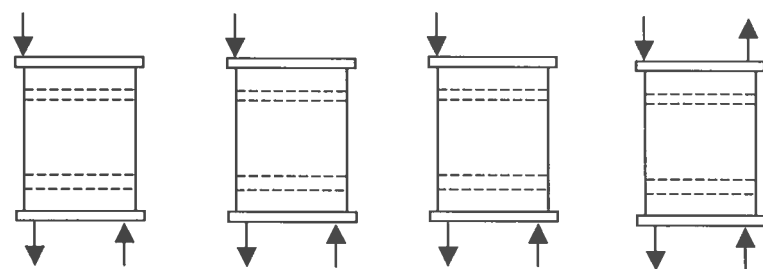


Fig. 5.22 - Impianto a resine.

Concentrazione

Tale operazione fa parte, insieme alla cristallizzazione e alla raffinazione, della terza fase cui il sugo viene sottoposto.

La concentrazione si ottiene tramite l'evaporazione, che permette di arrivare al sugo denso, o *sciroppo*, dal sugo leggero. Con tale operazione si fa evaporare ca. il 73% dell'acqua contenuta nel sugo.

Per 100 kg di barbabietole bisogna far evaporare circa 145 kg di acqua; inoltre 1 kg di vapore saturo riesce ad evaporare solo 1 kg di acqua; quindi per tale operazione occorrerebbe un notevole quantitativo di vapore. Per risparmiare sul costo di tale vapore si ricorre al multiplo effetto.

Con tale metodo 1 kg di vapore evapora tanti kg di acqua quanto è l'ordine dell'effetto.

Generalmente si fa uso del triplo e del quadruplo effetto; si avranno allora, rispettivamente, tre e quattro kg di acqua evaporata per ogni kg di vapore utilizzato. Non conviene andare oltre col numero degli effetti, perché l'aumento del costo d'impianto non sarebbe compensato dall'utilizzo degli effetti in più. Infatti il sugo diventa sempre più vischioso e la differenza tra le temperature di ingresso e di uscita comporta evaporatori con grosse superfici scambianti.

La scelta dell'evaporatore va fatta tra due tipi: *Kestner* e *Robert*. In entrambi i casi si tratta, ovviamente, di scambiatori di calore.

Nell'evaporatore di tipo *Kestner*, a forma cilindrica, vi è un certo numero di tubi tenuti fermi da due piastre disposte quasi all'estremità di essi.

All'interno dei tubi è fatto circolare il sugo; questo è inviato dal basso e, nell'unico passaggio, tramite lo scambio di calore, si concentra ed esce, poi, dall'alto.

A seguito della concentrazione del sugo si produce del vapore, che esce dall'estremità superiore dell'evaporatore.

Il calore che serve alla concentrazione è fornito dal vapore che circola all'esterno dei tubi e che viene insufflato nel volume individuato dalla superficie cilindrica esterna all'evaporatore e dalle due piastre che contengono i tubi.

A seguito del calore ceduto dal vapore, parte di esso si condensa e quindi è prevista un'uscita anche per la condensa.

L'evaporatore *Robert* è anch'esso a forma pressoché cilindrica con fondo a tre centri. L'evaporazione avviene per il calore che il vapore cede al sugo diluito.

In tale macchina è il vapore che circola all'interno dei tubi, i quali, rispetto al tipo precedente, sono molto più corti e avvolti su sostegni. Tali tubi sono annegati nella massa del sugo.

Il sugo diluito è fatto entrare quasi a metà cilindro e il sugo concentrato esce dal basso; il vapore che si produce esce dall'alto.

Gli evaporatori possono essere:

- a tubi orizzontali;
- a tubi verticali.

Bisogna premettere che, dal punto di vista dell'economia del vapore, ciò che è importante non è la costruzione o l'efficienza dei singoli apparecchi, quanto il collegamento tra essi nell'intero impianto di evaporazione. Il tipo di apparecchio viene, invece, ad influenzare la potenza dell'impianto. La tenu-

ta dei tubi nelle piastre tubiere degli evaporatori verticali, dovuta a mandrinatura, è durevole e sicura. Da questo punto di vista, gli evaporatori orizzontali presentano notevoli costi di smontaggio e di nuova guarnitura, perché i tubi sono guarniti con anelli di gomma per poterli facilmente smontare quando occorre pulirli.

La pulizia dei tubi verticali avviene all'interno stesso degli evaporatori, con minore incidenza delle spese.

La potenza degli evaporatori verticali è notevolmente influenzata dall'altezza raggiunta dal sugo nell'evaporatore e dal movimento del sugo stesso. Generalmente l'altezza del liquido negli evaporatori verticali non deve essere inferiore alla piastra tubiera superiore; quindi l'altezza del sugo è pari alla lunghezza dei tubi di riscaldamento, che, normalmente è di 1,25÷1,50 m.

Di solito anche nell'altro tipo di evaporatore il livello del sugo raggiunge questa altezza. Questa circostanza determina un grosso inconveniente per il tipo di evaporatore a tubi orizzontali: quanto più distante è il sugo dalla piastra riscaldante, tanto maggiore è la pressione e quindi la temperatura di ebollizione.

A tale inconveniente non si può porre rimedio. Infatti, per vari altri problemi, non si può aumentare il diametro degli evaporatori oltre i 4 m. Volendo allora rimediare all'altro inconveniente riducendo la lunghezza dei tubi riscaldanti, ci troveremmo a ridurre molto il volume a disposizione, il che comporterebbe conseguenze ben più onerose, dal punto di vista economico, come il dover utilizzare un numero più grande di tali apparecchi.

In entrambi i tipi di evaporatori, per facilitare ed aumentare lo scambio termico, ci sono spazi sufficienti a permettere al sugo di ritornare in basso, con sviluppo di moti convettivi a maggior coefficiente di scambio.

Queste apparecchiature sono dotate di diversi sistemi di controllo della lavorazione. In particolare si mette in condizione l'operatore preposto a tale controllo di rimediare ad eventuali errori o guasti, che potrebbero essere causa di seri pericoli.

Gli evaporatori non sono usati singolarmente, ma in numero tale da costituire un multiplo effetto di ordine voluto. Ad esempio un quadruplo effetto prevedrà l'impiego di quattro evaporatori e così via.

Essi saranno collegati in modo che la temperatura vada via via diminuendo dal primo all'ultimo evaporatore. Il sugo esce dalla parte sottostante di un effetto ed entra a metà altezza del successivo. Il vapore inviato nel primo effetto evapora una quantità di acqua pari al suo peso; successivamente il vapore spilato arriva agli effetti successivi a temperatura inferiore, quindi evapora altra acqua. Da ciò ovviamente si spiega come 1 kg di vapore evapori un numero di kg di acqua quanti sono gli effetti. Il vapore uscente dall'ultimo effetto è poi mandato al condensatore barometrico. È importante che la temperatura nel primo effetto non superi i 125°C per evitare eventuali decomposizioni dei composti contenuti nel sugo.

Alla fine dell'evaporazione, si otterrà un sugo denso caratterizzato da un massimo di 45 Bx (per evitare che inizi la cristallizzazione del saccarosio), e da un coefficiente di purezza all'incirca pari a 75.

Cottura

Dopo l'evaporazione il sugo viene mandato alle *bolle di cottura*. In uno zuccherificio con la parola cottura si intende l'insieme delle operazioni che portano alla cristallizzazione dello zucchero disciolto nel sugo, per ebollizione della soluzione.

La cristallizzazione ha il compito di estrarre, con il rendimento più elevato possibile, lo zucchero disciolto nello sciroppo, sottoforma cristallizzata. Con la cottura, che è un'operazione discontinua, lo sciroppo viene ulteriormente concentrato, fino ad arrivare a circa 93÷95 Bx, trasformandosi in *massacotta*. Questa è una sospensione di cristalli di zucchero in *acqua madre*, detta *scolo*, che contiene in soluzione tutte le impurità dello sciroppo.

La purezza dello scolo è, quindi, inferiore a quella della *massacotta*. La separazione di queste impurezze dai cristalli si può ottenere data la fluidità di cui è dotato lo scolo. Lo scolo è una soluzione acquosa contenente una certa quantità di zucchero, la cui solubilità viene aumentata dalla presenza delle impurezze.

Lo scopo della cristallizzazione è quello di lasciare il minor quantitativo possibile di zucchero nello scolo. Quando questo zucchero presente non si può più estrarre, lo scolo è detto *melasso*.

Il melasso contiene ca. il 15% di acqua e l'85% di sostanza secca, di cui il 50% è saccarosio non cristallizzabile. Per ridurre la produzione di melasso occorre una cristallizzazione ben condotta.

La cottura viene effettuata nelle bolle, riscaldate attraverso un fascio tubiero e funzionanti sottovuoto, in modo che la temperatura sia mantenuta tra i 70 e gli 80°C.

L'operazione è compiuta in due tempi e consiste, dapprima, nella formazione di germi cristallini in un numero determinato, *ingranatura*, e quindi nello ingrossamento di questi.

Per realizzare la prima fase, lo sciroppo viene concentrato e portato a una sovrasaturazione tale, cui corrisponda la formazione spontanea di germi. Questi, poi, si moltiplicano e si sviluppano, in modo che quelli formati prima siano più grossi degli ultimi. Se questa fase dura a lungo, si otterranno cristalli di varie dimensioni, che pregiudicheranno il turbinaggio della *massacotta*. Conviene, perciò, accorciare, per quanto è possibile, questa fase, operando l'ingranatura ad una sovrasaturazione molto elevata. Quando si è ottenuto il numero voluto di cristalli, si abbassa la sovrasaturazione in modo che i grani formati s'ingrossino senza che ne appaiano altri nuovi.

Le bolle di cottura, sotto l'aspetto costruttivo, sono dello stesso tipo degli evaporatori; a parte le modifiche che bisogna apportare per il semplice motivo che si lavora una massa più densa di quella lavorata negli evaporatori e che, alla fine, sarà addirittura pastosa.

Ricordando quanto detto a proposito degli evaporatori, si dovrebbe convenire subito che il tipo di macchina da utilizzare in cottura sia quello a tubi verticali, il quale permette un movimento più intenso e regolare del sugo.

In realtà si sono costruiti altri tipi di bolle di cottura, ma essi non hanno grande diffusione, perché la pastosità della *massacotta* non consentiva alcun movimento del sugo, neanche utilizzando mezzi meccanici.

Le superfici di riscaldamento possono avere forme anche molto diverse, come tubi a lira, serpentini, fasci tubieri, e simili. È importante, comunque, che sia lasciato libero uno spazio sufficiente per il moto ascendente del vapore e della massacotta, e al moto discendente di quest'ultima.

Questi apparecchi sono provvisti di una strumentazione, che permette di tenere sotto controllo la cottura e di accertarsi di eventuali errori e porvi rimedio. Vi sono, pertanto, specole di osservazione per guardare con sufficiente distinzione i grani formati all'interno, i termometri e i vacuometri. Ci sarà anche tutta una serie di valvole, per l'ingresso e l'uscita di vapore, acqua, sugo. È importante anche la presenza di agitatori che permettano il rimescolamento del sugo, anche quando si formano poche bolle sulla piastra riscaldante.

Le dimensioni degli apparecchi di cottura sono molto varie; è buona norma non eccedere con la capacità perché si determinerebbe una durata eccessiva della permanenza del sugo nella bolla. Si dovrebbe, poi, registrare una grossa domanda di vapore, che non verrebbe utilizzata uniformemente nel tempo, ma ad intervalli.

Mescolazione e centrifugazione

La massacotta, che esce dalla bolla, si trova ad una temperatura di ca. 75°C e passa ai mescolatori raffreddatori, ove si riduce la temperatura fino a 50°C (buona per il turbinaggio) e dove si dà il tempo ad altro saccarosio, contenuto nello scolo, di passare in forma di cristalli, tramite un processo di diffusione.

La massacotta viene, poi, avviata alle turbine e qui si ha la separazione dello zucchero cristallizzato dallo scolo. In effetti a questo punto si fa la distinzione tra scolo ricco e scolo povero. Quest'ultimo è quello ottenuto direttamente dalla centrifugazione, mentre quello ricco è costituito dallo zucchero che, rimasto sul panierino della centrifuga, passa in soluzione nell'acqua di lavaggio.

Lo scolo povero è avviato alle bolle di cottura di secondo prodotto; quello ricco torna alla bolla di cottura del primo prodotto. Lo zucchero ottenuto dal turbinaggio va alla bolla di raffinaria, se la qualità ottenuta è soddisfacente; se, invece, le barbabetole di partenza non erano di elevata qualità, si adotta, nel processo di lavorazione, un'ulteriore procedimento, detto della massacotta artificiale. Tale procedimento consiste nello sciogliere lo zucchero ottenuto per formare una nuova massacotta e ricentrifugarlo.

La bolla di cottura di secondo prodotto dà, anch'essa, uno zucchero e uno scolo madre, che passano per i cristallizzatori e le centrifughe; mentre lo zucchero viene rifiuto e mandato alla bolla di prima cottura, gli scoli costituiscono il melasso, il cui contenuto zuccherino è, ormai, irrecuperabile.

Dalla *bolla di raffinaria* si ottiene, sempre a seguito di turbinaggio, uno zucchero raffinato ed i soliti due scoli. Lo scolo ricco torna nelle bolle di raffinaria, quello povero va nelle bolle di primo prodotto.

I mescolatori sono, di solito, costituiti da recipienti cilindrici orizzontali chiusi. Essi sono dotati di un agitatore e di un sistema di riscaldamento.

Si usano anche semplici casse ampie, superiormente aperte e dotate di un dispositivo termico di riscaldamento e di raffreddamento e di un dispositivo di agitazione.

È consigliabile disporre i mescolatori sotto le bolle di cottura, in modo che la massa pastosa cada nei mescolatori per gravità.

La massacotta scaricata contiene il 55% di cristalli, che hanno facce ben formate e spigoli acuti, condizioni favorevoli, queste, per l'ulteriore cristallizzazione. Questa nuova cristallizzazione è facilmente regolata, guardando l'aspetto della massa ed aggiungendo scolo diluito quando essa diviene molto dura.

Lo scopo della cristallizzazione nei mescolatori è quello di ottenere una massa facile da centrifugare prima e da concentrare, poi.

È possibile usare anche *mescolatori-cuocitori*. In sostanza si tratta di recipienti che si possono chiudere a tenuta d'aria, in cui la massacotta viene sottoposta prima a lenta cottura senza l'aggiunta di scolo, poi si ha l'azione di mescolazione cui precedentemente si è accennato.

Le centrifughe per massacotta possono essere:

- sospese;
- appoggiate inferiormente.

La qualità e la quantità di massa da centrifugare determinerà la scelta tra i due tipi. Le centrifughe appoggiate hanno, per lo più, lo scarico inferiore. Il tipo sospeso ha, invece, il vantaggio di uno scarico più rapido e completo.

Il fondo delle centrifughe ha un'ampia apertura, che viene chiusa da una campana mobile lungo l'asse, in fase di carico e centrifugazione. Prima che si arresti la centrifugazione, la campana si scosta e scopre l'apertura. L'arresto istantaneo provoca lo stacco della massa dalla lamiera forata e la caduta nella coclea sottostante al panierino.

Per la trasmissione del moto si preferisce l'accoppiamento diretto tra l'asse del motorino d'avviamento e l'asse della centrifuga stessa. Da alcuni anni sono impiegate centrifughe che lavorano in continuo, cioè le fasi di carico e scarico avvengono senza che la lamiera forata sia fermata nella sua rotazione.

La separazione tra scoli e zucchero avviene per centrifugazione tramite una lamiera forata. Onde evitare che la lamiera, contenuta nel tamburo, venga a contatto con questa e possa così otturare i suoi piccoli fori, si dispone, tra lamiera e tamburo, una rete a maglie grosse che possano dare subito sfogo allo scolo centrifugato.

I fori della lamiera devono essere piccoli tanto da permettere la centrifugazione, ma non il facile otturamento dei fori. Le dimensioni di questi vengono stabilite a priori, sulla base delle valutazioni delle dimensioni dei grani, già precedentemente acquisite.

Essiccazione

Lo zucchero raffinato, proveniente dalle centrifughe, contiene lo 0,5÷2,0 % di umidità.

Per avere un buon stoccaggio è necessario che l'umidità residua non superi lo 0,035%. Si deve, pertanto, eseguire un'operazione di essiccazione.

Generalmente l'impianto di essiccazione è molto simile, per concezione e costruzione, all'impianto di essiccazione delle polpe.

Si utilizza aria calda, insufflata parallelamente al verso di spostamento dello zucchero. Nelle zone di essiccazione l'aria calda permette di allontanare imme-

diatamente le piccole particelle, che potrebbero nuocere alla lucentezza del cristallo di zucchero. Per conservare le sue proprietà, la temperatura dello zucchero, all'uscita, dovrà variare tra i 25°C e i 40°C.

Per ottenere buoni risultati, l'umidità dell'aria di essiccazione e di raffreddamento non può oltrepassare un certo valore del grado igrometrico, in relazione all'umidità residua che si desidera ottenere nello zucchero.

Generalmente l'impianto di essiccazione prevede l'utilizzo di un grosso tamburo orizzontale rotante, diviso in due zone: quella di essiccazione e quella di raffreddamento.

Lo zucchero viene aspirato tramite un sistema di trasporto pneumatico insieme ad aria calda e passa nella zona di essiccazione. Successivamente, mentre lo zucchero viene recuperato da un sistema automatico di uscita, l'aria calda, prima di essere avviata al camino, passa per una batteria di cicloni.

Vi sono diversi tipi di questi impianti, che si differenziano per un diverso posizionamento delle parti più importanti, come il tamburo, i cicloni, il sistema pneumatico e il forno che produce l'aria calda.

Filtrazione in un impianto saccarifero

In uno zuccherificio si ricorre sovente a filtrazione del sugo per liberarlo da tutte quelle sostanze o composti che in esso vengono a formarsi, inquinandolo. A tale scopo si usano filtri diversi, utilizzandoli in funzione del tipo di sugo da filtrare e del risultato che si vuole raggiungere. I filtri si possono così classificare:

- filtri aperti;
- filtri a pressione, o filtropressa;
- filtri a vuoto.

I filtri aperti sono, fondamentalmente, costituiti da recipienti all'interno dei quali viene introdotta la soluzione da filtrare. La filtrazione avviene ad opera di una serie di setti filtranti, che possono essere di tela o anche costituiti da materiali in pezzi di dimensioni diverse, tali da permettere la filtrazione di particelle di opportune dimensioni.

Di solito i setti filtranti non sono montati in maniera fissa, per avere la possibilità di poterli estrarre per la rigenerazione quando sono intasati.

I filtri a pressione hanno un involucro a sezione circolare, disposto ad asse orizzontale; in esso vengono a definirsi tanti settori quante sono le operazioni da compiere. Normalmente i filtri pressa lavorano secondo un ciclo che prevede almeno le tre operazioni di filtrazione, lavaggio del pannello, scarico. A queste, secondo la complessità del filtro, si possono aggiungere anche altre operazioni successive alle tre già citate.

Particolare importante è che queste operazioni, al solito, sono svolte in successione, ma senza continuità. I telai, che sostengono le tele filtranti, possono essere di legno, acciaio, ghisa, bronzo, alluminio, a seconda del materiale da filtrare. Essi sono disposti radialmente e ruotano, passando successivamente per ciascuno scomparto.

Il filtro è chiuso e tenuto a pressione costante. Se si ipotizza che siano solo tre le operazioni da svolgere, il filtro avrà tre scomparti. Il comportamento di una singola tela filtrante prevede: in fase di filtrazione che la tela ruota nel sugo; il

sugo filtrato passa all'interno della tela e da qui viene aspirato mediante un tubo flessibile e mandato a una camera di raccolta.

A seguito di questa operazione, sulla tela si crea un pannello. La tela, proseguendo nella sua rotazione passa nel settore in cui avviene il lavaggio, che può essere a polverizzazione, a ruscigliamento, o per immersione in una soluzione.

Infine si ha il passaggio nel settore di scarico, dove viene fatto precipitare il pannello, recuperato attraverso una coclea. L'abbattimento del pannello è provocato da un soffiaggio di aria compressa dall'interno del telaio, in controcorrente. Il passaggio di un telaio, da un settore all'altro, avviene in tre tempi. Prima si alzano i tre telai, quindi si ha la rotazione di tutti i telai rispetto al verso di rotazione. Infine la discesa dei tre telai nel settore successivo.

I filtri a vuoto possono essere di due tipi. Il primo è praticamente identico al filtro aperto; varia rispetto a questo solo perché è chiuso e si pratica il vuoto. La seconda categoria è costituita dai filtri rotativi. La tela filtrante è avvolta su un cilindro rotante diviso in due settori, nei quali si fa il vuoto. La parte inferiore del cilindro si trova sempre nel sugo da filtrare. Per evitare che i materiali da separare si depositino nel sugo, il filtro è provvisto, quasi sempre, di un agitatore.

Per effetto della depressione che regna nel cilindro, il sugo viene filtrato e passa all'interno dello stesso. Contemporaneamente i precipitati che non sono stati filtrati aderiscono alla tela, sottoforma di torte.

Nel passaggio del tamburo nella zona di lavaggio, spruzzi di vapore d'acqua bagnano il pannello. Le torte si staccano nella terza zona, di essiccazione, a seguito di correnti di vapore insufflate dalla parte opposta della tela rispetto a quella dove si è formato il pannello. Un raschietto provvede a ripulire la tela da eventuali fanghi ancora aderenti. Il sugo filtrato è aspirato al centro del filtro, insieme con vapore ed aria. La separazione del sugo da aria e vapore avviene al centro dei cilindri predisposti per tale operazione.

Ciclo delle polpe

Per utilizzare le polpe di barbabietola come foraggio, è necessario il loro insilaggio. Siccome, però, il loro trasporto immediato è praticamente impossibile, esse vengono stoccate provvisoriamente nello zuccherificio o, altrimenti, si producono perdite notevolissime dovute a fermentazione. Queste perdite sono tanto più elevate, quanto maggiore è la temperatura; si tenga anche presente che si opera nella stagione calda. Per evitare queste perdite, le polpe, in parte, sono sottoposte a trattamento di essiccazione.

Le polpe provenienti dalla diffusione, sia che debbano essere essiccate o non, subiscono un pressaggio. Per questa operazione vengono impiegate le presse per le polpe. Esse possono essere di due tipi:

- presse verticali;
- presse orizzontali.

Tale classificazione viene, di norma, fatta in funzione del verso di spostamento delle polpe. Ovviamente il principio di funzionamento è sempre lo stesso: si costringono le fettucce esauste a muoversi entro spazi che vanno via via riducendosi. La diversità dei vari tipi di presse, sta proprio nel meccanismo usato per tale operazione. Comunque, in genere, si fa uso di eliche controrotanti che tra-

sportano le polpe, alimentate superiormente, in volumi decrescenti, svolgendo, così, l'azione di pressatura. L'acqua eliminata è filtrata tramite griglie, o cesti, o reti forate, disposte inferiormente e poi inviata alla diffusione.

Siccome le fettucce, in diffusione, sono trattate con appositi reagenti, onde evitare che si possano avere attacchi alle parti della pressa a più diretto contatto con le fettucce, queste stesse parti sono di acciaio inossidabile. Le parti restanti possono essere, invece, di acciaio trattato con resine epossidiche.

La scelta, dei tipi di presse, viene fatta in funzione del grado di spremitura che si vuole ottenere. Per un'azione di spremitura molto incisiva si usano presse che esercitano elevate pressioni. Esse sono dotate di cono di pressione e di mantello forato. In questo caso le lamiere devono essere robuste e a fori piccoli.

L'acqua di spremitura esce dalla parte sottostante e, in ogni caso, non deve venire più a contatto con le polpe. Per evitare qualsiasi perdita di polpe, costituite da piccoli frammenti che possono essere portati via dall'acqua attraverso la lamiera forata, si rimanda l'acqua di pressatura di nuovo in diffusione. L'intensità della spremitura va, di volta in volta, fissata in funzione del successivo impiego delle polpe. Infatti, se esse devono essere insilate o usate come mangime, non occorre eseguire una forte spremitura. Se poi le polpe devono essere essiccate, si deve fare un bilancio tra la spesa di combustibile da usare per l'essiccazione e la perdita di sostanze zuccherine, che aumentano con l'aumentare dell'azione di spremitura.

Le perdite dipendono, in questo caso, unicamente dalla quantità di barbabietola da lavorare in diffusione.

Le polpe ottenute in diffusione a seconda dell'uso che se ne deve fare vengono insilate fresche o vengono essiccate.

La scelta del quantitativo da destinare all'una o all'altra possibilità, viene effettuata, in ogni zuccherificio a seconda delle situazioni che, di volta in volta, vengono a presentarsi.

Innanzitutto bisogna valutare la convenienza di installare un impianto per l'essiccazione. Essa dipende, soprattutto, dalla quantità di polpe fresche richieste per contratto dai bieticoltori e dalla quantità che deve essere smaltita dalla fabbrica in altro modo.

Se l'azienda che possiede la fabbrica è il maggiore coltivatore-fornitore dell'impianto, o se rimangono grossi quantitativi di polpe, si deciderà per la installazione di un tale impianto. Esso, d'altronde, consente di conservare le polpe nel modo migliore e di poter ricercare compratori lontani.

In ogni caso la scelta si può fare tra due diversi tipi di essiccatoi:

- essiccatoio a fuoco;
- essiccatoio a vapore.

Entrambi hanno in comune la caratteristica di lavorare in corrente parallela.

La differenza fondamentale tra i due essiccatoi è che nel primo si registra l'azione diretta dei gas caldi della combustione sulle polpe spremute. Nei secondi l'essiccazione avviene su superfici riscaldate dal vapore.

Per gli essiccatoi del primo tipo vi sono due alternative: si possono usare essiccatoi a palette oppure a tamburo. Quelli a palette sono dotati di palette di lamiera, che rivoltano le polpe da essiccare all'interno di un forno a suola concava.

L'essiccatoio a tamburo è costituito da un tamburo rotante, in cui si trovano una serie di canali di lamiera incrociati tra loro ed è munito di un forno, di un aspiratore e di un dispositivo per arrestare la polvere.

Le polpe vengono introdotte da un sistema di alimentazione a portata variabile e percorrono il tamburo nella stessa direzione dei gas. I gas prodotti da un forno, posto a monte del sistema di alimentazione, nel verso di percorrenza, sono aspirati da un ventilatore e avviati ad una serie di cicloni prima ancora del camino.

Le polpe essiccate, invece, dopo essere arrivate nella camera di scarico, vengono estratte. Gli essiccatoi a vapore consistono in una o più conche a doppio fondo sovrapposte, racchiuse in involucro di ferro. In ogni conca gira un fascio di tubi munito di palette che sollevano le polpe e poi le lasciano cadere di nuovo sui tubi di riscaldamento. Il vapore prodotto dalle polpe viene estratto per mezzo di un aspiratore, che, contemporaneamente, insuffla aria già riscaldata nell'essiccatoio. Anche in questo caso l'aria, prima di essere inviata al camino, passa per dei cicloni. Il vapore deve essere prima prodotto da appositi generatori; una parte del suo calore serve per preriscaldare l'aria aspirata nell'essiccatoio. La quantità di combustibile richiesta da questo sistema è, quindi, elevata, per cui gli essiccatoi di questo tipo non sono molto diffusi.

Un altro tipo particolare di essiccatoio è quello verticale, o Huillard.

Si tratta di un essiccatoio a piani sovrapposti, a gasogeno, in cui viene sfruttato il principio di scambio termico tra i gas prodotti dalla combustione nella caldaia e le polpe pressate, in controcorrente.

Il moto di alimentazione è fornito da eliche, mentre per l'aria calda si fa uso di ventilatori aspiratori. Anche questo essiccatoio prevede l'uso di cicloni per l'aria, prima che essa sia avviata al camino.

Impianto Quentin

Nelle condizioni normali di produzione, la quantità di zucchero trattenuto dal melasso rappresenta circa il 10÷15% dello zucchero entrato in fabbrica. Con il procedimento Quentin si può ottenere un aumento della produzione di zucchero bianco, riducendo contemporaneamente la quantità di zucchero nel melasso di 0,3÷0,5% delle barbabietole.

Per l'impianto Quentin viene utilizzato lo scolo povero (o verde) diluito fino a 70 Bx; per questa diluizione si utilizza l'acqua di dezuccheraggio, proveniente dall'installazione di scambio ionico. Lo scolo è riscaldato fino a 80÷90°C ed in seguito inviato nella resina acida. Quando una colonna è esaurita deve essere rigenerata. Questa operazione è così compiuta:

- 1) si toglie, dapprima, lo scolo che si trova nel fondo della colonna; operazione, questa, che è fatta in tre fasi successive (per evitare inutili diluizioni): con acqua di dezuccheraggio fortemente concentrata, con la stessa acqua diluita e infine con acqua calda;
- 2) dopo il dezuccheraggio completo, lo scambiatore è lavato con acqua e in seguito rigenerato con una soluzione di cloruro di magnesio $MgCl_2$;
- 3) dopo la rigenerazione la resina deve essere lavata con acqua calda;
- 4) infine la colonna è pronta per il ciclo seguente.

Per tutte le rigenerazioni si usa dell'acqua calda, normalmente acqua di condensa. L'applicazione di questo procedimento dal punto di vista economico, dipende dal prezzo del cloruro di magnesio; per tale motivo si preferisce utilizzare il cloruro di magnesio sottoforma di soluzione al 32%.

Un altro vantaggio del procedimento Quentin è la facilità e la rapidità della cottura a partire da scolo così ottenuto. Questo vantaggio è dovuto al grado Brix relativamente basso e, soprattutto, regolare.

Risulta più facile anche la centrifugazione delle masse cotte.

Il procedimento Quentin esige uno scambiatore di ioni. I pericoli maggiori per la resina sono dovuti alle fluttuazioni di temperature (shock termico) e al cambiamento del grado Brix, con variazione sensibile della pressione osmotica. È importante che nella resina lo scambio degli ioni potassio con ioni magnesio non cambi il pH dello scolo trattato.

Il sistema a recupero delle acque riduce al minimo il consumo dell'acqua necessaria per le diverse fasi di rigenerazione.

Sottoprodotti dell'estrazione dello zucchero⁵

Melasso

In uno zuccherificio, oltre allo zucchero raffinato o greggio, si ottengono alcuni sottoprodotti, che possono avere una notevole incidenza sull'economia della fabbrica.

Questi sottoprodotti sono:

- polpe;
- melme;
- melasso.

Le polpe (fettucce esauste, che escono dalla diffusione) dopo essere state pressate, possono essere tenute in questo stato e cedute ai bieticoltori, o vendute come mangime; oppure si possono essiccare, favorendone, in tal modo, la conservazione.

Le melme si possono usare come concime o come correttore del terreno per il loro contenuto di carbonato di calcio. La loro utilizzazione è di scarsa considerazione ed il loro smaltimento rappresenta un grosso problema.

Dei tre sottoprodotti, il melasso è quello di maggiore importanza, dato il suo pregio.

Il melasso contiene il 48%÷50% di saccarosio disciolto e non cristallizzabile. Si definisce melasso, infatti, l'ultimo scolo della fabbricazione, da cui non si può più ottenere zucchero per concentrazione e cristallizzazione. L'impossibilità di riuscire a cristallizzare altro zucchero dal melasso è dovuta al "non zucchero", che tiene in soluzione lo zucchero, e viceversa. In particolare questa situazione è dovuta a sali organici alcalini e zucchero, che formano complessi non cristallizzabili. In realtà questi composti, più o meno stabili, possono essere decomposti per azione di acidi forti, come l'acido acetico.

L'ostacolo alla cristallizzazione talvolta può risiedere in un'eccessiva viscosità dello sciroppo concentrato, dovuta a sovrasaturazioni eccessive o a tempe-

⁵ In riferimento all'utilizzazione della barbabietola come materia prima.

ratura molto bassa, per cui, per evitare un'eccessiva viscosità, si preferisce operare a temperature alte concentrando ulteriormente.

Queste precauzioni consentono un'ulteriore cristallizzazione di zucchero, se però, lo sciroppo non è già un vero e proprio melasso.

Si può ritenere che la più bassa purezza accertata fino ad oggi nei melassi esenti da zucchero invertito sia di 54÷55.

Nella pratica difficilmente si riesce a raggiungere una purezza inferiore a 58÷60, anche quando la lavorazione sia condotta con la massima diligenza. Anche i quozienti dei melassi ottenuti da sughi densi di elevata purezza sono alti.

Da sughi densi di purezza inferiore a 91÷92 si ottengono melassi che hanno una purezza inferiore a 60. Questo risultato si consegue quando i sughi densi sono sottoposti ad un'energica defecazione.

I melassi che si ottengono all'inizio della lavorazione, o da sughi estratti in tale punto, hanno un quoziente di purezza inferiore a quelli finali. Nella lavorazione vengono continuamente effettuati controlli chimici su campioni di melasso; si possono, così, trarre importanti conclusioni sui risultati del precedente lavoro di depurazione dei sughi, giacché nel melasso si trovano concentrate tutte le sostanze non zuccherine. Quindi il melasso viene ritenuto come "pietra di paragone" per l'intera lavorazione.

Metodi di estrazione dello zucchero dal melasso

Esistono diversi metodi per l'estrazione del saccarosio dal melasso, ma sono tutti difficili e costosi, per cui non sempre conviene fare una dezuccherazione del melasso.

Un primo metodo è la *dialisi*, che allontana per osmosi molti sali alcalini ed aumenta la libertà e la concentrazione del saccarosio, una parte del quale viene recuperata per cottura.

Si ottengono non più di 16÷17 kg di zucchero ogni 100 kg di melasso.

Vi è, poi, la categoria dei processi chimici che, utilizzando barite, calce, stronzianna, fanno precipitare un saccarato terroso dal quale si ottiene saccarosio, dopo un successivo trattamento con CO₂.

Di questi metodi i più usati sono quelli alla barite e alla calce. Il primo prevede che il melasso venga a contatto con una soluzione calda di idrossido di bario. Generalmente si parte dal carbonato di bario che, in un forno elettrico, dà l'ossido di bario. Questo, spezzato, viene messo in acqua, formando l'idrossido. Si porta, poi, a contatto melasso e idrossido di bario e si forma un saccarato, contenente zucchero per il 25%, che precipita. Tale saccarato viene recuperato con filtrazione operata tramite il doppio fondo forato della stessa camera di reazione.

Il saccarato di bario recuperato viene lavato con acqua di barite e portato in soluzione con l'acqua. In questa soluzione si fa arrivare una corrente di anidride carbonica. Il saccarato si decompone e il carbonato di bario precipita.

Dopo la filtrazione si ottiene una soluzione zuccherina, che dà zucchero dopo essere stata concentrata e cotta. Il carbonato di bario viene recuperato, essiccato, polverizzato e poi riutilizzato in forno.

Nel processo alla calce, o Steffen, si aggiunge ossido di calcio al melasso. Si

opera una forte agitazione in modo da far precipitare il saccarato tricalcico, che viene filtrato e lavato.

Il saccarato viene poi aggiunto al sugo greggio di diffusione nella cassa di defecazione. Quando, poi, esso è sottoposto a saturazione con CO₂ si decompone, permettendo un recupero complessivo dello zucchero.

Melasso come foraggio

Il valore del melasso come foraggio dipende dallo zucchero che contiene e dagli amminoacidi (che devono surrogare gli albuminoidi); inoltre dipende anche dalle proprietà del non zucchero di essere salubre e appetitoso.

Il melasso è un nutrimento facilmente digeribile, perché contiene sali minerali; esso, inoltre, stimola l'appetito degli animali, aiutandoli a digerire foraggi che da soli sarebbero mangiati malvolentieri.

Il melasso freddo è molto viscoso, per tale motivo si fanno delle miscele con farina di torba o con foraggi che lo possono assorbire. Ciò è necessario perché alla piccola agricoltura mancano impianti per il riscaldamento e la diluizione del melasso.

Spesso le miscele vengono preparate negli zuccherifici con delle macchine in cui le sostanze da impastare sono mescolate con melasso caldo che abbia una densità di almeno 78 Bx.

La temperatura del melasso non deve in generale oltrepassare gli 80°C, affinché il raffreddamento del mangime non proceda lentamente e non si abbia un eccessivo riscaldamento della massa stoccata in magazzino.

Mescolando il melasso con germogli di malto o con sostanze simili, la temperatura è mantenuta entro gli 80°C, per evitare l'imbrunimento e la peptizzazione del prodotto.

Preparata la miscela, il foraggio, prima di essere insaccato, deve essere raffreddato in strati di piccolo spessore. Il foraggio melassato si altera molto facilmente con l'umidità e diventa allora dannoso per il bestiame. La composizione del melasso finale è riportata in **tab. 3.II**.

Al melasso sono aperti anche altri sbocchi, soprattutto nel campo delle fermentazioni ad alcol etilico, acido citrico e lievito per panificazione.

Tf	zucchero %	acqua %	non zucchero %
35°C	49,7	17,1	33,2
45°C	50,7	15,5	33,8

Tab. 5.II - La composizione del melasso finale

5.3.4. Lo sciroppo di zucchero

Solubilità

Il saccarosio è solubilissimo in acqua e può raggiungere a 80°C concentrazioni del 78% in peso. Quando la temperatura scende si separano dei perfetti cristalli di puro saccarosio.

A temperature comprese fra 15 e i 30° C si ottiene una soluzione satura composta da 66,3 gr. di saccarosio e gr. 33,7 di acqua.

Al variare della concentrazione dello zucchero in acqua mantenendo lo stesso peso finale della soluzione, si verifica una variazione del volume.

Il rapporto fra il peso ed il volume dello sciroppo fornisce il peso specifico:

$$P_s = \frac{P}{V}$$

Il concetto di densità e di peso specifico vengono sovente confusi, benché essi abbiano un significato diverso, perché i loro valori numerici spesso sono uguali.

A rigore la densità è il rapporto:

$$d = \frac{m}{m(a)}$$

tra la massa m di un certo volume di un corpo e la massa m (a) di ugual volume di acqua distillata a 4° C.

Spesso la densità dello sciroppo è espressa in gradi Baumé (si indica con Bè) anche se questa rappresentazione non ci sembra né pratica né rappresentativa.

Nella **tab. 5.III** sono riportati i gradi Brix, i gradi Baumé, le densità degli sciroppi a 20° C riferite all'acqua a 4° C, i volumi occupati da Kg 100 di sciroppo alle varie concentrazioni, le quantità in peso di zucchero presente in 100 litri di sciroppo alle diverse concentrazioni ed infine la quantità di acqua presente in 100 litri di sciroppo alle diverse concentrazioni.

$$\text{brix} = \frac{pz}{p_s} \times 100 = \frac{pz}{V_s ds} \times 100$$

$$\text{baumè} = 144,32 - \frac{144,32}{ds} = 144,32 - \frac{144,32}{P_s} \times 100$$

Il volume (l) occupato da un quantitativo in peso (Kg) di sciroppo a diverse concentrazioni è:

$$V_s = \frac{P_s}{ds}$$

Il peso (Kg) di un dato volume (l) di sciroppo a diverse concentrazioni è:

$$P_s = V_s ds \qquad P_s = \frac{pz}{\text{brix}} \times 100$$

La quantità (Kg) di zucchero necessario a fabbricare un determinato volume di sciroppo a diverse concentrazioni è:

$$pz = \frac{\text{brix} \times ds \times Vs}{100}$$

La quantità di acqua necessaria per fabbricare un determinato volume di sciroppo a diverse concentrazioni è:

Brix	Bé	d 20°/4°	V 100 kg sc.	pz 100 l sc.	pH ₂ O 100 l sc.
0	0,00	0,9982	100,000	0,000	
1	0,31	1,0021	99,782	1,002	99,210
2	0,87	1,0060	99,403	2,012	98,589
3	1,43	1,0099	99,016	3,029	97,964
4	1,99	1,0138	98,638	4,055	97,333
5	2,55	1,0178	98,251	5,089	96,696
6	3,11	1,0218	97,866	6,130	96,055
7	3,66	1,0258	97,484	7,180	95,408
8	4,22	1,0299	97,096	8,239	94,755
9	4,78	1,0340	96,711	9,306	94,096
10	5,33	1,0381	96,329	10,381	93,433
11	5,89	1,0422	95,950	11,464	92,764
12	6,44	1,0464	95,565	12,556	92,090
13	6,98	1,0506	95,183	13,657	91,409
14	7,55	1,0549	94,795	14,768	90,722
15	8,10	1,0591	94,419	15,886	90,030
16	8,65	1,0634	94,037	17,014	89,332
17	9,20	1,0677	93,659	18,150	88,628
18	9,75	1,0721	93,274	19,297	87,917
19	10,30	1,0765	92,893	20,453	87,200
20	10,85	1,0809	92,515	21,618	86,477
21	11,41	1,0854	92,131	22,793	85,748
22	11,96	1,0899	91,751	23,977	85,013
23	12,50	1,0944	91,374	25,171	84,271
24	13,05	1,0989	91,000	26,373	83,524
25	13,60	1,1035	90,620	27,587	82,768
26	14,15	1,1081	90,244	28,810	82,007
27	14,70	1,1128	89,863	30,045	81,237
28	15,24	1,1175	89,485	31,290	80,461
29	15,79	1,1222	89,110	32,544	79,679
30	16,33	1,1269	88,739	33,807	78,891
31	16,88	1,1317	88,361	35,083	78,094
32	17,42	1,1365	87,989	36,368	77,291
33	17,97	1,1414	87,611	37,666	76,479
34	18,51	1,1463	87,237	38,974	75,660
35	19,05	1,1512	86,865	40,292	74,835
36	19,59	1,1562	86,490	41,623	74,000

(segue tabella)

Brix	Bé	d 20°/4°	V 100 kg sc.	pz 100 l sc.	pH ₂ O 100 l sc.
37	20,13	1,1612	86,117	42,964	73,159
38	20,67	1,1662	85,748	44,315	72,311
39	21,21	1,1713	85,375	45,680	71,454
40	21,75	1,1764	85,005	47,056	70,588
41	22,29	1,1815	84,638	48,441	69,718
42	22,83	1,1867	84,267	49,841	68,836
43	23,36	1,1919	83,899	51,252	67,947
44	23,89	1,1972	83,528	52,767	66,957
45	24,42	1,2025	83,160	54,112	66,142
46	24,95	1,2078	82,795	55,558	65,229
47	25,48	1,2132	82,426	57,020	64,303
48	26,01	1,2186	82,061	58,493	63,371
49	26,54	1,2240	81,699	59,976	62,432
50	27,07	1,2295	81,333	61,475	61,481
51	27,60	1,2350	80,971	62,985	60,523
52	28,13	1,2406	80,606	64,511	59,553
53	28,65	1,2462	80,243	66,049	58,574
54	29,17	1,2518	79,884	67,598	57,588
55	29,60	1,2573	79,535	69,151	56,582
56	30,21	1,2632	79,164	70,739	55,585
57	30,73	1,2689	78,808	72,327	54,571
58	31,25	1,2747	78,449	73,933	53,544
59	31,77	1,2805	78,094	75,549	52,510
60	32,29	1,2864	77,736	77,184	51,461
61	32,81	1,2923	77,381	78,830	50,405
62	33,33	1,2982	77,029	80,489	49,340
63	33,84	1,3042	76,675	82,164	48,262
64	34,35	1,3102	76,324	83,853	47,175
65	34,86	1,3163	75,970	85,560	46,073
66	35,37	1,3224	75,620	87,278	44,964
67	35,81	1,3285	75,272	89,010	43,845
68	36,36	1,3347	74,923	90,759	42,713
69	36,87	1,3409	74,576	92,523	41,569
70	37,37	1,3471	74,233	94,297	40,420
71	37,87	1,3534	73,887	96,092	39,253
72	38,37	1,3597	73,545	97,899	38,078
73	38,86	1,3661	73,201	99,725	36,888
74	39,35	1,3725	72,859	101,566	35,687
75	39,85	1,3789	72,521	103,418	34,479

Tab. 5.III - Gradi Brix, i gradi Baumé, le densità degli sciroppi a 20° C riferite all'acqua a 4° C, i volumi occupati da Kg 100 di sciroppo alle varie concentrazioni, le quantità in peso di zucchero presenti in 100 litri di sciroppo alle diverse concentrazioni ed infine la quantità di acqua presente in 100 litri di sciroppo alle diverse concentrazioni

I simboli riportati hanno questo significato:
pz = peso in Kg di zucchero; Ps = peso in Kg di sciroppo; ds = peso specifico dello sciroppo; Vs = volume in l di sciroppo; pH₂O = peso o volume di acqua.

Nella **tab. 5.IV** sono riportati i Baumé, le densità (20°/20° C), i Brix, il volume finale di Kg 100 di sciroppo alle varie concentrazioni, le quantità in chilogrammi rispettivamente di zucchero e acqua necessari alla preparazione di 100 litri di sciroppo alle varie concentrazioni.

Formule di diluizione

Se si desidera ridurre la concentrazione di uno sciroppo ad un prestabilito valore, la quantità in peso dell'acqua da aggiungere si calcola con questa formula:

$$pH_2O = \frac{Ps (Brix - brix)}{brix}$$

$$VH_2O = (Vs-ds) \frac{(Brix - brix)}{brix}$$

dove:

- Brix = che si desiderano ottenere,
- brix = concentrazioni dello sciroppo di partenza,
- Ps = peso dello sciroppo da diluire,
- pH₂O = peso o volume dell'acqua da aggiungere.

Se si dispone di uno sciroppo a bassa concentrazione e si desidera innalzare il grado Brix con l'aggiunta di zucchero si usano queste formule:

$$\frac{(Brix - brix)}{100 - brix} \times Ps = pz$$

$$\frac{100 - Brix}{100 - brix} \times Ps = p$$

dove:

- Brix = concentrazione da ottenere,
- brix = concentrazione dello sciroppo diluito,
- Ps = peso finale dello sciroppo,
- ps = peso dello sciroppo diluito,
- pz = peso dello zucchero.

Peso specifico dello zucchero

Il peso specifico dello zucchero è stato calcolato attorno ad un valore 1,580:

$$\frac{P}{V} = 1,580$$

per cui Kg 1 di zucchero occupa un volume di ml 632,9113.

Bé	d (20°/20°)	Brix	V 100 kg sc.	Pz 1001 sc.	pH20 1001 sc.
1	1,00694	1,76	99,310	1,772	98,922
2	1,01398	3,55	98,621	3,599	97,799
3	1,02112	5,34	97,931	5,452	96,660
4	1,02836	7,13	97,242	7,332	95,504
5	1,03571	8,92	96,552	9,238	94,333
6	1,04316	10,72	95,862	11,182	93,134
7	1,05072	12,52	95,172	13,155	91,917
8	1,05839	14,33	94,483	15,166	90,673
9	1,06617	16,14	93,793	17,207	89,410
10	1,07407	17,95	93,103	19,279	88,128
11	1,08208	19,77	92,414	21,392	86,816
12	1,09022	21,60	91,724	23,548	85,474
13	1,09848	23,43	91,034	25,737	84,111
14	1,10687	25,26	90,344	27,959	82,728
15	1,11538	27,09	89,655	30,215	81,323
16	1,12403	28,93	88,965	32,518	79,885
17	1,13281	30,77	88,276	34,856	78,425
18	1,14173	32,61	87,586	37,231	76,942
19	1,15079	34,46	86,896	39,656	75,423
20	1,16000	36,31	86,206	42,119	73,881
21	1,16935	38,17	85,517	44,634	72,301
22	1,17886	40,03	84,827	47,189	70,697
23	1,18852	41,89	84,138	49,787	69,065
24	1,19834	43,75	83,448	52,427	67,407
25	1,20833	45,62	82,758	55,124	65,709
26	1,21848	47,50	82,069	57,877	63,971
27	1,22881	49,39	81,379	60,690	62,191
28	1,23931	51,29	80,690	63,564	60,367
29	1,25000	53,20	80,000	66,500	58,500
30	1,26086	55,12	79,310	69,498	56,588
31	1,27192	57,05	78,621	72,563	54,629
32	1,28318	58,99	77,931	75,694	52,624
33	1,29464	60,94	77,241	78,895	50,569
34	1,30630	62,90	76,552	82,166	48,464
35	1,31818	64,87	75,862	85,510	46,308
36	1,33027	66,85	75,172	88,928	44,099
37	1,34259	68,84	74,482	92,423	41,836
38	1,35514	70,84	73,793	95,998	39,516
39	1,36792	72,85	73,103	99,652	37,140
40	1,38095	74,87	72,413	103,391	34,704
41	1,39423	76,90	71,724	107,216	32,207
42	1,40776	78,94	71,034	111,128	29,648

Tab. 5.IV - Gradi Baumé, le densità (20°/20° C), i Brix, il volume finale di Kg 100 di sciroppo alle varie concentrazioni, le quantità in chilogrammi rispettivamente di zucchero ed acqua necessari alla preparazione di 100 litri di sciroppo alle varie concentrazioni

Questo dato si può ritenere valido nelle soluzioni diluite di saccarosio in acqua; con l'incremento della concentrazione si realizza anche un fenomeno di contrazione del volume con la diminuzione del coefficiente di trasformazione da peso a volume.

Come valore medio si può assumere che:

1 kg di saccarosio occupa un volume di 630 ml.

5.3.5. Determinazione del saccarosio nelle bibite e negli sciroppi

Misura del peso specifico

Il peso specifico delle soluzioni zuccherine si determina con i densimetri, con la bilancia di Mohr-Westphal, con i picnometri.

Con l'aiuto di tabelle apposite (**tabb. 5.III e 5.IV**) si risale dai pesi specifici alla valutazione del grado saccarometrico in peso (grado Brix) o in volume.

Ci sono degli strumenti detti *saccarimetri* che riportano già incisa sulla scala la percentuale di zucchero presente.

Il peso specifico delle soluzioni zuccherine può essere determinato a 20°C e riferito al peso di un eguale volume di acqua distillata a 4°C, oppure al peso di un eguale volume di acqua distillata a 20°C.

I saccarimetri riportano sempre le condizioni di temperatura per cui sono stati tarati.

Se il peso specifico dello sciroppo non è determinato a 20°C, si fa uso delle tabelle che seguono per apportare le necessarie correzioni. Nel caso in cui la temperatura sia inferiore ai 20°C si avrà una contrazione di volume e quindi un aumento del peso specifico, per cui i gradi Brix dovranno essere corretti per eccesso; il caso opposto si verifica per temperature superiori ai 20°C.

In questa circostanza il dato saccarometrico dovrà essere addizionato dei valori riportati in **tab. 5.V**.

Indice di rifrazione. Rifrattometro

L'indice di rifrazione (n) assoluto di un corpo r è il rapporto tra la velocità della luce V_0 nel vuoto e nel mezzo considerato V_r :

$$n = \frac{V_0}{V_r}$$

La velocità V_0 è una costante, mentre V_r è una funzione di diversi parametri che, nel caso di soluzioni acquose di saccarosio, sono:

- concentrazione dello zucchero,
- temperatura della soluzione acqua-zucchero,
- frequenza della radiazione luminosa utilizzata.

Brix	0	5	10	20	30	40	50	60	70
Temperatura	Gradi saccarometrici che devono essere sottratti al valore letto								
0°	0,30	0,49	0,65	0,89	1,08	1,24	1,37	1,44	1,49
5°	0,36	0,47	0,56	0,73	0,86	0,97	1,05	1,10	1,14
10°	0,32	0,38	0,42	0,51	0,60	0,67	0,72	0,75	0,76
11°	0,30	0,35	0,39	0,47	0,54	0,61	0,65	0,67	0,69
12°	0,28	0,32	0,35	0,42	0,48	0,54	0,58	0,60	0,61
13°	0,26	0,29	0,32	0,38	0,43	0,48	0,51	0,53	0,54
14°	0,23	0,25	0,28	0,33	0,37	0,41	0,44	0,45	0,46
15°	0,20	0,21	0,24	0,28	0,31	0,35	0,36	0,38	0,39
16°	0,16	0,17	0,19	0,23	0,25	0,28	0,29	0,30	0,31
17°	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,23
18°	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16
19°	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09
20°	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09
21°	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
22°	0,10	0,11	0,12	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
23°	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24
24°	0,21	0,22	0,23	0,26	0,28	0,30	0,30	0,31	0,32
25°	0,27	0,28	0,30	0,32	0,35	0,38	0,39	0,39	0,40
26°	0,33	0,35	0,36	0,39	0,42	0,45	0,46	0,47	0,47
27°	0,40	0,41	0,42	0,46	0,50	0,53	0,54	0,55	0,55
28°	0,46	0,47	0,49	0,54	0,58	0,61	0,62	0,64	0,64
29°	0,53	0,54	0,56	0,61	0,65	0,69	0,70	0,72	0,72
30°	0,61	0,62	0,63	0,68	0,73	0,78	0,79	0,80	0,81
35°	0,99	1,01	1,02	1,10	1,16	1,20	1,22	1,23	1,22
40°	1,42	1,45	1,47	1,54	1,60	1,64	1,65	1,66	1,65
45°	1,91	1,94	1,96	2,03	2,07	2,10	2,10	2,10	2,08
50°	2,46	2,48	2,50	2,56	2,58	2,59	2,58	2,56	2,52
55°	3,05	3,07	3,09	3,12	3,12	3,10	3,07	3,03	2,97
60°	3,69	3,72	3,73	3,72	3,67	3,62	3,57	3,50	3,43
70°	5,20	5,20	5,10	5,00	4,90	4,81	4,71	4,61	4,49

Tab. 5.V - Gradi saccarometrici che devono essere sottratti al valore letto

L'indice di rifrazione di uno sciroppo è, in prima approssimazione, una funzione lineare della concentrazione dello zucchero, secondo la relazione:

$$n_s = n_{H_2O} + Kc$$

dove n_{H_2O} è l'indice di rifrazione dell'acqua, K è una costante dello zucchero e c la concentrazione.

Questa funzione è lineare solamente per soluzioni diluite; per valori elevati della densità si ricorre a curve di lavoro determinate sperimentalmente accostando le percentuali di zucchero agli indici di rifrazione corrispondenti, come si desume dalla **tab. 5.VI**.

Gli strumenti ottici costruiti per questa determinazione sono chiamati *rifrattometri* e proiettano di regola, nel campo visivo, due scale saldate fra loro dove si legge l'indice di rifrazione e la percentuale in peso di zucchero corrispondente.

La costante K che compare nella formula precedente è caratteristica per ogni composto chimico, per cui ad esempio soluzioni al 10 % rispettivamente di saccarosio e di acido citrico forniranno un diverso indice di rifrazione.

I rifrattometri, che trovano impiego nella misurazione del contenuto zuccherino in acqua, sono normalmente tarati per temperature di 20° C e per una luce di lunghezza d'onda:

$$\lambda = 5893 \text{ \AA} \text{ (riga gialla D del sodio)}$$

Per realizzare un sistema isotermico a 20° C si fa uso di un circuito termostato ad acqua; il pennello di luce desiderata si ottiene con dei filtri o dei prismi ottici selettivi per una determinata lunghezza d'onda.

20° n _{sD}	Brix	20° n _{sD}	Brix	20° n _{sD}	Brix	20° n _{sD}	Brix	20° n _{sD}	Brix
1,33299	0	1,36053	18	1,3920	36	1,4285	54	1,4700	72
1,33443	1	1,36218	19	1,3939	37	1,4306	55	1,4725	73
1,33588	2	1,36384	20	1,3958	38	1,4328	56	1,4749	74
1,33733	3	1,36551	21	1,3978	39	1,4350	57	1,4774	75
1,33880	4	1,36719	22	1,3997	40	1,4373	58	1,4799	76
1,34027	5	1,36888	23	1,4016	41	1,4395	59	1,4825	77
1,34176	6	1,37059	24	1,4036	42	1,4417	60	1,4850	78
1,34326	7	1,37230	25	1,4056	43	1,4440	61	1,4876	79
1,34477	8	1,37400	26	1,4076	44	1,4463	62	1,4901	80
1,34629	9	1,37580	27	1,4096	45	1,4486	63	1,4927	81
1,34783	10	1,37750	28	1,4117	46	1,4509	64	1,4953	82
1,34937	11	1,37930	29	1,4137	47	1,4532	65	1,4980	83
1,35093	12	1,37750	30	1,4158	48	1,4556	66	1,4006	84
1,35250	13	1,37930	31	1,4178	49	1,4580	67	1,5032	85
1,35408	14	1,38110	32	1,4199	50	1,4603	68	1,5059	86
1,35567	15	1,38290	33	1,4220	51	1,4627	69	1,5086	87
1,35728	16	1,38470	34	1,4242	52	1,4651	70	1,5112	88
1,35890	17	1,38650	35	1,4263	53	1,4676	71	1,5139	89

Tab. 5.VI - Relazione fra indice di rifrazione e la concentrazione delle soluzioni zuccherine.

Nel caso in cui l'esame ottico venga effettuato a temperatura diversa da 20°C, suppliscono tavole di valori da sommare e da sottrarre al valore strumentale, per ottenere il valore effettivo (tab. 5.VII).

La perfetta efficienza del rifrattometro viene valutata misurando gli indici di rifrazione dell'acqua bidistillata alle varie temperature; i valori rilevati devono corrispondere a quelli riportati nella tab. 5.VIII.

Nel caso di bibite e di sciroppi contenenti succo, concorrono alla defini-

Temp. °C	Percentuale di zucchero (Brix)										
	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70
La percentuale va diminuita di:											
10°	0.50	0.54	0.58	0.61	0.64	0.66	0.68	0.72	0.74	0.76	0.79
11°	.46	.49	.53	.55	.58	.60	.62	.65	.67	.69	.71
12°	.42	.45	.48	.50	.52	.54	.56	.58	.60	.61	.63
13°	.37	.40	.42	.44	.46	.48	.49	.51	.53	.54	.55
14°	.33	.35	.37	.39	.40	.41	.42	.44	.45	.46	.48
15°	.27	.29	.31	.33	.34	.34	.35	.37	.38	.39	.40
16°	.22	.24	.25	.26	.27	.28	.28	.30	.30	.31	.32
17°	.17	.18	.19	.20	.21	.21	.21	.22	.23	.23	.24
18°	.12	.13	.13	.14	.14	.14	.14	.15	.15	.16	.16
19°	.06	.06	.06	.07	.07	.07	.07	.08	.08	.08	.08
La percentuale va aumentata di:											
21°	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
22°	.13	.13	.14	.14	.15	.15	.15	.15	.16	.16	.16
23°	.19	.20	.21	.22	.22	.23	.23	.23	.24	.24	.24
24°	.26	.27	.28	.29	.30	.30	.31	.31	.31	.32	.32
25°	.33	.35	.36	.37	.38	.38	.39	.40	.40	.40	.40
26°	.40	.42	.43	.44	.45	.46	.47	.48	.48	.48	.48
27°	.48	.50	.52	.53	.54	.55	.55	.56	.56	.56	.56
28°	.56	.57	.60	.61	.62	.63	.63	.64	.64	.64	.64
29°	.64	.66	.68	.69	.71	.72	.72	.73	.73	.73	.73
30°	.72	.74	.77	.78	.79	.80	.80	.81	.81	.81	.81

Tab 5.VII - Correzione alla percentuale di zucchero trovata col rifrattometro a temperatura diversa da 20°, per ottenere i Brix reali

zione dell'indice di rifrazione, e quindi dei gradi Brix, anche i solidi solubili presenti nel succo e, in misura molto minore, l'acido citrico aggiunto, i sali minerali dell'acqua il sodio benzoato ed eventuali altri conservanti solubili.

Per le ultime tre sostanze i valori addizionali al grado Brix sono trascurabili; in una bibita la quantità massima di acido citrico aggiunto è nell'ordine dello 0,4 %, che corrisponde ad un dato rifrattometrico riferibile a 0,08 Brix; in uno sciroppo l'acido citrico sale al 2 % con un corrispondente incremento di 0,39 Brix.

I succhi d'agrumi invece incrementano in modo sostanziale i gradi Brix rilevati nelle bibite e negli sciroppi; i succhi d'arancia e di pompelmo, a concentrazione naturale, manifestano un valore rifrattometrico corrispondente a 10 gradi Brix; il succo di limone nelle stesse condizioni ha 8 gradi Brix.

Dalle proporzioni:

$$\text{brix} = \frac{12 \times 10}{100} = 1,2 \text{ (12\% di succo di arancia e pompelmo)}$$

$$\text{brix} = \frac{12 \times 8}{100} = 0,96 \text{ (12\% di succo di limone)}$$

C°	20° n _D	C°	20° n _D	C°	20° n _D
10°	1,3337	17°	1,3332	24°	1,3326
11°	1,3336	18°	1,3332	25°	1,3325
12°	1,3336	19°	1,3331	26°	1,3324
13°	1,3335	20°	1,3330	27°	1,3323
14°	1,3335	21°	1,3329	28°	1,3322
15°	1,3334	22°	1,3328	29°	1,3321
16°	1,3333	23°	1,3327	30°	1,3320

Tab. 5.VIII - Indici di rifrazione dell'acqua bidistillata a varie temperature.

$$\text{brix} = \frac{35 \times 10}{100} = 3,5 \text{ (sciropo al 35\% di arancia e pompelmo)}$$

$$\text{brix} = \frac{35 \times 8}{100} = 2,8 \text{ (sciropo al 35\% di succo di limone)}$$

si rileva che nelle bibite composte con il 12 % di succo d'arancia o di pompelmo, la reale percentuale in peso di zucchero aggiunto è data dal valore rifrattometrico letto diminuita di 1,2 gradi Brix:

$$\text{brix}_z = \text{brix}_b - 1,2$$

Negli sciropi al 35 % di succo d'arancia o di pompelmo, la percentuale in peso di zucchero aggiunto è:

$$\text{brix}_z = \text{brix}_b - 3,5$$

Per bibite e sciropi a base di succo di limone valgono le formule seguenti:

$$\text{brix}_z = \text{brix}_b - 0,96$$

$$\text{brix}_z = \text{brix}_b - 32,8$$

Nelle **tabb. 5.IX e 5.X** sono espote le percentuali di zucchero necessario, insieme con il variare del contenuto di succo, per fornire un determinato valore Brix alle bibite finite.

Brix finali richiesti nel le bibite	12% succo	13% succo	14% succo	15% succo	16% succo	17% succo
	% zucchero	% zucchero	% zucchero	% zucchero	% zucchero	% zucchero
10	8,8	8,7	8,6	8,5	8,4	8,3
11	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3
12	10,8	10,7	10,6	10,5	10,4	10,3
13	11,8	11,7	11,6	11,5	11,4	11,3
14	12,8	12,7	12,6	12,5	12,4	12,3
15	13,8	13,7	13,6	13,5	13,4	13,3
16	14,8	14,7	14,6	14,5	14,4	14,3

Tab. 5.IX - Bibite che contengono succo d'arancia o di pompelmo.

Brix finali richiesti nelle bibite	12% succo	13% succo	14% succo	15% succo	16% succo	17% succo	18% succo
	% zucchero	% zucchero	% zucchero	% zucchero	% zucchero	% zucchero	% zucchero
10	9,04	8,96	8,88	8,80	8,72	8,64	8,56
11	10,04	9,96	9,88	9,80	9,72	9,64	9,56
12	11,04	10,96	10,88	10,80	10,72	10,64	10,56
13	12,04	11,96	11,88	11,80	11,72	11,64	11,56
14	13,04	12,96	12,88	12,80	12,72	12,64	12,56
15	14,04	13,96	13,88	13,80	13,72	13,64	13,56
16	15,04	14,96	14,88	14,80	14,72	14,64	14,56

Tab. 5.X - Bibite che contengono succo di limone.

5.3.6. Rotazione del piano di luce polarizzata - Polarimetria

La luce ordinaria è composta da infiniti piani di vibrazione di onde elettromagnetiche intersecantisi nella direzione di propagazione. Nella luce polarizzata in maniera rettilinea il piano di vibrazione è unico. La luce polarizzata da un sistema ottico verrà captata al di là di un secondo mezzo ottico solamente nel caso in cui i due assi di oscillazione della luce, nel polarizzatore e nell'analizzatore, appartengano a uno stesso piano.

Col nome di *composti otticamente attivi* si indicano sostanze, come lo zucchero, che hanno la proprietà di fare ruotare il piano della luce polarizzata.

Ammettiamo per esempio che il piano di polarizzazione sia pp' e cioè la luce vibri nella direzione pp'; attraversando una sostanza otticamente attiva il piano viene deviato di un certo angolo α (fig. 5.23).

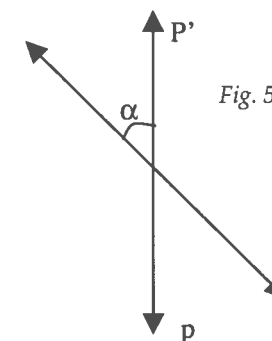


Fig. 5.23 - Deviazione del piano di polarizzazione.

Quest'angolo è misurato con strumenti ottici chiamati polarimetri. L'entità dello spostamento subito dal piano di polarizzazione dipende, oltre che dalla natura della sostanza in esame, dallo spessore dello strato di sostanza che il raggio attraversa, dalla temperatura del mezzo, dalla lunghezza d'onda della luce impiegata e, in soluzione, anche dalla concentrazione del soluto e dalle caratteristiche del solvente.

Per esprimere in rapporto fra loro le rotazioni prodotte da diverse sostan-

ze, si determina di ognuna il potere rotatorio specifico che è l'angolo di rotazione, destrogiro se all'osservazione la deviazione avviene verso destra o levogiro se avviene verso sinistra, provocato da una soluzione contenente 1 g di sostanza per ml, quando un raggio di luce polarizzata ne attraversa uno strato di 1 dm.

Le altre condizioni fissate sono:

- lunghezza d'onda della luce $\lambda = 589 \mu\text{m}$ (riga gialla del sodio)
- temperatura = 20°C

Per le sostanze otticamente attive esaminate in soluzione (in solvente inattivo), il potere rotatorio specifico si calcola con l'espressione:

$$[\alpha]_D^{20} = \frac{100 \alpha}{l \cdot c}$$

dove c esprime la concentrazione della soluzione in grammi di sostanza attiva per 100 ml di soluzione, con α la rotazione osservata, espressa in gradi e decimi di grado di cerchio e con l la lunghezza dello strato in dm.

Dalla formula precedente si può ricavare la concentrazione reale della sostanza:

$$c = \frac{100 \alpha}{l \cdot [\alpha]_D^{20}}$$

e la densità effettiva della soluzione, ponendo $c = d \times p$ dove p è il numero di gr. di sostanza attiva sciolta in 100 gr di soluzione:

$$d = \frac{100 \alpha}{p \cdot [\alpha]_D^{20}}$$

I valori riportati nella **tab. 3.XI** devono intendersi come valori medi per le concentrazioni più usuali (10-15%).

Zuccheri	Solvente	$[\alpha]_D^{20}$
saccarosio	Acqua	+ 66,5
d-destrosio, glucosio	»	+ 52,3
zucchero invertito	»	- 19,7
lattosio	»	+ 52,4
levulosio, fruttosio	»	- 93,00
maltosio	»	+ 137,48
galattosio	»	+ 83,9
d-mannosio	»	+ 14,5
arabinosio	»	+ 105,00
sorbosio	»	- 43,10

Tab. 3.XI - Potere rotatorio specifico di alcuni zuccheri.

Per concentrazioni superiori esistono delle formule empiriche di calcolo che qui non vengono considerate.

5.3.7. Saccarimetria

L'analisi polarimetrica permette l'esatta determinazione del titolo di saccarosio puro nel comune prodotto cristallino e la valutazione del saccarosio e di altri zuccheri riduttori in bibita e negli sciroppi.

Si sono costruiti a tale scopo speciali polarimetri, detti saccarimetri, i quali permettono di leggere direttamente la percentuale di saccarosio o di altri zuccheri presenti in soluzione.

Se si applica la formula:

$$c = \frac{100 \alpha}{l \cdot [\alpha]}$$

per trovare la quantità di saccarosio che sciolta in 100 ml di soluzione, in tubo polarimetrico di 2 dm, dia una rotazione di 100 gradi, si otterrà:

$$c_s = \frac{100 \times 100 \alpha}{2 \times 66,5} = 75,1879$$

Solamente 75,1879 gr. di saccarosio purissimo, sciolti in 100 ml di soluzione faranno ruotare di 100 gradi il piano della luce polarizzata. Il prodotto commerciale fornirà un valore inferiore dal quale si potrà calcolare la percentuale di scarto.

In pratica l'esame polarimetrico si effettua con 26 grammi di saccarosio sciolti in 100 ml di soluzione.

Applicando la formula precedente, al polarimetro si leggerà una rotazione reale di $34,58^\circ$:

$$\alpha = \frac{2 \times 26 \times 66,412}{100} = 34,58^\circ$$

Nella scala dei saccarimetri, o *scala Wentzke*, questo arco di cerchio è stato diviso in 100 parti corrispondenti ognuno ad un grado saccarimetrico della scala internazionale.

La **tab. 5.XII** permette di passare dalle entità polarimetriche reali ai valori assunti nelle convenzioni internazionali.

Le quantità in grammi dei vari zuccheri, che sciolti in 100 ml di soluzione acquosa provocano 1° grado Wentzke di rotazione del piano di polarizzazione, si calcolano con la formula:

$$gr_z = \frac{C \times 34,58}{\alpha 100}$$

Zuccheri	gr. di zucchero in 100 ml di soluzione che provocano 1 grado di rotazione		Angolo di rotazione dovuta a 1 gr di zucchero in 100 ml di soluzione	
	g° polarimetrici reali	g° Wentzke I	g° polarimetrici reali	g° Wentzke II
saccarosio	1,5057	0,5200	0,665	1,923
d-glucosio	1,9047	0,6570	0,525	1,526
zucchero invertito	5,0761	1,6760	-0,195	-0,596
lattosio	1,9083		0,524	1,519
fruttosio	1,1299		-0,885	
maltosio	0,7221	0,2502	1,384	3,996
galattosio	1,1918		0,839	
d-mannosio	1,0752	0,3676	-0,930	-2,719
raffiniosio	0,8260	1,231	3,561	
tubo polarimetrico da 1 dm				

Tab. 5.XII - Conversione dell'entità polarimetriche reali ai valori assunti nelle convenzioni internazionali.

L'angolo di rotazione in gradi Wentzke dovuto ad 1 grammo dei vari zuccheri viene calcolato nel modo seguente:

$$\text{g}^\circ \text{Wentzke} = \frac{\alpha \cdot 100}{C \times 34,58}$$

dove:

- α = angolo di rotazione reale destrogiro o levogiro ottenuto alla concentrazione C ,
- C = concentrazione in gr/100 ml dei vari zuccheri

Determinazione del titolo in saccarosio

a) *In assenza di altre sostanze otticamente attive.*

In questo caso la determinazione del saccarosio è molto semplice; si applica la formula:

$$c = \frac{100 \alpha}{1 \cdot [\alpha]_D^{20}}$$

che nel caso di tubo polarimetrico da 1 dm e per le usuali concentrazioni (26 gr per 100 ml di soluzione), dove $[\alpha]$ è uguale a $66,54^\circ$, diventa:

$$c = 1,5028 \cdot \alpha$$

La concentrazione c è espressa in grammi per 100 ml; per passare alla concentrazione % in peso si applica la formula:

$$p\% = \frac{c}{d_s}$$

b) *In presenza di saccarosio e di zucchero invertito.*

È questo il caso in cui il saccarosio abbia subito una parziale inversione. Indichiamo con C_s e con C_i , rispettivamente la concentrazione del saccarosio e dello zucchero invertito; con $[\alpha]_s$ e $[\alpha]_i$ le rispettive rotazioni specifiche.

Poiché il potere rotatorio usufruisce di proprietà additive, si avrà per la soluzione in esame:

$$\alpha = \frac{1[\alpha]_s C_s}{100} + \frac{1[\alpha]_i C_i}{100}$$

Se si sottopone all'inversione il saccarosio presente, si otterrà un nuovo potere rotatorio:

$$\alpha = \frac{1[\alpha]_i C_{si}}{100} + \frac{1[\alpha]_i C_i}{100}$$

Sottraendo la seconda equazione dalla prima, si ottiene:

$$\alpha - \alpha = \frac{1[\alpha]_s C_s}{100} + \frac{1[\alpha]_i C_{si}}{100} - \frac{1[\alpha]_i C_i}{100} = \frac{1}{100} (1[\alpha]_s C_s - 1[\alpha]_i C_s)$$

Siccome 1 gr di saccarosio produce 1,0526 gr di zucchero invertito, si potrà scrivere: $C_{si} = 1,0526 - C_s$.

Sostituendo questo valore, la formula precedente diventa:

$$\alpha - \alpha = \frac{1}{100} ([\alpha]_s - 1,0526[\alpha]_i C_s)$$

Operando in tubo polarimetrico da 1 dm e alla temperatura di $20^\circ C$, la concentrazione all'origine del saccarosio è data da:

$$C_s = \frac{100 (\alpha - \alpha)}{[\alpha]_s - 1,0526 [\alpha]_i} = \frac{100 (\alpha - \alpha)}{87,8}$$

Sostituendo il valore C_s nella formula (LC) si ottiene la quantità di zucchero invertito prima dell'inversione.

Si deve notare che l'inversione dello zucchero comporta una diluizione della soluzione originale che dovrà essere corretta nella valutazione del valore α' .

5.3.8. Inversione dello zucchero

Il saccarosio in soluzione acquosa riscaldata, alla presenza di acidi oppure per azione catalitica enzimatica, si idrolizza in glucosio e fruttosio; in questo caso il potere rotatorio destrogiro proprio del saccarosio inverte il suo segno in levogiro per la prevalenza della rotazione del fruttosio $[\alpha] = -93$ sul glucosio $[\alpha] = +53$.

Si accennerà più avanti agli inconvenienti che si verificano nella bibita e nello sciroppo, dovuti all'elevato potere fermentescibile di questi due zuccheri nei confronti del saccarosio.

Si forniscono due curve che dimostrano la rapidità con cui si forma zucchero invertito in funzione della temperatura alla quale è mantenuto lo sciroppo a 65 Brix (figg. 5.24 e 5.25). Per necessità analitiche è comunque necessario talvolta provocare l'inversione totale dello zucchero.

Gli zuccheri che subiscono l'inversione sono il saccarosio, il lattosio ed il raffinoso.

Si procede in questo modo: si sciolgono in 75 ml di acqua 13 gr di saccarosio e vi si aggiungono 5 ml di HCl al 36 %. Il palloncino che contiene questa soluzione viene immerso in un bagno di acqua calda fino ad elevare la temperatura interna a 67° C; si mantiene a questa isoterma per 5 minuti, dopo di che si raffredda con acqua corrente per portarsi alla temperatura ambiente.

L'inversione del lattosio e del raffinoso è più difficoltosa e richiede una maggior concentrazione degli zuccheri, un ambiente ad alta concentrazione idrogenionica e tempi più lunghi di reazione.

5.3.9. Metodo chimico di determinazione degli zuccheri

Gli zuccheri monosaccaridi, ed alcuni disaccaridi, come il maltosio ed il lattosio, manifestano proprietà riducenti; ci si serve di questa caratteristica per una loro valutazione quantitativa.

Il saccarosio (ed anche il raffinoso) non è uno zucchero riducente; que-

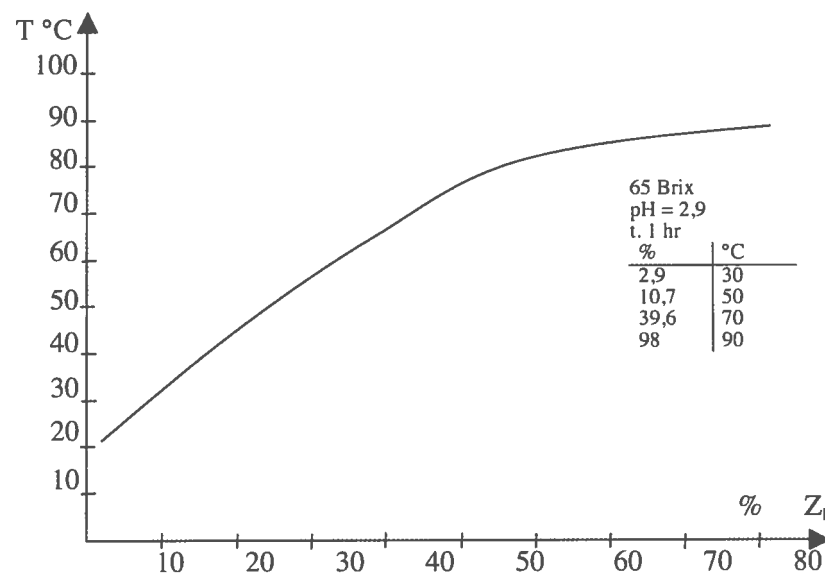


Fig. 5.24 - Formazione di glucosio e fruttosio in funzione della temperatura

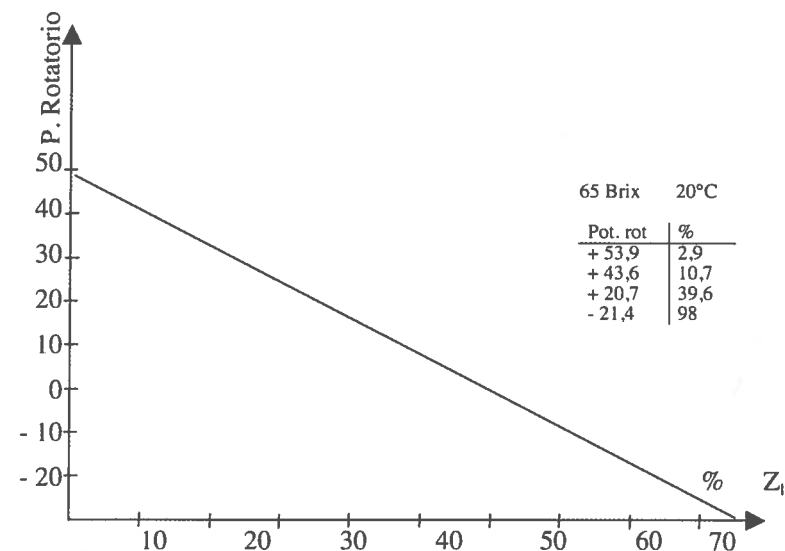
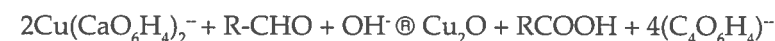


Fig. 5.25 - Potere rotatorio addizionale di saccarosio e zucchero invertito in funzione della percentuale di quest'ultimo.

sto diverso comportamento, insieme con le rispettive costanti polarimetriche, permette la valutazione della percentuale di presenza di ogni singolo zucchero, quando siano miscelati fra loro in soluzione.

Come sostanza riducente degli zuccheri si usa il liquido di Fehling, composto da due soluzioni miscelate al momento dell'utilizzazione. L'agente ossidante è il sale rameico, mentre la funzione del tartrato è di formare un complesso col rame per impedirne l'immediata precipitazione come idrossido.

Il complesso chetato agisce con il gruppo aldeico dello zucchero riduttore con precipitazione dell'ossidulo di rame Cu₂O:



L'ossidulo di rame è in relazione alla quantità di zucchero riducente, ma non in rapporto stechiometrico, per cui ci si serve di tavole apposite che fissano per ogni zucchero l'equivalenza fra rame pesato e quantità di zucchero.

Procedimento ponderale

In un matraccio conico si versano le due soluzioni F1 ed F2, da due distinte burette, ed una certa quantità di acqua di diluizione; quindi un volume determinato di soluzione dello zucchero in esame.

Per ogni zucchero è opportuno adottare condizioni prestabilite concernenti il volume delle due soluzioni del reattivo di Fehling, il volume dell'acqua di diluizione, la concentrazione dello zucchero ed il tempo di ebollizione, come è riportato nella tab. 5.XIV.

Rame mg	Glucosio mg	Zucchero inv. mg	Maltosio mg
100	50,9	52,1	86,6
110	56	57,5	95,5
120	61,1	62,8	104,4
130	66,2	68,1	113,4
140	71,3	73,5	122,4
150	76,5	78,9	131,4
160	81,7	84,3	140,4
170	86,9	89,7	149,4
180	92,1	95,2	158,3
190	97,3	100,6	167,2
200	102,6	106,3	176,1
210	107,9	111,9	185,0
220	113,2	117,5	193,9
230	118,5	123,2	202,9
240	123,9	128,9	211,8
250	129,2	134,6	220,8
260	134,6	140,4	229,8
270	140,0	146,1	238,8
280	145,5	151,9	247,8
290	151,0	157,8	256,6
300	156,5	163,8	265,5
310	162,0	169,7	274,4
320	167,5	175,6	283,3
330	173,1	181,6	292,2
340	178,7	187,8	301,0
350	184,3	193,8	310,0
360	190,0	199,8	319,0

Tab. 5.XIII - Equivalenze fra rame metallico e quantità di glucosio, zucchero invertito, maltosio.

Trascorso il tempo stabilito per l'ebollizione, si aggiunge alla soluzione un pari quantitativo di acqua distillata, si lascia raffreddare e si filtra l'ossidulo di rame su Gooch.

La riduzione dell'ossidulo a rame metallico avviene per riscaldamento dello stesso in corrente di idrogeno; dal peso del rame si risale, mediante i valori di conversione riportati nelle tavole, alla quantità di zucchero riducente presente.

Procedimento volumetrico

Questa determinazione analitica è preceduta da una prova orientativa atta a stabilire la quantità approssimativa di zucchero che riduce un prestabilito volume di soluzione Fehling.

In un matraccio da ml 100 si versano 5 ml di ognuna delle due soluzioni Fehling, 40 ml di acqua e si porta all'ebollizione; si aggiunge a questo punto un volume esatto di soluzione zuccherina (0,5-1 %); si scalda nuovamente per un tempo che va da 2 a 4 minuti.

	glucosio	fruttosio	zuc. inv.	maltosio
F 1 30 ml	30 ml	25 ml	25 ml	
F 2 30 ml	30 ml	25 ml	25 ml	
Acqua di diluizione	60 ml	60 ml		
Tempo di ebollizione	2'	2'	2'	2'
mg di zucchero	250	250	250	250

Tab. 5.XIV - Condizioni operative nella determinazione degli zuccheri col liquido di Fehling.

Trascorso questo periodo, si filtrano alcune gocce della miscela e, dopo acidificazione con acido acetico, si verifica con reazione al ferrocianuro potassico l'eventuale eccesso di rame.

Se si ottiene una colorazione rossa, significa che non tutto il rame è stato ridotto e in questo caso si ripete la prova aumentando la quantità di soluzione zuccherina; se la reazione del rame è negativa, tutto il processo va ripetuto usando una minore quantità di zucchero. Attraverso successive prove ci si avvicina al punto di neutralizzazione esatto quando, per due soluzioni zuccherine che differiscono quantitativamente fra loro di 0,1 ml, in una si ha la reazione del rame, nell'altra no.

Metodo Lane & Eynon

In sostituzione del ferrocianuro di potassio, come descritto nel metodo precedente, si può verificare il punto di neutralizzazione fra liquido di Fehling e zucchero riduttore usando una soluzione di blu di metilene, la quale in soluzione alcalina si decolora all'ebollizione in presenza di zucchero riducente.

Ad una certa quantità di liquido di Fehling (10 ml) diluito con 40 ml di acqua e portato all'ebollizione si aggiunge un volume di soluzione zuccherina di poco inferiore a quello necessario alla neutralizzazione; si prosegue con l'ebollizione per due minuti circa e quindi, dopo aver fatto cadere in miscela 2 o 3 gocce di blu di metilene, si fa percolare altra soluzione zuccherina fino allo scoloramento.

La reazione deve essere condotta a temperature comprese fra 90° e i 100° C. La quantità in grammi dello zucchero riducente si calcola con questa formula:

$$X = \frac{KF}{100}$$

dove F sono i ml di liquido di Fehling effettivamente impiegati e K è una costante caratteristica per ogni singolo zucchero, a condizioni prestabilite di diluizione.

5.3.10. Microbiologia degli zuccheri e degli sciroppi

Gli zuccheri, a causa della loro natura e origine, possono costituire un forte potenziale di contaminazione per tutti gli alimenti in cui sono impiegati. Bat-

zucchero	gr di zucchero che riducono 100 ml di liquido Fehling		ml di liquido Fehling ridotti da 1 gr di zucchero	
	non diluiti	diluizione 1+4 vol. H ₂ O	non diluiti	diluizione 1+4 vol. H ₂ O
zucchero invertito	0,494	0,515	202,4	194
glucosio	0,537	0,514	210,4	202,2
levulosio	0,475	0,494	194,4	186
maltosio	0,779	0,741	120,4	135

Tab. 5.XV - Gr di zucchero che riducono 100 ml di liquido Fehling - ml di liquido Fehling ridotti da 1 gr di zucchero.

teri, fermenti e muffe, soprattutto allo stato di spore, sono normalmente presenti ed il loro numero delimita la qualità del prodotto impiegato.

Gli elementi di giudizio sulla idoneità di una partita di zucchero ad essere impiegata nella preparazione di bevande o di sciroppi sono filtrati attraverso valutazioni soggettive.

Secondo la nostra esperienza i limiti massimi ammissibili sono raccolti nella **tab. 5.XVI** che segue.

Concentrazione massima ammissibile in 10 gr di zucchero.

Numero totale microrganismi	5
Lieviti	-
Muffe	-
Batteri mesofili	1
Spore di microrganismi termofili, anaerobi produttori di H ₂ S	2
Spore di microrganismi termofili, anaerobi produttori di gas (meno H ₂ S)	2

Tab. 5.XVI - Microrganismi presenti negli zuccheri.

È obbligo sottolineare un principio generale: *lo zucchero con un'umidità dello 0,05 % non offre nessuna possibilità vitale ai microrganismi, senza per questo impedire la sopravvivenza delle relative spore.*

Le spore sono relativamente meno pericolose perché lo zucchero che entra in lavorazione incontra quasi sempre un ambiente acido o la presenza di un anti-fermentativo, condizioni queste sfavorevoli alla loro germinazione.

Il momento veramente critico, lo zucchero lo incontra in fase di magazzino, quando, a causa della sua igroscopicità, la fase acquosa assume valori più elevati, favorendo l'evoluzione incontrollata delle forme sporigene.

In forma schematica, le conclusioni che si possono trarre sulla microbiologia dello zucchero sono:

- non deve contenere fermenti e muffe perché ciò significa che si è verificata una germinazione delle relative spore;

Destrosio - triptone - bromocresolo - agar

Triptone	10 gr
Destrosio	5 gr
Bromocresolo	0,04 gr
Agar	15 gr
Acqua distillata	1 litro

Tab. 5.XVII - Terreni di coltura utilizzati.

Triptone	5,0 gr
Estratto di lievito	2,5 gr
Glucosio	1 gr
Agar	15,0 gr
Acqua distillata	1 litro

Tab. 5.XVIII - Agar per il conteggio totale.

- non deve essere esposto all'aria che rappresenta il veicolo di microrganismi e di umidità;
- si deve mantenere in un ambiente asciutto, né freddo né caldo.

Si descrivono i test microbiologici più ricorrenti che si effettuano sugli zuccheri

Numero totale di microrganismi

Si sciolgono 20 grammi di zucchero in acqua sterile e si porta il volume a 100 ml. Questa soluzione si distribuisce in 5 scatole di incubazione versandone in ognuna 2 ml.

L'incubazione si svolge per 72 ore a 32° C.

I terreni di coltura usati sono quelli descritti in **tab. 5.XVII**.

Portare la soluzione all'ebollizione e sterilizzare il tutto in autoclave per 15 minuti a 121° C. Il pH finale dovrebbe essere circa 6,8.

Sciogliere gli ingredienti in acqua e portare all'ebollizione. Sterilizzare in autoclave per 15 minuti a 121° C, pH finale 7.

Lieviti e muffe

Il conteggio di questi microrganismi si effettua su 5 scatole di incubazione in cui siano stati immessi 2 ml della soluzione zuccherina preparata come descritto in precedenza.

Il terreno di coltura impiegato è il destrosio - agar acidificato (**tab. 5.XIX**).

Estratto di carne	3 gr
Polipeptone	10 gr
Destrosio	10 gr
Sodio cloruro	5 gr
Agar	15 gr
Acqua distillata	1 litro

Tab. 5.XIX - Destrosio - agar acidificato.

Sciogliere gli ingredienti e portare all'ebollizione. La sterilizzazione avviene a 121°C per 15 minuti. Portare il pH a 3,5 con soluzione sterile di acido tartarico al 10 T°.

L'incubazione si effettua per 5 giorni a 32° C. Dopo tre giorni le muffe si sono già sviluppate.

Spore di microrganismi termofili, anaerobi, produttori di H₂S (Clostridium nigrificans)

Si distribuiscono 20 ml di soluzione di zucchero bollita per 5 minuti in 4 provettoni di sviluppo microbiologico, preriscaldati a 55° C e contenenti il terreno di coltura agar e solfito.

L'incubazione avviene a 55° C e il conteggio si effettua dopo 72 ore. Le colonie sviluppatesi appaiono nere.

Tryptone	10 gr
Sodio solfito anidro	1 gr
Agar	20 gr
Acqua	1 litro

Tab. 5.XX - Agar e solfito di sodio.

La coltura così preparata si versa nei provettoni di incubazione, aggiungendo in ognuno un pezzetto di filo di ferro ben pulito o alcune gocce di una soluzione di citrato ferrico.

Si sterilizza la coltura in autoclave a 121° C per 120 minuti.

Spore di microrganismi termofili, anaerobi, produttori di gas, non di H₂S (Clostridium thermosaccharolyticum)

Si immettono in 6 provettoni, contenenti il brodo di fegato preparato come riportato in tab. 5.XXI, 20 ml di soluzione acquosa di zucchero bollito per 5 minuti.

L'incubazione avviene a 55° C per 72 ore.

Fegato polverizzato	60 gr
Fosfato bipoassico	10 gr
Acqua distillata pH 7.5-7,7	fino al volume di 1 litro

Tab. 5.XXI - Brodo di fegato.

Si aggiunge a freddo la polvere di fegato all'acqua e si agita fortemente per 1 ora.

Si fa bollire la soluzione per qualche minuto e si filtra ancora calda con degli strati di garza.

Questo metodo non permette l'enumerazione dei microrganismi, ma solamente una valutazione del numero più probabile di presenza (MPN) calcolato dal rapporto fra il numero delle provette in cui si sviluppa gas e quelle a reazione negativa.

Esame microbiologico dello sciroppo di zucchero

Vengono usati i metodi descritti per l'analisi dello zucchero, dopo aver provveduto alla diluizione dello sciroppo con acqua distillata perfettamente sterile fino ad una concentrazione del 20 % circa della sostanza zuccherina in soluzione.

5.3.11. Titolazione delle soluzioni zuccherine con l'uso di abachi

La titolazione delle soluzioni zuccherine può essere eseguita facilmente per via analitica facendo uso delle formule precedenti o delle tabelle, anche quando il dato noto è la densità della soluzione.

Tuttavia, qualora ci si accontenti di approssimazione non troppo spinta si può ricorrere ad abachi del tipo di fig. 5.26, la cui utilizzazione è immediata.

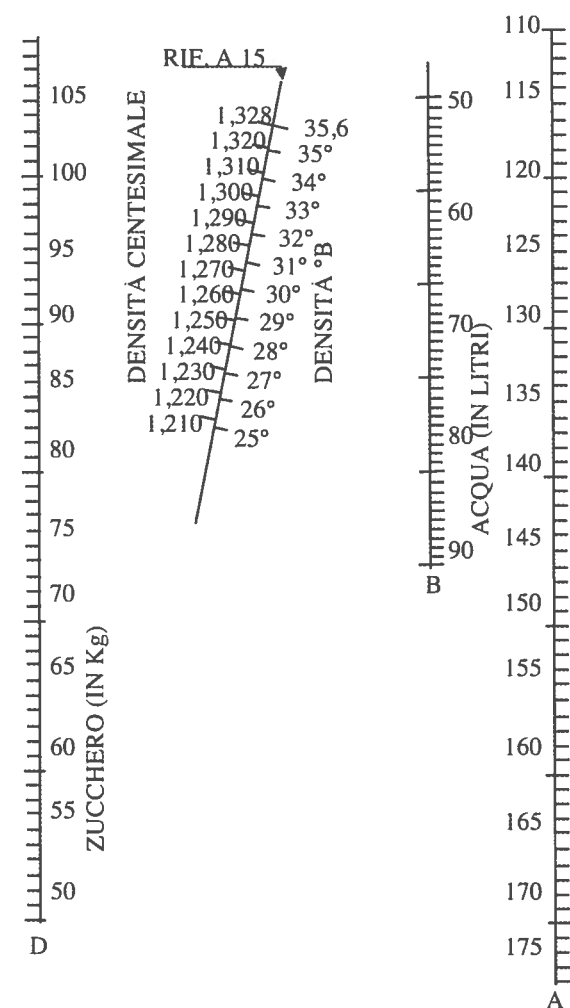


Fig. 5.26 - Abaco per titolazione delle soluzioni zuccherine.

Partendo ad esempio dal peso di un sacco di zucchero (100 kg) si punta sulla scala D congiungendo con la densità che si vuol realizzare (scala C). La quantità di acqua che si deve utilizzare si leggerà sulla scala B, mentre il volume dello sciroppo prodotto si leggerà sulla scala A.

Naturalmente l'abaco può essere utilizzato per effettuare un'operazione inversa, ovvero ottenere la quantità d'acqua e il peso dello zucchero quando si voglia realizzare un certo volume di sciroppo di data densità.

5.4. METODI INDUSTRIALI DI MISURA DELLA DENSITÀ

Nell'attività industriale per la misura della densità ci si avvale dei rifrattometri industriali che possono essere ottici o digitali.

I rifrattometri ottici sono strumenti il cui funzionamento è basato sui principi della rifrazione ottica già esaminata in precedenza.

Un raggio di luce che attraversa la superficie di separazione tra un prisma di vetro ed un liquido, anziché procedere in linea retta, subisce una brusca deviazione passando da un mezzo all'altro (fig. 5.18).

La deviazione dipende dall'indice di rifrazione del liquido e varia con le caratteristiche chimiche e fisiche di quest'ultimo.

Se il liquido è miscelato con un altro liquido, oppure contiene una sostanza disciolta, nella fattispecie zucchero, il suo indice di rifrazione varia con la concentrazione della soluzione.

In fig. 5.27 si nota, ad esempio, che il raggio 1, pur essendo deviato, penetra nel liquido, mentre il raggio 2 ha un'inclinazione tale che il raggio uscente sfiora la faccia del prisma.

Si definisce "angolo limite", l'inclinazione del raggio incidente 2 rispetto alla perpendicolare alla superficie di separazione.

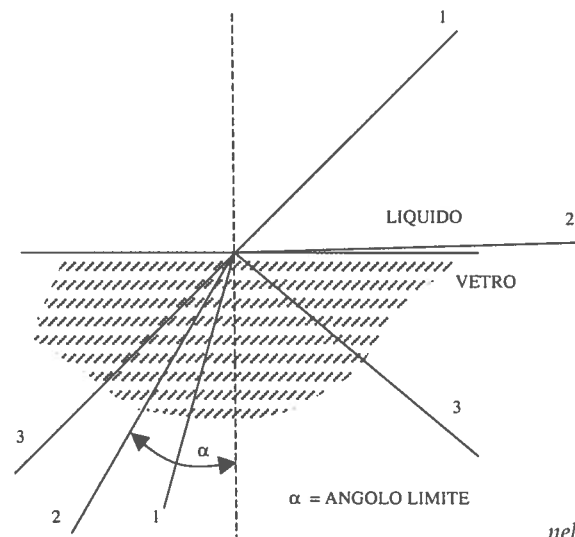


Fig. 5.27 - Deviazione del raggio luminoso nel passaggio da un mezzo ad un altro.

Il raggio 3, la cui inclinazione è superiore all'angolo limite, non entra nel liquido, ma viene riflesso con inclinazione eguale e opposta a quella di incidenza.

Appare evidente che dalla misura della deviazione di un raggio qualsiasi attraverso un prisma, che colpisca la superficie di un liquido, è possibile misurare la densità di quest'ultimo.

È esattamente quanto avviene nei rifrattometri ottici di usuale impiego nella preparazione degli sciroppi e nel controllo della loro densità.

5.4.1 I rifrattometri digitali

Il principio di funzionamento si basa sul fenomeno della riflessione totale, descritto, che è conseguenza del fenomeno della rifrazione: un raggio luminoso passando da un mezzo "A" ad un altro "B" a diverso indice di rifrazione, anziché procedere in linea retta subisce una deviazione; l'entità della deviazione è legata all' nD (indice di rifrazione) del mezzo "B". L'angolo con cui il raggio luminoso, proveniente dal mezzo "A" «incide» sull'interfaccia, è un parametro fondamentale nello studio dei fenomeni di rifrazione e riflessione ed è chiamato «angolo di incidenza»; esso si forma tra la direttrice del raggio luminoso e la perpendicolare al piano di interfaccia.

Con riferimento alla fig. 5.28, la sezione ottica del rifrattometro digitale può essere riassunta in:

- sorgente luminosa (LED)

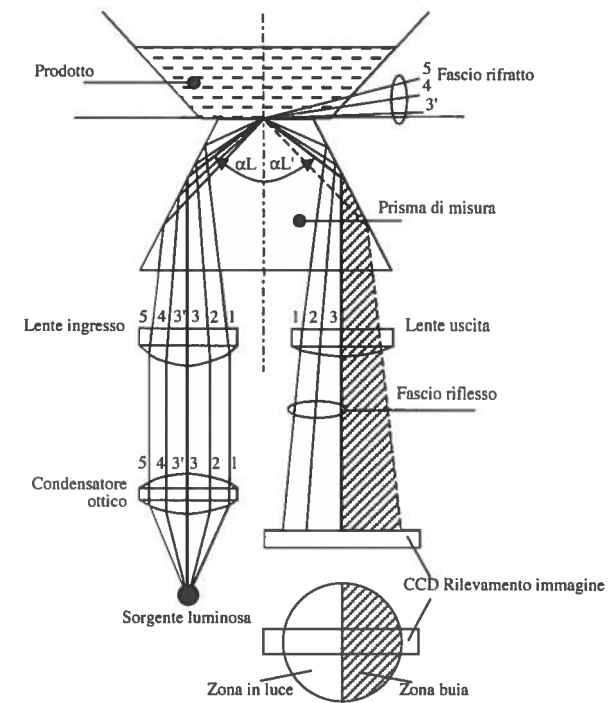


Fig. 5.28 - Rifrattometro digitale.

- condensatore ottico
- lente ingresso immagine
- prisma di misura (mezzo "A")
- lente uscita immagine
- CCD rilevamento immagine

Se immaginiamo una serie di raggi con differenti angoli di incidenza, è possibile notare che, spostandosi progressivamente dal punto sorgente 1 ai punti 2,3,4 ecc., si raggiunge una condizione in cui il raggio incidente non entra nel mezzo "B" (prodotto), ma subisce una deviazione tale da renderlo parallelo alla faccia del prisma di misura (3). L'angolo di incidenza a cui avviene tale fenomeno, come si è detto, è chiamato «angolo limite» ed è caratteristico dei due mezzi "A" (prisma di misura) e "B" (prodotto).

Tale valore è identificato dall'equazione:

$$\frac{n_{DB}}{n_{DA}} = \text{sen } \alpha_L$$

dove α_L = angolo limite.

Continuando a diminuire l'angolo di incidenza oltre l'angolo limite (punti 3, 2, 1) i raggi, raggiunto il mezzo "B", vengono da questo riflessi come se il mezzo "B" fosse uno specchio e le deviazioni subite dai raggi incidenti non seguono più la legge della rifrazione, bensì quella della riflessione, in cui l'angolo di incidenza è uguale all'angolo di riflessione.

Considerando di poter praticamente far incidere sulla interfaccia "A/B" (prisma/prodotto) un fascio di raggi a diversa angolazione, notiamo che quelli di incidenza inferiore all'angolo limite, caratteristico dei mezzi "A" e "B", vengono riflessi, mentre quelli con angolo di incidenza superiore o uguale all'angolo limite vengono rifratti ed entrano nel mezzo "B".

Nella tecnica rifrattometrica il fenomeno sopra descritto è utilizzato nelle misure dell'indice di rifrazione; se consideriamo $n_D "A"$ una costante (prisma di misura) e variamo il mezzo "B" (prodotto in analisi), è possibile ad ogni variazione di quest'ultimo, conoscerne l'indice di rifrazione misurando solamente l'angolo limite (in pratica l'angolo riflesso 3 che si identifica con il raggio 3' essendo ad esso infinitesimamente vicino).

Facendo riferimento alla formula precedente ed essendo $n_D "A"$ una costante nota (prisma di misura), si può porre $A=K$; pertanto:

$$\frac{n_{DB}}{n_{DA}} = \text{sen } \alpha_L \quad n_{DB} = K * \text{sen } \alpha$$

Individuando l'angolo limite si ottiene l'indice di rifrazione del prodotto in misura $n_D "B"$.

Nel rifrattometro digitale, tramite un componente elettronico accurata-



Fig. 5.29 - Rifrattometro di processo (Maselli Misure su impianto ADUE SpA).

mente selezionato (LED), viene creato un fascio luminoso il quale, attraverso un particolare sistema ottico, è inviato al prisma di misura, dove incontra il campione in analisi.

Sull'interfaccia fra il prisma ed il liquido, realizzandosi il fenomeno della riflessione, il fascio luminoso si divide in due parti; una si rifrange entro il campione disperdendosi e l'altra viene riflessa dal prodotto stesso, come se questo fosse uno specchio, secondo la legge fisica della riflessione totale precedentemente descritta, raggiungendo il sensore ottico di rilevamento immagine (CCD).

Analizzando l'immagine che il cono luminoso ha in questo punto si può constatare che esso è diviso in due parti; una fortemente illuminata ed una praticamente buia. La posizione della linea di separazione ombra-luce è direttamente proporzionale all'indice di rifrazione del prodotto in analisi.

La ricerca e la determinazione di questa linea viene effettuata a mezzo di un sensore ottico CCD, il quale è costituito da una serie di 2048 sensori d'immagine (pixel) posti ad una distanza di 15 micron l'uno dall'altro.

Costruzione dei rifrattometri digitali⁶

Il rifrattometro digitale è essenzialmente costituito da tre elementi:

- Due scatole a tenuta stagna contenenti la sezione elettronica e la sezione d'alimentazione.
- Un probe contenente il rilevatore ottico.

Tutto il monoblocco è realizzato in acciaio inossidabile, così come gli accessori atti all'inserimento in linea. Sulla parte anteriore della scatola (figg. 5.29, 5.30) contenente la sezione elettronica, sono montati: un frontale in poliestere attraverso il quale è possibile agire sui pulsanti di programmazione, un display a

⁶ Rif. Rifrattometro UR-15 della Maselli Misure S.p.A.

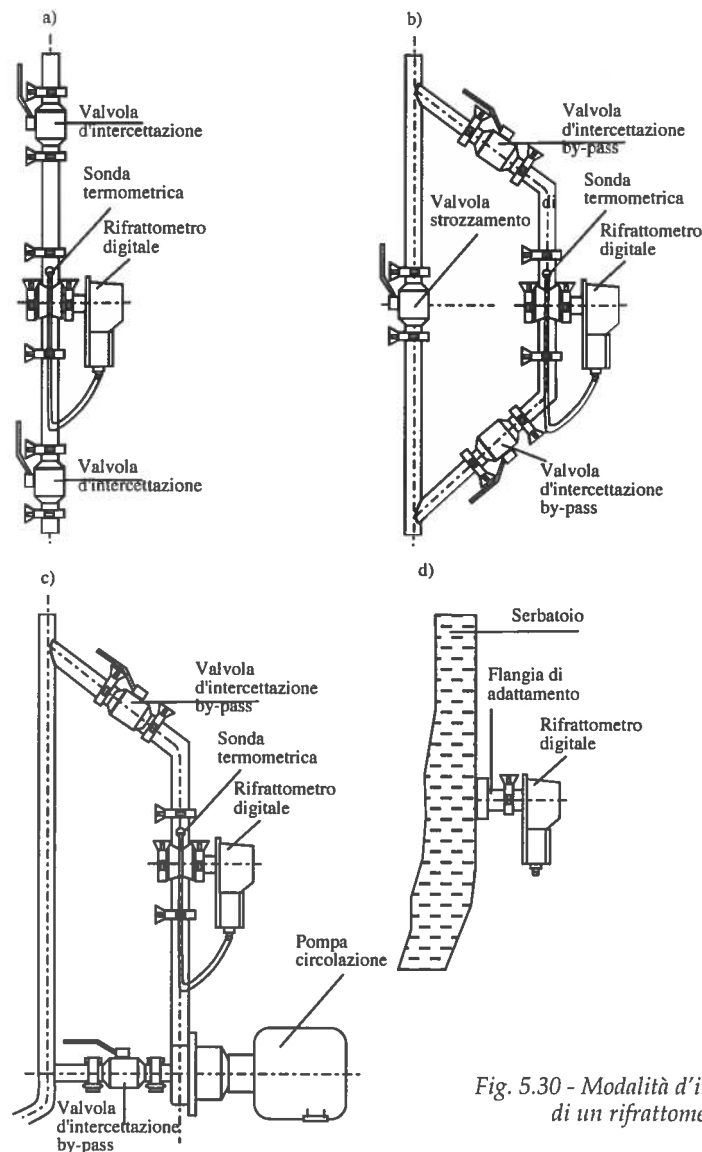


Fig. 5.30 - Modalità d'installazione di un rifrattometro.

cristalli liquidi LCD a 8 caratteri per la visualizzazione dei menù e dei valori misurati, e due LED di segnalazione. I collegamenti allo strumento sono eseguibili aprendo il coperchio di protezione della scatola ed agendo sui relativi morsetti.

Installazione dei rifrattometri digitali per il funzionamento in continuo

Il rifrattometro, essendo privo di parti in movimento e avendo un alto grado di protezione agli agenti esterni, può essere installato in qualsiasi parte dell'impianto; tuttavia per evitare inconvenienti e ottenere le massime prestazioni, occorre rispettare i suggerimenti sotto riportati:

- Evitare l'installazione nell'immediata prossimità di grosse pompe o turbine, che potrebbero creare vuoti di prodotto e alte turbolenze davanti al prisma di misura, compromettendo la stabilità della misura stessa.
- Evitare l'installazione in luoghi con forti vibrazioni: la sezione elettronica o ottica potrebbe subire a lungo termine delle avarie.
- Evitare che sostegni esterni, in contrapposizione al fissaggio del rifrattometro tramite il probe, provochino momenti torcenti alla struttura del monoblocco.
- Evitare che i raggi del sole, in caso di applicazioni all'aperto, colpiscano direttamente l'apparecchiatura; l'elevata temperatura ambiente tende a diminuire la durata dello strumento.
- Rispettare le distanze minime di agibilità, per permettere le eventuali operazioni di service o di calibrazione.
- Accertarsi che il prisma rimanga sempre coperto dal prodotto anche durante le soste di produzione. In caso contrario il velo residuo di liquido aderente al prisma può formare, essiccando, uno strato di deposito solido che non viene facilmente rimosso se non con una pulizia manuale.

L'installazione del rifrattometro può avvenire essenzialmente in quattro modi differenti (fig. 5.30):

- a. Direttamente sulla tubazione.
- b. In by-pass sulla tubazione con la circolazione garantita dall'effetto della differenza di pressione tra i punti di presa.
- c. In by-pass sulla tubazione o su un serbatoio con la circolazione garantita tramite una pompa.
- d. Direttamente sul serbatoio o su una boule.

Il montaggio diretto su tubazione è sconsigliato in quanto, anche se offre vantaggi economici nell'installazione, crea problemi di manutenzione notevoli; nel caso sia necessario intervenire e smontare lo strumento dalla linea, anche solo per effettuare una semplice pulizia del prisma, si deve interrompere la produzione. Questo tipo di montaggio prevede l'utilizzo di due valvole d'intercettazione utilizzate per isolare il rifrattometro dalla linea di produzione durante la sosta per intervento tecnico.

Il montaggio in by-pass senza l'ausilio di una pompa di circolazione è possibile solo quando il circuito può sopportare la perdita di carico determinata dal diaframma o dalla valvola di strozzamento posta sulla tubazione, necessaria per avere una circolazione ottimale di prodotto nel by-pass e quindi sul rifrattometro digitale. Questo tipo di installazione prevede il montaggio, oltre che della valvola di strozzamento, anche di due valvole d'intercettazione by-pass, per poter isolare il rifrattometro digitale dalla linea, permettendo di eseguire le operazioni di manutenzione e controllo senza interrompere la produzione.

Il montaggio in by-pass con l'utilizzo di una pompa di circolazione è senza dubbio il migliore, in quanto garantisce una portata e quindi una velocità di passaggio del prodotto sul prisma del rifrattometro costante e nota; è da considerare il più idoneo quando si vogliono raggiungere accuratissime di misura rilevanti. Anche in questo tipo di montaggio occorre prevedere le due valvole d'intercettazione da montare nel by-pass.

In quest'ultimo tipo di montaggio occorre garantire un ricambio continuo di prodotto davanti al prisma, evitando formazioni di ristagni in eventuali nic-

Caratteristiche tecniche:	
Limiti di misura	1.3330 nD - 1.5040 nD.
Ampiezza scala	min. 0.0070 nD (5 Brix). max. 0.1200 nD (85 Brix).
Precisione	0,3% del campo scala.
Ripetibilità	50% della precisione.
Linearità	50% della precisione.
Deriva	Nulla.
Compensaz. temp.	Automatica. Range liberamente impostabile entro le condizioni limite del fluido
Alimentazione	100-240 Vac/50-60 Hz.
Assorbimento	15 VA.
Fusibile	2 A 250 Vac (5x20)
Segnali uscita	0-5/1-5 mA su 2K ohm, 0-20/4-20 mA su 47ohm, 5-25 mA su 400 ohm separati galvanicamente. RS422-RS485.
Peso	6 Kg.
Grado di protezione	IP64.
Pressacavi	n°3 PG9 per cavi di diametro min. 4mm / max.8mm. n°1 PG11 per cavo di diametro min.5mm/ max.10mm. n°1 PG13.5 per cavo di diametro min. 6mm/max.12mm
Attacco	Tri-Clamp 3".
Condizioni limite del fluido:	
Temperatura	da -5 a +120°C.
Pressione	da -760 mmHg a 15 ate.
Materiali	
Parti a contatto col fluido di processo	Prisma in zaffiro sintetico Portaprisma in AISI 316. Guarnizioni VITON/TEFLON
Materiali non a contatto col fluido di processo	Acciaio Inox e poliestere

Tab. 5.XXII – Dati tecnici di riferimento di un rifrattometro digitale (UR-15 Maselli).

chie; occorre inoltre fare attenzione che raschiatori o agitatori non danneggino il prisma di misura. Per il montaggio diretto su serbatoio o su boule, occorre utilizzare una flangia di supporto, idonea a contenere il probe del rifrattometro.

5.5. BIBLIOGRAFIA

- Arrojo, S., Benito, Y. 2008 A theoretical study of hydrodynamic cavitation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15 (3), pp. 203-211.
- Asadi, M. 2007. *Beet-Sugar Handbook*.
- Balestrieri F., Marini D. 1996. *Metodo di Analisi Chimica dei Prodotti Alimentari*. Monolite Editrice.
- Behrend, O., Ax, K., Schubert, H. 2000. Influence of continuous phase viscosity on emulsification by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 7 (2), pp. 77-85.
- Bergamini A., Faedi W. 1983. *Monografia di cultivar di Melo*. Istituto Sperimentale per la Frutticoltura Roma Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste P. C. CORRERA, V. SILANO. 1996. *Alimenti e Bevande - Normativa*. EPC s.r.l.
- Bia O. 1992. *Tecnologia e impianti industriali saccariferi*. Eridania Béghin-Say, Gruppo Ferruzzi. Arti Grafiche Angassini. Genova.
- Dall'Aglio G., Lerici C.R., Zamorani A. 1996. *L'impiego delle Alte Pressioni nell'Industria Alimentare*. Stazione Sperimentale per l'industria delle Conserve Alimentari in Parma. Università degli Studi di Udine - CNR - RAISA.
- Della Strada G., Pennone F. 1989. *Monografia di cultivar di Albicocco*. Istituto Sperimentale per la Frutticoltura Roma Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste.
- Danckwerts, P.V. 1951 Significance of liquid-film coefficients in gas absorption. *Ind. Eng. Chem.*, 43 (6), pp. 1460-1467.
- Fellows A. 1988. *Food processing technology - Principles and Practice*. Ellis Horwood. London.
- Feng, H., Barbosa-Cánovas, G.V., Weiss, J. 2011 *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Kravtchenko, T.P., Renoir, J., Parker, A., Brigand, G. 1999. A novel method for determining the dissolution kinetics of hydrocolloid powders. *Food Hydrocolloids*, 13 (3), pp. 219-225.
- Hall C.W., Farrall A.W., Rippen A.L. 1986. *Encyclopedia of Food Engineering*. Second Edition AVI Publishing Company, Inc. Westport. Connecticut.
- Loncin M., Merson R. L. 1990. *Food Engineering - Principles and Selected Applications*. Academic Press. London.
- Marabi A., Mayor G., Raemy A., Bauwens I., Claude J., Burbidge A.S., Wallach R., Saguy I.S. 2007 *Solution calorimetry: A novel perspective into the dissolution process of food powders*. *Food Research International*, 40 (10), pp. 1286-1298.
- Mason T.J., Peters D. 2002. *Practical Sonochemistry: Power Ultrasound Uses and Applications*.
- Mckenna B.M. 1984. *Engineering and Food - Processing Applications*. Vol. 2 Elsevier Applied Science Publishers. London.
- Nagy S., Chen C.S., Shaw P.E. 1990. *Fruit Juice Processing Technology*. AG Science, Inc. Auburndale. Florida.
- Nelson P.E., Tressler D.K. 1980. *Fruit and Vegetable Juice Processing Technology*. Publishing Company, Inc. Westport. Connecticut
- Ottaviani F. 1996. *Microbiologia dei Prodotti di Origine Vegetale*. Istituto Lattiero Caseario e di Biotecnologie Agro-Alimentari. Chiriotti Editori, Pinerolo (TO).
- Pompei C., Barbieri R. 1978. *Tecnica delle Conserve Alimentari*. CLESAV
- N. N. Potter 1986. *Food Science*. AVI Publishing Company, Inc. New York.
- Nernst, W. 1904. *Theorie der reaktionsgeschwindigkeit in heterogenen systemen*. *Z. Phys. Chem.*, 47, pp. 52-55.
- Report on Soft Drinks Global Trends and Opportunities. 2007
- Rizzati L., Rizzati E. 1995. *Tutela Igienico Sanitaria degli Alimenti e Bevande e dei Consumatori*. Editrice Pirola.
- Rizzo R., 2005. *Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande*. Vol. 2 "Le bevande". Chiriotti Editori, Pinerolo (TO)
- Rizzo R., 2006. *Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande*. Vol. 5 "Le tecnologie di preparazione e imballaggio delle acque minerali e delle bevande". Chiriotti Editori, Pinerolo (TO).
- Safina G. 1986. *Produzione di puree e succhi di frutta*. Edagricole. Bologna.
- Secchi G. 1990. *I nostri alimenti*. Editore Ulrico Hoepli. Milano.
- Sun, D.-W. 2005. *Emerging Technologies for Food Processing*, p. 792. Elsevier Ed. ISBN: 978-0-12-676757-5
- Tateo F. 1978. *Analisi dei prodotti alimentari*. Chiriotti Editori, Pinerolo (TO).

Prima di diventare una realtà tangibile,
ogni fenomeno è in germe.
Il saggio ha molta cura dei germi.
Han Feizi

IL TRATTAMENTO IGIENICO DEI CONTENITORI: LAVATRICI, SCIACQUATRICI, STERILIZZATRICI

Premesso che per trattamento igienico dei contenitori a rendere o a perdere, in vetro o altro materiale, si intende "la successione delle operazioni di lavaggio, risciacquo e bonifica microbiologica, denominate nel loro complesso *sanitizzazione*", è bene precisare che sul piano industriale allo stato attuale dell'arte, gli unici contenitori a rendere effettivamente impiegati sono le bottiglie, mentre i flaconi e i vasetti con diametro di бага superiore a 40 mm sono da considerarsi contenitori e perdere.

Con i termini di lavaggio e sterilizzazione vengono correntemente indicate le operazioni che sotto l'aspetto igienico rendono i contenitori idonei all'imbottigliamento dei liquidi alimentari.

Un ciclo completo di lavaggio-sterilizzazione prevede le operazioni richiamate in **fig. 6.1**.



Fig. 6.1 - Il ciclo di lavaggio-sterilizzazione dei contenitori.

Per i contenitori a rendere viene realizzato il ciclo completo (anche se l'azione sterilizzante è affidata al lavaggio caustico e/o acido) mentre per i contenitori a perdere, di nuova fabbricazione ci si limita al risciacquo-sterilizzazione-risciacquo.

6.1. IL LAVAGGIO DELLE BOTTIGLIE E DEI CONTENITORI PRIMARI

Tra i problemi più delicati della tecnica del confezionamento in contenitori a rendere, in particolare nelle bottiglie in vetro riutilizzabili, vi è senz'altro quello del lavaggio e/o della loro sanitizzazione.

È un aspetto che necessita di ulteriori approfondimenti e studi perché nella pratica d'esercizio si è riscontrato che questa delicatissima operazione sovente non viene eseguita con sicura affidabilità sotto l'aspetto tecnico, chimico e biologico. D'altra parte bisogna riconoscere che la ricerca in questo campo, sia da parte dei costruttori di macchine, sia da parte delle industrie alimentari, è sensibil-

mente rallentata negli ultimi anni, in conseguenza del prepotente affermarsi dei contenitori polimerici a perdere.

Poiché sotto l'aspetto legale e tecnologico, un contenitore destinato agli alimenti deve offrire la massima garanzia di igiene e conservare inalterate per un prefissato periodo di tempo le qualità del prodotto confezionato, è necessario che con le operazioni di lavaggio siano eliminate con certezza dal contenitore tutte le impurità inquinanti e i microrganismi dannosi all'alimento e alla salute umana quali batteri, lieviti, muffe e germi patogeni.

Per quanto riguarda gli aspetti di mercato è il caso di ricordare che alcuni clamorosi procedimenti penali, che hanno visto e vedono tuttora coinvolte anche aziende di notevole prestigio, hanno indicato fino a quale punto il rispetto dei requisiti igienici dei prodotti alimentari confezionati sia importante per la credibilità dei fabbricanti e per il prestigio dei marchi sul mercato.

Per i prodotti confezionati, gli organi di tutela e controllo agiscono in base a precise normative¹ che devono essere assolutamente rispettate nella pratica industriale.

Non entreremo nel merito di polemiche vecchie e recenti sulla tollerabilità di una determinata flora batterica o sull'impossibilità di eliminarla totalmente dai prodotti confezionati, insistiamo però sull'obbligo da parte del produttore di assicurare l'assoluta assenza nel prodotto di germi e virus patogeni pericolosi per la salute umana e di microrganismi che potrebbero provocare nel tempo l'alterazione del prodotto.

Sotto questo aspetto i lieviti, anche in minima quantità, sono da considerarsi pericolosi per le bevande o per gli alimenti in matrice liquida contenenti zuccheri, altrettanto nocivi sono alcuni batteri acido-lattici.

Le muffe e la maggior parte dei batteri hanno solo un interesse generico e indiretto, in quanto le prime potrebbero non consentire di evidenziare la presenza dei lieviti, mentre un alto contenuto in germi porta a supporre anche la presenza di germi patogeni e di quelli nocivi al prodotto. Molte famiglie di batteri dell'acqua non sono sotto questi aspetti interessanti e la loro presenza, spesso inevitabile, è dovuta anche alle stesse acque di risciacquo delle bottiglie; essi di solito muoiono entro poco tempo nelle bevande contenenti anidride carbonica.

Sulla provenienza di germi in un contenitore lavato, è necessario distinguere tra i batteri sopravvissuti al processo di lavaggio (*flora residente*) e quelli ri-presentatisi in bottiglia dopo il lavaggio (*germi di reinfezione*).

All'eliminazione completa dei primi concorre l'efficacia dell'operazione di lavaggio-sterilizzazione, che dipende dal ciclo tecnologico, dalle macchine e dai prodotti usati per il lavaggio.

Il pericolo di reinfezioni può essere eliminato mediante un appropriato esercizio e una mirata manutenzione delle macchine di lavaggio e delle loro apparecchiature periferiche.

¹ Il DM 21/03/1973 e successive modifiche e/o integrazioni relativo alla disciplina igienica dei contenitori destinati a venire a contatto con gli alimenti. Il D.Lgs. n. 193 del 6/11/2007 in materia di vigilanza igienica su alimenti e bevande.

Il lavaggio delle bottiglie o flaconi in vetro² richiede un ciclo complesso che si articola sulle seguenti operazioni:

- svuotamento preliminare dei contenitori
- prerisciacquo interno ed esterno
- detersione caustica
- risciacquo neutralizzante
- detersione acida
- risciacquo caldo
- risciacquo tiepido
- risciacquo freddo
- risciacquo con acqua minerale e/o sterile
- sgocciolamento.

Sotto l'aspetto meccanico queste operazioni sono precedute dalla fase di *introduzione delle bottiglie* nella macchina e vengono concluse dalla fase di *scarico dei contenitori* sui nastri trasportatori che vanno al riempimento (fig. 6.2).

L'azione germicida delle soluzioni per il lavaggio delle bottiglie e dei flaconi

Il lavaggio delle bottiglie e dei flaconi richiede particolari precauzioni tecniche e appropriati composti per la preparazione delle soluzioni lavanti.

Tali composti, indicati impropriamente nel loro insieme con il nome di *detersivi*, devono avere le seguenti caratteristiche:

1. capacità di addolcimento dell'acqua,
2. potere bagnante e penetrante,
3. effetto emulsionante,
4. stabilità ed efficacia a temperature > 75 °C,
5. elevata causticità.

Le prime quattro caratteristiche sono di natura prevalentemente chimico-tecnologica e sono in diretta relazione con l'efficacia dell'effettiva azione germicida espletata dalla causticità.

A tal proposito sperimentati studi hanno dimostrato che la *causticità libera* presente nelle soluzioni per il lavaggio delle bottiglie è, in combinazione con la temperatura, l'unico mezzo per la distruzione dei batteri, fermenti e muffe che si trovano nei contenitori di ritorno dal mercato.

Questo è particolarmente importante, perché la quantità di soda caustica libera, che è il componente fondamentale dei detersivi, è l'effettivo indice dell'efficacia germicida della soluzione e la sua misura è un'inequivocabile indice del suo potere germicida.

Sperimentazioni particolarmente accurate e attendibili, riportate da un'accreditata e vasta letteratura sull'argomento, confermano che nelle condizioni di temperatura e di tempo di contatto impiegati comunemente nel lavaggio delle bottiglie, il potere germicida delle soluzioni caustiche con un tasso di causticità libera inferiore allo 0,5% è incapace di distruggere i microrganismi normalmente presenti.

² Nel seguito per indicare i contenitori in vetro si farà indifferentemente uso del termine "bottiglie" o "flaconi".

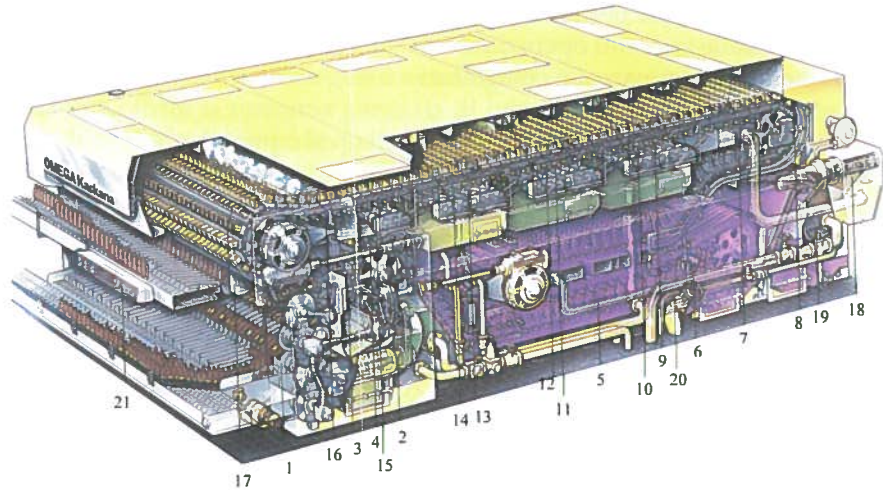


Fig. 6.2 - Macchina per il lavaggio delle bottiglie: funzionamento e fasi di pulizia.

1) Alimentazione delle bottiglie mediante elementi girevoli di plastica; 2) pre-ammollo prima del lavaggio e preriscaldamento delle bottiglie con procedimento in controcorrente in due tappe; 3) svuotamento delle bottiglie e conduzione della sporcizia all'esterno; 4) conduzione delle bottiglie nelle celle del I bagno, pre-ammollo, trattamento effettivo di pulizia e presentazione delle bottiglie; 5) I Bagno di pre-ammollo con un lungo trattamento in immersione; 6) I stazione: estrazione etichette, sotto al livello di bagno di soda con corrente di soda diretta; 7) II stazione di estrazione etichette al di sopra del livello del bagno di soda, corrente di soda diretta; 8) cambio di direzione e svuotamento delle bottiglie; 9) I stadio di spruzzatura all'interno; 10) inizio del risciacquo e del raffreddamento delle bottiglie; 11) II stadio di spruzzatura all'interno; 12) II stadio di doccia continua; 13) III stadio di spruzzatura all'interno; 14) III stadio di doccia continua; 15) spruzzatura interna con acqua fresca; 16) zona di sgocciolamento di bottiglie; 17) Scarico delle bottiglie mediante elementi rotativi in plastica; 18) cilindro di evacuazione etichette; 19) scambiatore per l'alimentazione di calore alla macchina; 20) scarico rapido della soda; 21) quadro comandi. (Holstein und Kappert Aktiengesellschaft - Dortmund).

A tal proposito si riporta la **tab. 6.I**, dalla quale appare evidente che una soluzione pura, allo 0,5% di causticità, è incapace di distruggere tutti i microrganismi presenti, anche dopo un tempo di contatto di 20'.

Tempo di contatto	Concentrazione NaOH						Tempo di contatto	Concentrazione NaOH + 10% latte						
	0	0,1	0,5	1	2	5		0	1	3	5	6	7	
1'	0	0	35	95	99	100	1'	0	15	100	100	100	100	
5'	0	0	97	99	100	100	5'	0	98	100	100	100	100	
10'	0	0	99	100	100	100	10'	0	100	100	100	100	100	
15'	0	0	99	100	100	100	15'	0	100	100	100	100	100	

Tab. 6.I - Percentuale di microrganismi distrutti rispetto al totale di quelli presenti.

Quando la soluzione è inquinata con il 10% di latte, l'attività germicida della soluzione contenente anche l'1% di causticità libera risulta notevolmente ridotta.

L'effetto germicida di soluzioni ottenute con tre diversi tipi di detersivi, a causticità dell'1%, 1,8%, 3%, è riportato nella **tab. 6.II**.

Prodotto	x			y			z		
Causticità %	1,0	1,8	3,0	1,0	1,8	3,0	1,0	1,8	3,0
Alcalinità totale %	1,02	1,84	3,06	1,02	1,84	3,06	1,27	2,29	3,80
kg/100 l di acqua	1,11	2,0	3,33	1,13	2,04	3,40	2,13	3,84	6,42
Tempo	Lieviti normali e selvaggi								
1'	+	+	-	+	+	-	+	S	-
3'	S	-	-	S	-	-	S	S	-
10'	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Spore di muffe								
1'	+	+	-	+	+	-	+	+	-
3'	+	S	-	S	+	-	+	+	-
10'	S	-	-	S	-	-	S	-	-
	Lieviti selvaggi - bastoncini - occhi - sarline								
1'	+	+	-	+	+	S	+	+	S
3'	S	-	-	+	S	-	S	S	-
10'	-	-	-	-	-	-	S	-	-

+) Crescita; S) Crescita debole; -) nessuna crescita.

Tab. 6.II - Potere germicida di tre diversi prodotti (x, y, z) per il lavaggio dei contenitori in vetro (T = 55 °C).

Si nota che soluzioni all'1% di causticità non danno soddisfacenti risultati se non con tempi di contatto estremamente lunghi (> 10') e che il composto z, pur presentando un'alcalinità molto alta rispetto al composto x e al composto y, non dimostra certamente un potere germicida più alto a parità di causticità.

La sola alcalinità di una soluzione non è in relazione proporzionale con il potere germicida della stessa. Infatti i tre fattori che influenzano l'efficacia germicida di una soluzione per il lavaggio delle bottiglie sono:

- La causticità libera;
- La temperatura;
- Il tempo di contatto.

Le soluzioni per il lavaggio delle bottiglie devono avere delle proprietà germicide equipollenti ad una soluzione al 2,16% di idrato di sodio a 55°C per un tempo di contatto di 5'.

La **tab. 6.III** indica le variazioni da apportare alla percentuale di soda caustica in rapporto alle variazioni di temperatura e del tempo di contatto, per realizzare quanto raccomandato.

Temperatura	43,5	49	55	60	67	71
Tempo di contatto	Concentrazione di NaOH (%)					
1'	11,80	7,90	5,30	3,50	2,40	1,60
3'	6,40	4,30	2,90	1,90	1,30	0,90
5'	4,80	3,20	2,16	1,40	1,00	0,60
7'	4,00	2,70	1,80	1,20	0,80	0,50
9'	3,50	2,30	1,60	1,00	0,70	0,50
11'	3,10	2,10	1,40	0,90	0,60	0,40
13'	2,80	1,90	1,30	0,80	0,60	0,40
15'	2,60	1,70	1,20	0,80	0,50	0,30

Tab. 6.III - Potere battericida delle soluzioni caustiche.

Se il bagno lavora a 55 °C e il tempo di contatto è di 3' anziché di 5', è necessario aumentare la concentrazione della soluzione al 2,9% di causticità anziché al 2,16%. Viceversa, per un tempo di contatto di 5' a temperatura di 60 °C, la concentrazione può essere ridotta all'1,4% ottenendosi lo stesso risultato germicida.

È evidente l'eccezionale importanza della temperatura sul potere sterilizzante delle soluzioni di lavaggio: per ogni 5,5 °C di diminuzione della temperatura, è necessario aumentare del 50% la percentuale di causticità per ottenere lo stesso risultato; viceversa per ogni aumento della temperatura di 5,5 °C la concentrazione caustica può essere diminuita del 33% conservando lo stesso potere germicida.

6.1.1. Il lavaggio meccanico delle bottiglie e dei flaconi in vetro

Il lavaggio dei contenitori di vetro a rendere o a perdere nelle industrie alimentari avviene meccanicamente con il controllo computerizzato di tutti i parametri che possono influire sulla pulizia/sterilizzazione delle bottiglie. Gli elementi e le circostanze che possono influenzare il lavaggio sono:

- ♦ *La durezza dell'acqua impiegata nel lavaggio.* La presenza di carbonati, bicarbonati, solfati di calcio e di magnesio determina più o meno rapidamente la formazione di incrostazioni all'interno delle macchine lavabottiglie. Le incrostazioni pregiudicano il rendimento dello scambio termico tra serpentine di riscaldamento e soluzioni di lavaggio, con conseguente dispendio

di energia; provocano il blocco e l'intasamento delle pompe, delle tubazioni di circolazione delle soluzioni, degli ugelli di spruzzatura e dei filtri, determinando in definitiva una sensibile riduzione dell'efficienza del lavaggio. Gli organi mobili delle lavatrici, a causa delle incrostazioni, si appesantiscono notevolmente e diventano meno scorrevoli, provocando un anomalo assorbimento di energia da parte dei motori principali di traino e degli azionamenti. In taluni casi i motori possono andare fuori servizio per gli spunti di potenza particolarmente elevati richiesti in avvio.

La durezza dell'acqua influenza negativamente anche il comportamento biochimico delle soluzioni e quindi l'efficienza del lavaggio, cosa questa ben più grave delle precedenti in ordine al fine prefissato.

Queste difficoltà possono essere superate mediante un trattamento dell'acqua di lavaggio che ne abbassi la durezza temporanea intorno ai 10 °F, ossia additivando alle soluzioni opportuni prodotti ad elevato potere "sequestrante". L'acqua non deve contenere ferro o ossidi di ferro in quantità superiori a 0,5 p.p.m.

- ♦ *La formazione di schiuma.* All'interno delle macchine automatiche è piuttosto frequente che durante il lavaggio, a causa della saponificazione che avviene tra i grassi contenuti nei residui di sporco e gli alcoli degli imbibenti contenuti nelle colle e negli inchiostri di stampa delle etichette, si abbia formazione di saponi alcalini, che per effetto dell'energico sbattimento impresso dalla circolazione naturale e forzata delle soluzioni, portano ad una rapida formazione di schiuma.

Le conseguenze di questo fenomeno sono:

- continui debordamenti di soluzione dagli sfiori di "troppo pieno" dei bagni, con apprezzabili perdite di detersivo;
- le pompe sono soggette ad aspirare aria con conseguenti colpi d'ariete che portano rapidamente allo squilibrio delle giranti e alla loro rottura;
- la formazione di schiuma, abbassando notevolmente la pressione effettiva della soluzione all'uscita degli ugelli di spruzzatura, ne riduce l'efficacia meccanica di lavaggio;
- viene compromesso il corretto funzionamento del sistema di espulsione delle etichette, con la conseguenza che gran parte di esse ristagna a lungo nelle soluzioni "spappolandosi". Questo spappolamento, oltre a creare ulteriori problemi alla spruzzatura, contribuendo notevolmente le fibre di carta ad intasare gli ugelli spruzzatori, favorisce ulteriormente la formazione di schiuma;
- la schiuma in molti casi può invadere la macchina, passando da una sezione all'altra di questa con trasporto di agenti inquinanti di natura chimica e batteriologica. In queste circostanze l'igiene e la pulizia della macchina sono totalmente ed irrimediabilmente compromesse per cui, dopo tale fenomeno, essa deve essere accuratamente pulita e sanificata. Non è possibile eliminare totalmente la formazione di schiuma; essa tuttavia può essere ridotta al minimo, mediante un'appropriata costruzione della macchina e l'adozione di efficaci antischiomogeni da additivare alle soluzioni.

- ♦ *Le etichette.* Si è accennato in precedenza al fatto che le etichette staccate dalle bottiglie devono sostare nelle soluzioni di lavaggio il minor tempo possibile, per evitare che le soluzioni alcaline ad alta temperatura le sfibrino (per effetto della solubilizzazione della cellulosa che conferisce alla carta consistenza e tenacia).

La poltiglia generata, oltre agli inconvenienti già indicati, rappresenta un agente fortemente inquinante che viene trasportato dai bagni caustici a quelli di risciacquo. Essa degrada rapidamente le soluzioni di lavaggio elevando a limiti intollerabili il B.O.D. delle acque di scarico, il cui trattamento diventa estremamente oneroso. Per evitare il fenomeno dello spappolamento è necessario che la macchina sia dotata di dispositivi di estrazione delle etichette particolarmente efficienti e sia progettata in modo da non consentire una sosta prolungata delle etichette nei bagni caustici e il loro trasporto da parte degli organi mobili della lavatrice (cestelli e barre portacestelli) da una sezione all'altra della macchina.

6.1.2. Il ciclo di lavaggio

Per *ciclo di lavaggio* si intende la successione di operazioni cui vengono sottoposti i contenitori perché siano resi idonei al riempimento sotto il profilo igienico ed estetico.

Indipendentemente dalle modalità di esecuzione, queste operazioni devono essere eseguite in successione e con modalità assolutamente rigorose.

Si considerino le condizioni medie in cui si trova un contenitore di ritorno dal mercato: presenza di "sporcizia" interna ed esterna, abbigliaggio con due o più etichette, depositi salini interni lasciati da acque fortemente mineralizzate o da parti solide del cibo contenuto.

Per eliminare questi materiali e queste sostanze si impone per prima lo svuotamento dei contenitori, in quanto i residui liquidi o solidi eventualmente contenuti potrebbero inquinare le soluzioni di lavaggio. Successivamente è necessario un prelavaggio con sola acqua in circuito aperto per asportare polvere, sabbia, residui superficiali interni o esterni non fortemente aderenti alle superfici. Si procederà poi al distacco delle etichette o di altri materiali di abbigliaggio, quindi si passa alla fase di sterilizzazione, cui seguirà un primo risciacquo per eliminare completamente dalla bottiglia eventuali tracce delle soluzioni di lavaggio e un secondo risciacquo con agenti sterilizzanti. La pulizia si concluderà con un risciacquo finale con acqua potabile o con lo stesso liquido da imbottigliare.

Un prolungato sgocciolamento finale garantirà, infine, l'assenza in bottiglia di residui liquidi³.

Le soluzioni lavanti e sterilizzanti normalmente impiegate sono a base di idrossido di sodio; tuttavia il trattamento completo di bottiglie con residui salini e calcarei prevede, subito dopo il primo risciacquo che segue al trattamento alcalino, un lavaggio acido cui seguirà un altro risciacquo prima di quelli finali.

Circa le modalità di esecuzione e i parametri fisici e chimici, caratterizzanti

³ L'acqua o il liquido del risciacquo finale potrà essere presente in tracce nella bottiglia lavata (0,1+0,33 cc in una bottiglia da un litro).

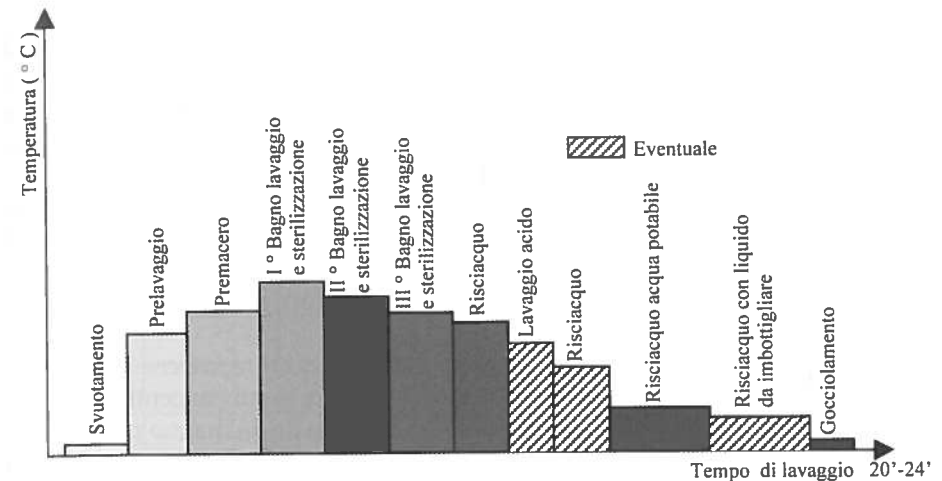


Fig. 6.3 - Istogramma di lavaggio.

il ciclo di lavaggio, essi dipendono dal tipo di macchina impiegato, dalle caratteristiche delle bottiglie da trattare, dalla qualità dell'acqua di lavaggio, dalla composizione dei detersivi usati e dalla composizione delle etichette.

Il ciclo di lavaggio è completamente definito da un grafico del tipo di **fig. 6.3**, detto appunto *istogramma di lavaggio*.

Riferendoci al tipo di lavatrice più comune, ossia quello "a tunnel" con immersione e spruzzatura, per i contenitori di ritorno l'istogramma precedente può essere ulteriormente definito.

In queste macchine (**fig. 6.2**) avviene dapprima lo svuotamento delle bottiglie da eventuali residui, indi un prelavaggio con acqua alla temperatura di circa 45° per evitare al vetro uno shock termico troppo violento, sebbene sbalzi anche sensibili di temperatura in salita non sollecitino il vetro eccessivamente⁴.

Il contatto della bottiglia con l'acqua di prelavaggio dura circa 30", dopodiché si ha lo svuotamento e il passaggio nel 1° bagno di immersione o di *premacero*, dove avviene il distacco della maggior parte delle etichette e inizia il lavaggio vero e proprio.

La causticità di questo bagno non deve essere molto elevata se si vuole evitare lo spappolamento delle etichette, sulle cui conseguenze già si è detto, attesa la temperatura molto elevata della soluzione (80 °C) e l'entità del tempo di contatto in genere superiore a 2'.

⁴ Questa precauzione diventa indispensabile durante i periodi più freddi dell'anno, allorché le bottiglie vuote sono immagazzinate all'aperto e possono avere una temperatura iniziale di alcuni gradi sotto lo zero. In tali condizioni il contatto istantaneo con soluzioni a temperatura superiore ai 40 °C comprometterebbe fatalmente l'integrità di un gran numero di bottiglie. Molto più pericolosi sono invece gli shock termici in discesa: normalmente un salto termico di raffreddamento di 25°C è da considerarsi già un limite molto spinto.

In uscita da questo macero, prima che avvenga lo svuotamento completo, si inietta uno spruzzo violento (2÷2,5 atm) di soluzione caustica all'interno della bottiglia per accoppiare all'azione chimico-fisica una energica azione meccanica.

Con questo sistema in effetti viene ripreso il vecchio concetto alla base del lavaggio manuale, la cui efficacia era affidata principalmente alla raschiatura meccanica della superficie interna della bottiglia, fatta con appositi scovolini.

La temperatura di questi spruzzi è più elevata di quella del bagno, essendo la soluzione ad essi destinata riscaldata direttamente da uno scambiatore di calore in controcorrente.

La durata della spruzzatura è di circa 2,5 sec, corrispondente al cosiddetto *tempo di scatto*.

Al 1° bagno di macero segue una seconda spruzzatura interna della bottiglia con soluzione sodica del secondo bagno di macero, la cui concentrazione varia dall'1% al 3%, mentre la temperatura è eguale a quella del bagno precedente.

Dopo la spruzzatura, i contenitori vengono immersi in questo secondo macero dove si completa l'asportazione delle etichette e prosegue il lavaggio e la sterilizzazione interna dei contenitori.

In uscita questi subiscono un'ulteriore spruzzatura di soluzione per facilitare l'asportazione di eventuali residui solidi ancora aderenti alle pareti. A tale macero possono seguirne altri (normalmente fino ad un massimo di 5), se si desidera spingere ulteriormente la pulizia ed essere certi del distacco e dell'asportazione di etichette particolarmente tenaci e resistenti. Variano in questo caso le concentrazioni delle soluzioni e le relative temperature, entrambe decrescenti.

All'uscita dall'ultimo macero i contenitori sono sottoposti ad un'ulteriore spruzzatura con soluzione dello stesso macero, ma a temperatura leggermente inferiore.

Segue poi una spruzzatura con acqua non additivata, a temperatura di 20÷25°C inferiore a quella degli ultimi spruzzi alcalini, una immersione in questa stessa acqua, indi delle spruzzature interne ed esterne con acqua ancora tiepida, ma a temperatura inferiore alla precedente.

Il lavaggio si completa con una spruzzatura interna ed esterna con acqua potabile e infine con l'eventuale aspersione con il liquido da confezionare.

Il ciclo si completa con un prolungato sgocciolamento finale dei contenitori. Il ciclo di lavaggio di una macchina è caratterizzato dal diagramma temperatura-tempo di **fig. 6.4**.

La fase acida del lavaggio

Le soluzioni alcaline, anche se nella maggioranza dei casi sono in grado di assicurare un'adeguata pulizia dei contenitori, non sono idonee ad asportare concrezioni calcaree, tracce di alcune vernici, residui solidi di vino, latte, aceto, e comunque sostanze non attaccabili da soluzioni caustiche. In questi casi è necessario perciò anche un lavaggio acido.

In relazione alle modalità di esecuzione, il problema presenta due aspetti: uno concerne le concrezioni calcaree interne e, più in generale, tutti i residui aderenti alle superfici interne dei contenitori, l'altro i residui esterni.

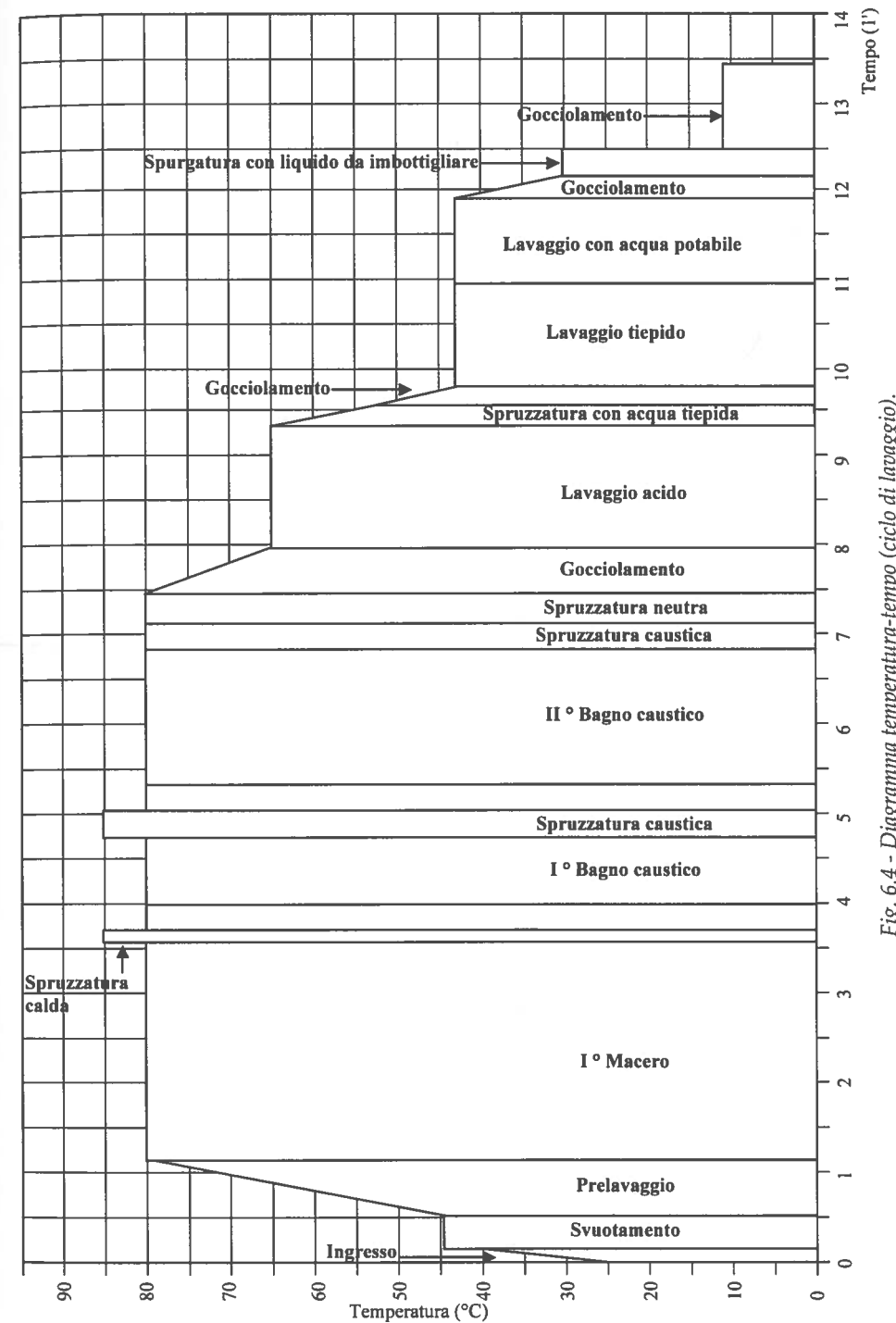


Fig. 6.4 - Diagramma temperatura-tempo (ciclo di lavaggio).

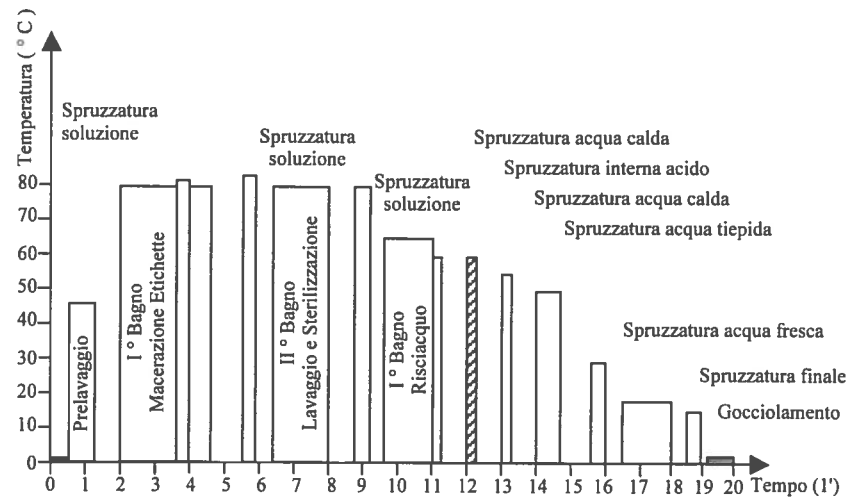


Fig. 6.5 - Diagramma tempo-temperatura di una macchina sezione acida.

Naturalmente l'aspetto più preoccupante, anche in ordine all'igienicità del prodotto è il primo, specialmente per i contenitori di tipo unificato per acqua minerale e bevande.

È noto che l'Italia, ed in genere tutti i paesi ad analoga conformazione geologica, è particolarmente ricca di sorgenti mineralizzate; queste acque, naturalmente gassate o addizionate di anidride carbonica, allorché perdono parte del gas naturalmente contenuto, lasciano precipitare parte dei sali disciolti che si raccolgono sul fondo e sulle pareti laterali delle bottiglie in corrispondenza della superficie limite del liquido, con formazione dei cosiddetti "anelli calcarei". Queste concrezioni non asportate al lavaggio, tendono a sciogliersi di nuovo nell'acqua di successivo riempimento, in percentuale tanto più elevata quanto maggiore è la concentrazione di CO₂ nell'acqua.

Tali concrezioni, oltre ad alterare le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua, cosa che già da sola ne consiglia l'asportazione, rappresentano un ottimo supporto per corpuscoli e batteri. Prove specifiche in tal senso sono state portate da vari ed approfonditi test eseguiti su numerosi campioni prelevati tra le bottiglie di ritorno dal mercato.

La quantità di bottiglie e flaconi con questi residui si aggira intorno al 10% di quelli di ritorno dal mercato. Già per linee di media potenzialità, scartare al controllo visivo o elettronico una quantità così elevata diventa estremamente difficile dal punto di vista operativo e molto oneroso sotto l'aspetto economico. La frequenza dello scarto inoltre compromette l'efficacia dell'ispezione sia da parte del personale di controllo sia da parte delle macchine elettroniche.

La soluzione più conveniente è il trattamento acido, da eseguirsi però come fase intermedia del ciclo di lavaggio.

Si potrebbe a questo punto pensare ad un lavaggio per immersione completa della bottiglia in un'apposita vasca, immediatamente successiva alle vasche di lavaggio alcalino.

Questa soluzione, in via teorica ineccepibile, all'attuazione pratica comporta un onere tale nella costruzione della macchina (che dovrebbe essere tutta in acciaio inox) e nella sua gestione, che si preferisce eseguire il solo lavaggio acido interno della bottiglia mediante spruzzatura e talvolta della sola boga anche esternamente.

Quando una macchina è dotata di sezioni acide il diagramma temperatura-tempo diventa quello di fig. 6.5.

Osserviamo che il lavaggio acido è preceduto da un risciacquo della bottiglia per immersione in acqua tiepida e che il tempo di contatto del contenitore con l'acido non supera i 12 secondi.

Il prerisciacquo con acqua neutra impedisce una rapida neutralizzazione della soluzione acida per l'inevitabile trasporto di soluzione sodica dal bagno precedente, mentre il tempo di contatto è fissato dalla velocità di reazione tra l'acido e i residui salini (spessori dell'ordine di 10 μ possono dissolversi dopo 2÷3 s di contatto con acido nitrico al 3÷6%).

Per contenitori con residui esterni di calce, vernice, ecc., o residui interni di elevato spessore, è necessario il trattamento acido completo che viene fatto con macchine apposite.

6.1.3. Gli impianti di lavaggio bottiglie e contenitori in vetro

Un impianto per il lavaggio delle bottiglie di ritorno è configurato come in fig. 6.6.

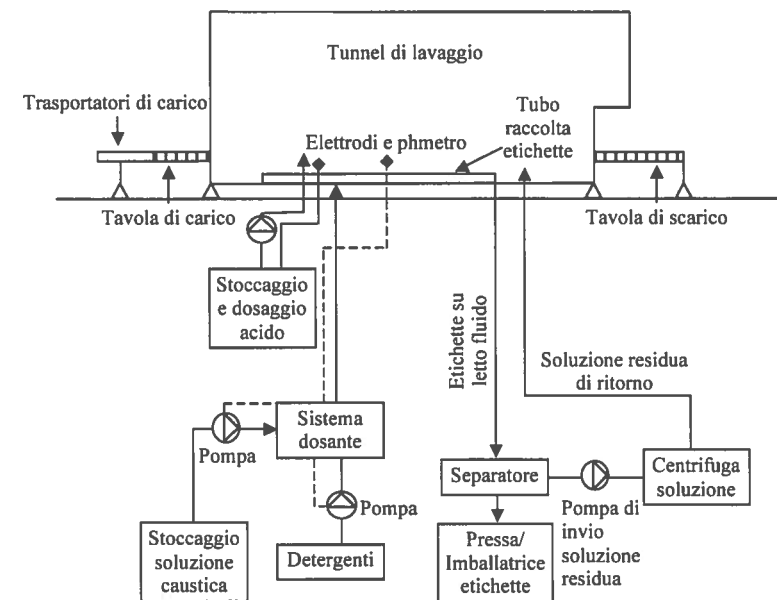


Fig. 6.6 - Impianto lavaggio bottiglie e contenitori in vetro.

Esso consta di una macchina di lavaggio che si compone di tre sezioni: carico bottiglie, tunnel di lavaggio e scarico bottiglie, e di quattro unità periferiche:

1. unità di stoccaggio e dosaggio soda caustica e detergenti;
2. unità di stoccaggio e dosaggio soluzione acida;
3. unità di raccolta e pressaggio etichette;
4. unità di centrifugazione e trattamento soluzioni alcaline.

Questi impianti si semplificano notevolmente quando i contenitori di vetro (o di altro materiale adatto a questi cicli di lavaggio) sono a perdere, in quanto non sono più necessarie la sezione di lavaggio acido, l'unità di trattamento delle soluzioni alcaline, l'unità di raccolta e pressaggio etichette.

6.2. LE MACCHINE LAVABOTTIGLIE

La tecnica del lavaggio automatico delle bottiglie risale agli anni '50, anche se nel volgere di un periodo relativamente breve (circa 30 anni) subì una rapidissima evoluzione. Negli ultimi decenni la ricerca e lo sviluppo di questa tecnologia sono stati fortemente frenati dal diffondersi delle bottiglie di plastica a perdere.

Agli albori dell'imbottigliamento come pratica industriale, le bottiglie venivano lavate manualmente e questo sistema, per quanto possa sembrare singolare, ancora oggi viene seguito per il recupero di bottiglie particolarmente contaminate da depositi di natura organica.

Questa tecnica consiste nell'immergere le bottiglie in recipienti contenenti la soluzione detergente, strofinandole esternamente con spugnette ed internamente con appositi scovolini. Successivamente esse vengono risciacquate con acqua corrente, indi capovolte per alcuni minuti per eliminare con lo sgocciolamento le tracce d'acqua interne ed esterne⁵.

Un primo passo verso il lavaggio meccanico fu rappresentato dalle macchine a macerazione, costituite da un tamburo rotante immerso per metà nella soluzione detergente e provvisto di apposite sedi nelle quali venivano inserite le bottiglie. Al termine di una rotazione completa la bottiglia veniva prelevata e risciacquata manualmente⁶.

Questo sistema, anche per produzioni limitate, richiedeva molto tempo e notevole impiego di manodopera, perché per avere sufficiente sicurezza sulla pulizia interna della bottiglia, il lavaggio doveva essere completato con uno spazzolamento interno della bottiglia, anch'esso manuale.

I detersivi usati dovevano possedere un elevato potere di penetrazione e di dispersione, tale da rimuovere le più comuni contaminazioni di natura organica. La concentrazione in soluzione di tali prodotti variava dallo 0,5 all'1%, a seconda delle condizioni operative e della temperatura dell'acqua.

La completa meccanizzazione del lavaggio avvenne con le lavatrici rotati-

⁵ Nei periodi di particolare carenza di vetro sul mercato, la necessità del "recupero" dei contenitori di ritorno ha "costretto" molte aziende a ritornare ad una pratica in voga 50 anni prima.

⁶ Cfr. R. Rizzo. *La tecnica dell'Imbottigliamento*. Vol. II. Chiriotti Editori. 1976. Pinerolo (TO).

ve, mentre il lavaggio meccanico automatico è stato introdotto con le lavatrici a tamburo e perfezionato con le lavatrici a tunnel o a catena.

6.2.1. Le lavatrici rotative

Queste lavatrici (fig. 6.7), adatte per piccole produzioni, sono ancora installate presso industrie di bevande, acque gasate, vini, oli e liquori di modeste dimensioni.

Esse sostanzialmente sono costituite da due vasche: una per la soluzione di lavaggio ed una per il risciacquo tiepido (40÷45°C). Il lavaggio avviene per spruzzatura interna ed esterna con canne fisse munite di ugelli, disposte radialmente in corrispondenza delle due vasche ed alimentate con pompe centrifughe di riciclo.



Fig. 6.7 - Macchina lavatrice rotativa.



Fig. 6.8 - Alveolo di acciaio o plastica.

Gli alveoli, ossia i supporti delle bottiglie, sono di tipo aperto (fig. 6.8) e sono fissati su un "piatto" girevole con moto continuo o a scatti mediante manovellismi. Nel suo insieme la macchina è schematizzata in fig. 6.9. L'arco di funzionamento della macchina, corrispondente ad un giro completo, è formato da quattro settori o zone (fig. 6.10). Nel primo settore di 60° avviene l'immissione manuale delle bottiglie, nel secondo le iniezioni detergenti, nel terzo il risciacquo con acqua tiepida, nel quarto il prelievo delle bottiglie o dei flaconi lavati.

Poiché il lavaggio avviene per sola spruzzatura, se non vengono usate adatte soluzioni, nella macchina si genera una notevole quantità di schiuma, che influisce negativamente sull'efficienza del lavaggio che pure, in condizioni normali, non è completamente soddisfacente.

6.3. LE LAVATRICI A TUNNEL

Sono queste le macchine tecnicamente più evolute che, con l'elevato grado di automatismo raggiunto, hanno determinato una svolta decisiva nelle tecniche di imbottigliamento dei contenitori in vetro a perdere e a rendere. Esse, all'elevata affidabilità di funzionamento, accoppiano una spinta igienicità delle bottiglie lavate. Inoltre possono fornire delle rese elevatissime, potendo raggiungere produzioni orarie superiori a 150.000 bottiglie.

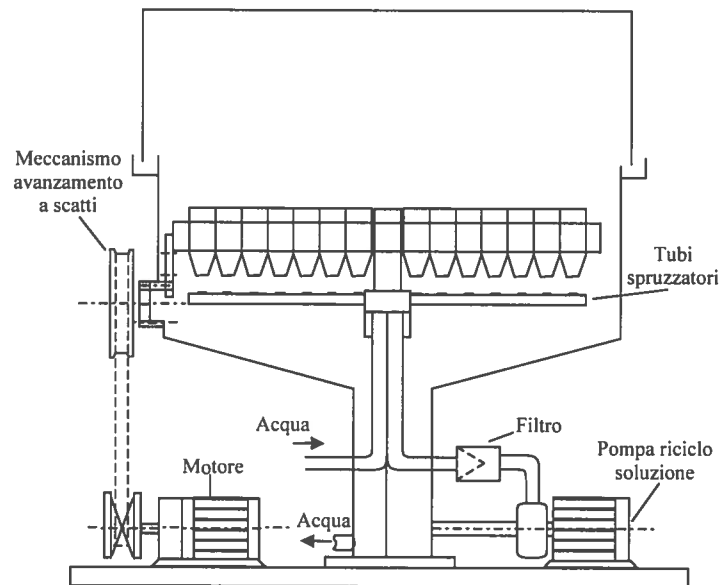


Fig. 6.9 - Schema di funzionamento di una lavatrice rotativa.



Fig. 6.10 - Settori di una lavatrice rotativa.

Dal punto di vista costruttivo si possono distinguere due tipologie fondamentali di macchine a tunnel:

- Con carico e scarico delle bottiglie sullo stesso fronte (*lavatrici single-end*);
- Con carico e scarico su due fronti opposti (*lavatrici double-end*).

Rispetto al ciclo di lavaggio si distinguono in:

- lavatrici a ciclo alcalino;
- lavatrici a ciclo misto alcalino e acido.

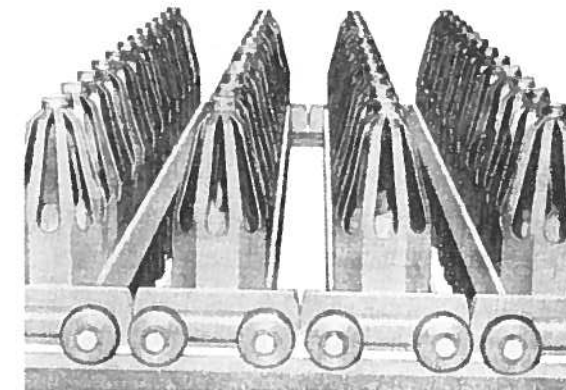


Fig. 6.11 - Movimento delle barre a spinta.

Indipendentemente dalla tipologia, tutte le lavatrici a tunnel sono costruite in modo che alla fase di macerazione (immersione diretta della bottiglia nella soluzione), sia abbinata l'azione combinata chimica e meccanica della spruzzatura a pressione.

La loro denominazione di *lavatrici a tunnel* è dovuta al fatto che le bottiglie compiono il loro ciclo di lavaggio in cestelli di plastica o acciaio ancorati a *barre portacestelli*, il cui movimento avviene su guide fissate alle due fiancate laterali della macchina. Il movimento delle barre può essere a spinta (fig. 6.11) o mediante catene (fig. 6.12), cui le barre sono ancorate alle estremità; questo ultimo sistema è il più adatto per macchine di elevatissima potenzialità.

A parte le distinzioni fatte tra i vari tipi di lavatrici a tunnel, poiché i principi di funzionamento sono gli stessi, affronteremo per prima la descrizione di queste macchine riferendoci alle single-end a solo lavaggio alcalino.

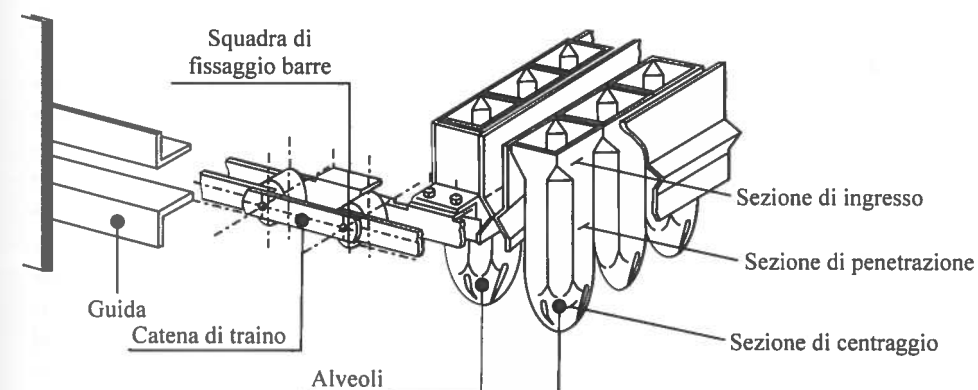


Fig. 6.12 - Movimento delle sbarre a catena.

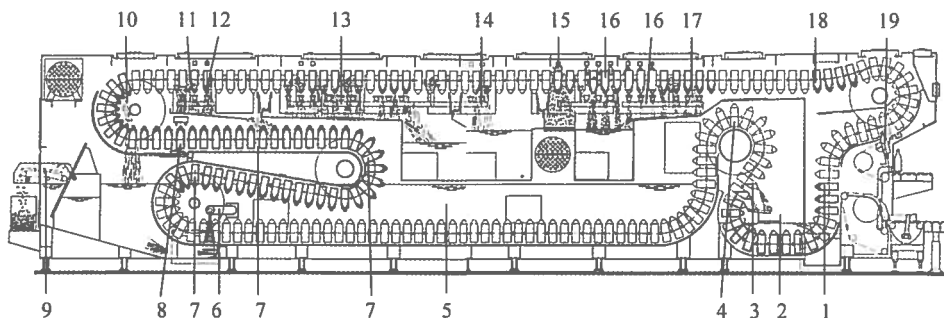


Fig. 6.13 - Lavatrice single end (sezione longitudinale).

1) Carico delle bottiglie. 2) Ammollo preliminare. 3) Svuotamento (con scarico verso l'esterno). 4) Convogliamento verso il bagno caustico. 5) Ammollo. 6) Spruzzo inferiore di soluzione (1° stadio lavaggio a spruzzo). 7) Ulteriore azione della soluzione nell'interno delle bottiglie e irrorazione. 8) Spruzzo (2° stadio lavaggio a spruzzo). 9) Scarico etichette. 10) Svuotamento e deviazione. 11) Spruzzo ad alta pressione di soluzione 1 surriscaldata. 12) Spruzzo pulsante ad alta pressione di soluzione 1. 13) Spruzzo pulsante ad alta pressione di soluzione 2. 14) Spruzzo ad alta pressione di soluzione 3 (immissione di fosfato). 15) Spruzzo intermedio di acqua calda. 16) Spruzzo pulsante di acqua calda. 17) Spruzzo pulsante di acqua fredda. 18) Zona di gocciolamento. 19) Scarico bottiglie.

6.3.1. Le lavatrici single-end

Una lavatrice single-end è rappresentata in sezione nella **fig. 6.13**, dalla quale possono evidenziarsi le fasi di trattamento. Introdotte in macchina, le bottiglie dopo lo svuotamento subiscono un macero preliminare il cui scopo è quello di asportare lo sporco grossolano e gli eventuali residui di bevande, per evitare che il primo macero possa essere in breve tempo degradato da agenti particolarmente inquinanti come oli minerali, solventi organici, vernici e simili. Il liquido del bagno di premacero, perché non diventi un pericoloso focolaio di infezioni, viene ricambiato totalmente ad ogni *ciclo di macchina*⁷. La vasca, debitamente sifonata rispetto agli altri scomparti della macchina, è alimentata dall'alto dallo sgocciolamento di acqua fresca di risciacquo delle bottiglie in uscita e dall'acqua degli spruzzi caldi intermedi, aventi in soluzione residui di soda caustica.

Nel premacero viene raggiunta un'uniformità pressoché totale di temperatura tra bottiglie, cestelli, barre portacestelli e catena principale di traino, e le bottiglie subiscono il primo salto termico in salita, che permette di mantenere sufficientemente elevata la temperatura del primo bagno caustico (macero), anche con bottiglie a temperatura iniziale molto bassa, quali possono essere quelle stivate all'aperto ed esposte a temperature particolarmente rigide d'inverno.

Poiché l'alimentazione di questo bagno viene fatta con acqua di recupero degli ultimi risciacqui, esso non introduce significativi incrementi nei consumi specifici di acqua o calore, anzi produce un significativo saving. All'uscita dal bagno il contenuto delle bottiglie viene raccolto in un'apposita bacinella che lo

⁷ Il ciclo di macchina è il tempo di trattamento totale della bottiglia, dall'ingresso all'uscita dalla macchina.

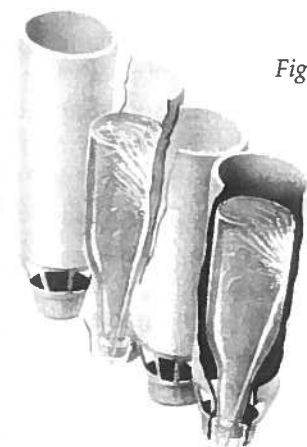


Fig. 6.14 - Cestelli portabottiglie.

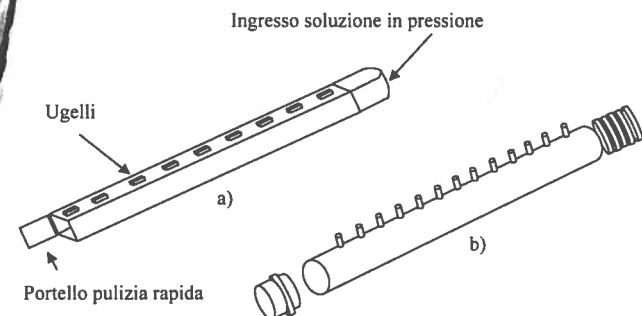


Fig. 6.15 - Collettori con ugelli spruzzatori. a) a sezione quadrata; b) a sezione circolare.

convoglia direttamente all'esterno. Dopo lo sgocciolamento, le bottiglie passano nel primo bagno di macero, dove, mediante un percorso ad omega della catena di traino delle barre portacestelli, si realizza un prolungato trattamento di lavaggio e macero delle etichette.

A seconda delle esigenze di esercizio e dell'effetto battericida che si desidera conseguire, la temperatura della soluzione oscilla tra i 65 °C e i 70 °C.

Il distacco delle etichette avviene essenzialmente per diluizione della colla e viene agevolata da un'energica azione meccanica (spruzzatura o corrente d'acqua) in immersione poco prima dell'uscita delle bottiglie dal bagno. Tale azione meccanica continua con una doppia spruzzatura in emersione, prima dell'ultimazione del trattamento con la soluzione di primo macero, per le etichette più tenaci.

La posizione di questi spruzzi è condizionata dalla necessità di farli agire dopo un congruo periodo di ammollo delle etichette e dal fatto che le etichette comunque devono essere asportate dalle bottiglie in prossimità del dispositivo di estrazione dalla macchina, in modo che il loro tempo di permanenza nella soluzione sia ridotto al minimo con minori possibilità di spappolamento.

Per facilitare l'espulsione delle etichette è opportuno che le bottiglie siano investite dagli spruzzi o dalla corrente di soluzione dall'alto verso il basso: i cestelli portabottiglie devono perciò essere dotati superiormente di feritoie (**fig. 6.14**).

Le bottiglie in uscita dal bagno subiscono poi un rovesciamento che le dispone nella posizione più adatta per il lavaggio a spruzzo (**fig. 6.15**).

La prima spruzzatura avviene ad alta pressione con la soluzione del ba-

gno che la precede, ma a temperatura più elevata, perché viene convogliata in uno scambiatore in controcorrente ad una temperatura di circa 10 °C superiore a quella del bagno.

Questo ulteriore aumento di temperatura migliora l'effetto del lavaggio, principalmente ai fini della sterilizzazione.

La spruzzatura ad alta pressione con soluzione riscaldata è seguita da una spruzzatura pulsante, con soluzione a 65÷85 °C ossia quella del bagno, diretta all'interno e in parte all'esterno della bottiglia.

Termina a questo punto il trattamento con soluzione del primo bagno ed inizia quello con soluzione del secondo bagno⁸.

Il raffreddamento delle bottiglie, iniziato già nel secondo stadio della spruzzatura del primo bagno, continua con la prima spruzzatura ad alta pressione del secondo bagno.

In questo secondo bagno, almeno nel tipo di lavatrice riportata nel disegno, si ha il solo lavaggio per spruzzatura, in quanto la pulizia delle bottiglie, relativamente alla rimozione dello sporco più grossolano, può ritenersi conclusa nel primo macero: qui ci si basa essenzialmente sull'azione meccanica degli spruzzi per eliminare piccole, ma tenaci residui ancora aderenti al vetro.

Poiché la degradazione e l'inquinamento di questo bagno sono molto bassi, a termine lavoro parte di esso può essere utilizzato per reintegrare il primo bagno di macero.

La pulizia vera e propria della bottiglia dopo il secondo bagno caustico può ritenersi sostanzialmente conclusa; tuttavia la presenza di un terzo bagno caustico, anch'esso alimentante esclusivamente spruzzi, rappresenta un'ulteriore sicurezza igienica ai fini del lavaggio, permettendo nel contempo di realizzare un salto termico in discesa. Se la durezza dell'acqua di lavaggio è elevata, questo bagno può essere usato come primo risciacquo caldo, additivando all'acqua sequestranti o altri prodotti adatti a neutralizzare i residui di soda caustica e a ridurre così pericolose precipitazioni calcaree nelle successive zone di risciacquo caldo e tiepido.

Concluso il trattamento alcalino, inizia il trattamento di risciacquo con una spruzzatura intermedia di acqua calda che dà avvio al raffreddamento finale delle bottiglie.

L'acqua per questa spruzzatura viene prelevata dal successivo bagno come flusso parziale della pompa dell'acqua calda che viene riscaldata attraverso uno scambiatore di calore inserito nel bagno di macero alcalino.

La funzione principale di questa spruzzatura è di asportare il più possibile i residui di soda caustica ancora aderenti alle bottiglie, agli alveoli, alle barre portalveoli e alle catene, e di ridurre al minimo i trascinamenti nel bagno dell'acqua calda.

Dopo la spruzzatura l'acqua, inquinata da tracce di soluzione viene convogliata, mediante una bacinella di raccolta, direttamente al bagno di prerisciacquo.

La spruzzatura intermedia è seguita da una spruzzatura pulsante con acqua calda, consistente nel lanciare per breve tempo nelle bottiglie, attraverso

⁸ Con il termine "bagno" è indicata la soluzione o l'acqua contenuta in una vasca.

ugelli a grande sezione, elevate quantità di acqua a pressione, talché l'impulso abbia una forza appena inferiore a quella necessaria a sollevare la bottiglia dalla sua sede. In questo modo non solo il fondo della bottiglia viene interessato nella maniera più energica possibile, ma una grande quantità di liquido riempie, intervallata da spazi di aria, l'intera bottiglia in brevissimo tempo. Il getto penetra attraverso il liquido che tende a fuoriuscire dalla bottiglia, producendo una turbolenza molto forte che favorisce notevolmente il risciacquo della superficie interna della bottiglia.

Il risciacquo della bottiglia, e quindi il ciclo di lavaggio, si conclude con una spruzzatura di acqua potabile corrente, che per altro porta la temperatura della bottiglia a valori prossimi a quella ambiente.

Questi spruzzi sono alimentati ad intermittenza e l'erogazione avviene allorché la boga della bottiglia si trova perfettamente centrata sull'ugello, a macchina in movimento, per evidenti motivi di efficacia e di economia.

La spruzzatura con acqua fredda è seguita da una lunga zona di sgocciolamento, per minimizzare il residuo liquido nella bottiglia che va al riempimento.

A tal proposito, per l'imbottigliamento di acque minerali, anche in assenza di una precisa normativa, è consigliabile dotare la macchina di una serie di spruzzi finali, alimentati con la stessa acqua da imbottigliare.

Ricordiamo che è molto importante, ai fini del corretto riempimento dei liquidi gasati, che la temperatura delle bottiglie in uscita dalla lavatrice sia inferiore o eguale alla temperatura ambiente. Anche ai fini igienici il fatto riveste notevole importanza, perché nelle bottiglie a temperatura superiore a quella ambiente si ha un richiamo di aria esterna durante il trasferimento dalla lavatrice alla riempitrice, dovuto all'insorgere di moti convettivi dell'aria (fig. 6.16).

L'aria ambiente, anche se opportunamente trattata, può rappresentare un veicolo di reinfezione della bottiglia, per altro difficilmente controllabile⁹.

6.3.2. Bilancio termico del ciclo di lavaggio

Lo scambio termico per il riscaldamento delle soluzioni alcaline e dell'acqua di risciacquo, avviene in scambiatori in controcorrente inseriti nella stessa macchina. Il flusso di calore, trasmesso alla soluzione del primo bagno di macero si distribuisce nella macchina come mostrato in fig. 6.17.

La soluzione prelevata dal primo macero, dopo il riscaldamento, ritorna nel bagno dove cede il calore necessario ad elevare la temperatura della catena, degli alveoli, delle bottiglie e delle barre provenienti dal bagno di premacero.

Nel primo bagno di macero è immersa anche la serpentina di riscaldamento della soluzione del secondo bagno caustico.

Il terzo bagno viene riscaldato mediante serpentine immerse nel secondo bagno, mentre l'acqua calda è ottenuta a mezzo di uno scambiatore dove circolano in controcorrente acqua e soluzione del terzo bagno. In fig. 6.17 sono indi-

⁹ La possibilità di reinquinamento ambientale dei contenitori pronti al riempimento consigliano di installare il segmento di impianto che va dalla lavatrice al monoblocco di riempimento in un ambiente "igienicamente protetto".

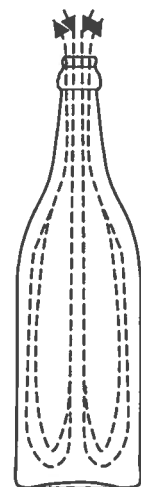


Fig. 6.16 - Moti convettivi dell'aria all'interno delle bottiglie.

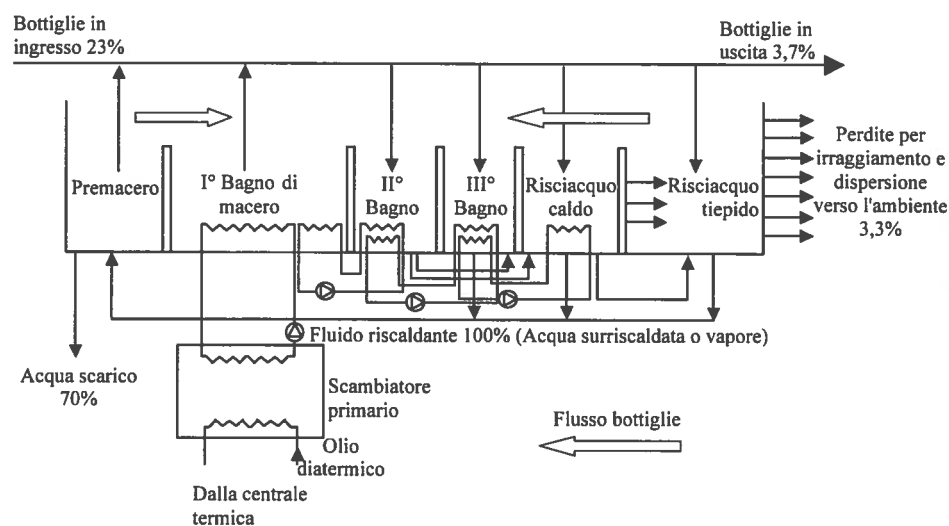


Fig. 6.17 - Distribuzione dei flussi di calore in una lavabottiglie.

cate anche le perdite per irraggiamento ed evaporazione, che in alcuni punti della macchina non possono essere completamente eliminate. Esse dipendono dalle condizioni ambientali e possono essere piuttosto elevate in ambienti freddi e ventilati.

Il premacero introduce una notevole economia sotto l'aspetto energetico per l'impossibilità di recuperare in modo diverso parte del calore (circa il 75%) che andrebbe direttamente allo scarico.

La regolazione della temperatura dei bagni è fatta automaticamente con una valvola pneumatica inserita sul circuito del vapore o dell'acqua surriscaldata che alimenta lo scambiatore di calore: essa è comandata da un termostato inserito nel primo bagno di macero; le altre temperature vengono regolate di conseguen-

za. Questo sistema di regolazione, che per la sua semplicità soddisfa senz'altro le esigenze di una macchina ad un solo bagno di immersione, non è adatto a macchine a maceri multipli. In tal caso è opportuna l'installazione di uno scambiatore per ogni zona¹⁰, ciascuno fornito di un proprio sistema di regolazione dello scambio.

Solo con questo sistema è possibile controllare correttamente il ciclo termico delle lavatrici a bagni multipli.

Il ciclo termico tipo delle macchine di lavaggio è riportato in fig. 6.18, con tempi di trattamento dipendenti essenzialmente dal tipo di bottiglia, dalle sue caratteristiche di abbigliamento, dalla climatologia della zona di ubicazione della fabbrica.

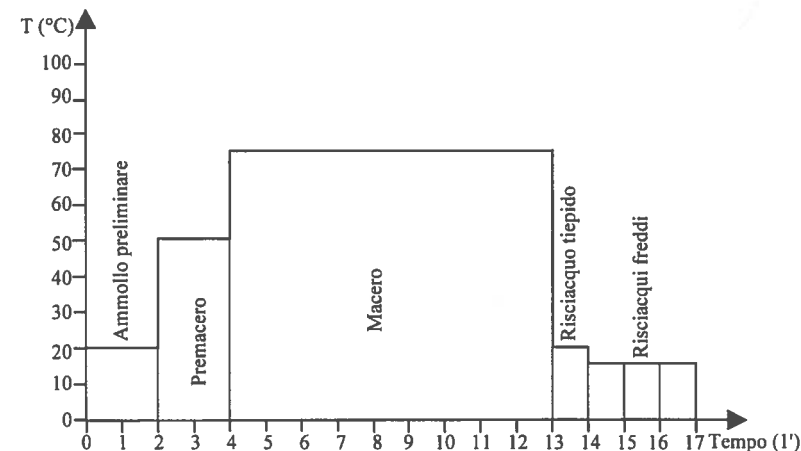


Fig. 6.18 - Ciclo termico di una lavatrice.

Con riferimento al ciclo di fig. 6.18, caratteristico delle macchine inserite in impianti di media-grande potenzialità, il bilancio termico, riferito a un'ora di funzionamento, può così formularsi:

♦ Calore fornito attraverso le serpentine di riscaldamento da 1,1 t/h di vapore	= + 600.000 kcal
♦ Dispersione termica verso l'esterno ad una temperatura ambiente di 17°C ¹	= - 20.000 kcal
♦ Calore asportato dall'acqua di scarico della macchina ²	= - 420.000 kcal
♦ Calore asportato dalle bottiglie ³	= - 140.000 kcal
Differenza	Δ = + 20.000 kcal

¹ Temperatura media delle pareti 25 °C, coefficiente di adduzione medio pareti e tetto macchina 6,0 kcal/m² h °C, superficie efficace di scambio termico 350 m².

² Portata d'acqua 22 m³/h, temperatura acqua in ingresso 13 °C, temperatura acqua in uscita 32 °C.

³ 30.000 bott./h; massa della bottiglia 0,5 kg; calore specifico vetro 0,6 kcal/kg °C; incremento medio di temperatura delle bottiglie 15 °C.

¹⁰ Intendendosi per "zona" l'insieme di bagni alla stessa temperatura.

Questa differenza di 20.000 kcal è da imputarsi a varie cause minori, tra le quali si ricordano il calore asportato dallo scarico delle etichette, le perdite per evaporazione dalle vasche, i ponti termici tra macchina e basamento.

In conclusione, per le operazioni di lavaggio delle bottiglie può considerarsi un fabbisogno medio di 20 kcal per ogni bottiglia da un litro.

6.3.3. Il circuito idraulico

Per utilizzare al meglio l'acqua di lavaggio, la quantità immessa è regolata in modo da essere eguale a quella impiegata nell'ammollo preliminare. Si può ritenere in questo modo che non si verifichino sprechi, perché tutta l'acqua corrente immessa compie il seguente ciclo:

- a) spruzzatura fredda,
- b) riscaldamento e spruzzatura calda,
- c) spruzzatura intermedia,
- d) ammollo preliminare.

I volumi delle soluzioni dei bagni caustici dovrebbero mantenersi costanti, vale a dire che la stessa quantità di acqua immessa ad inizio di lavorazione, dovrebbe essere scaricata all'esaurimento delle soluzioni. In realtà il fenomeno cospicuo di trasporto di massa porta ad una progressiva diluizione della concentrazione del premacero da parte dell'acqua di preammollo ed, in generale, all'aumento della concentrazione dei bagni meno caustici da parte dei precedenti più caustici. Lasciando questo fenomeno incontrollato, in capo ad un certo numero di ore di lavoro, dipendente dalle caratteristiche costruttive e dalla conformazione della macchina, si avrebbe un progressivo livellamento delle concentrazioni e contemporaneamente un abbassamento delle stesse. A ciò si ovvia intervallando i vari bagni con zone di sgocciolamento il più possibile ampie e progettando opportunamente gli organi mobili della macchina.

Poiché anche con questo sistema è possibile solo ridurre, ma non eliminare, il trasporto di liquido, i bagni devono essere frequentemente controllati sia in volume sia in concentrazione per procedere con rapidità al ripristino delle condizioni iniziali. Ciascun bagno inoltre deve essere fornito di controllo di livello e di sfioro di troppo pieno.

6.3.4. Il funzionamento meccanico

Sotto l'aspetto meccanico una lavatrice a tunnel può ritenersi costituita da tre sezioni:

- carico bottiglie,
- cassone centrale,
- scarico bottiglie.

Le bottiglie, trasportate da nastri a cerniera (table-top), vanno ad un tavolo di accumulo mobile con senso di marcia verso le barre portalveoli. La disposizione casuale in ingresso al tavolo di accumulo, mediante divisori, opportunamente

disposti, fissi o dotati di moto oscillante con piccola ampiezza, viene trasformata in disposizione per fila in corrispondenza degli scivoli di ingresso (fig. 6.19).

Determinante per la continuità di funzionamento della macchina è la distanza e tra bottiglia e scivolo di ingresso, da tenersi la più grande possibile per facilitare la fuoriuscita di frammenti di vetro, etichette ed altri corpi estranei che potrebbero costringere le bottiglie ad assumere una posizione non corretta, compromettendone la stabilità nella fase di avanzamento sugli scivoli.

L'avanzamento può essere realizzato in vari modi; tuttavia nelle costruzioni più recenti, con molto successo anche sul piano pratico, è stato introdotto quello rappresentato in fig. 6.19.

Esso avviene mediante arpioni che descrivono un percorso ellittico. Al momento del contatto tra arpioni di carico e bottiglie ferme sul tavolo di accumulo, la velocità degli arpioni è minima per ridurre le sollecitazioni al vetro.

Il moto degli arpioni è perfettamente sincronizzato con quello delle catene portacestelli mediante una camma con opportuno profilo; in caso di incastri di bottiglie, o comunque di sforzi anomali nell'avanzamento delle stesse, agisce una frizione che con l'ausilio di finecorsa di sicurezza arresta immediatamente la macchina.

Le bottiglie, introdotte nei cestelli, passano quindi nel cassone centrale della macchina dove avviene il lavaggio.

Strutturalmente esso è costituito da una carcassa autoportante in lamiera di acciaio realizzata con elementi prefabbricati, divisa internamente in vari scomparti, ciascuno costituente un bagno. Per gli scomparti interni vengono impiegate lamiere di piccolo spessore (max 3 mm) non sollecitate meccanicamente e con la sola funzione di contenimento di acqua o soluzione.

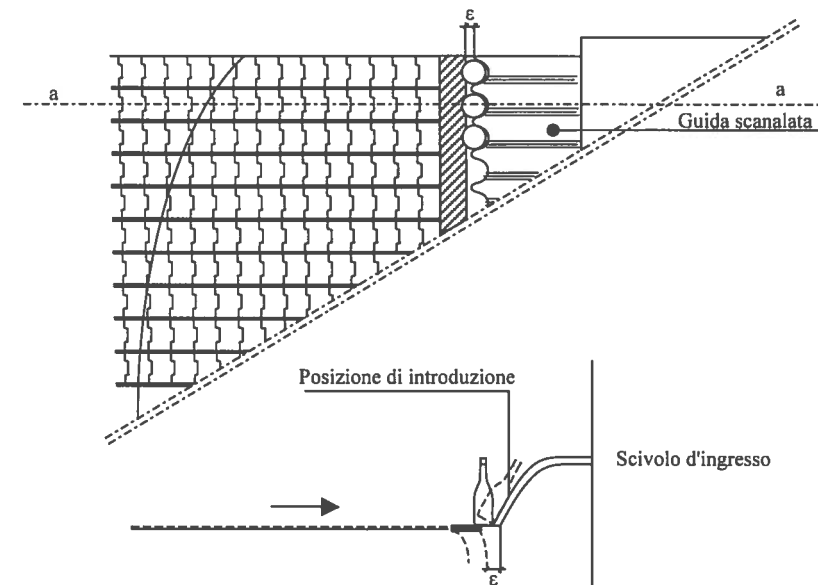


Fig. 6.19 - Tavolo di accumulo e sistema di carico in lavatrice.

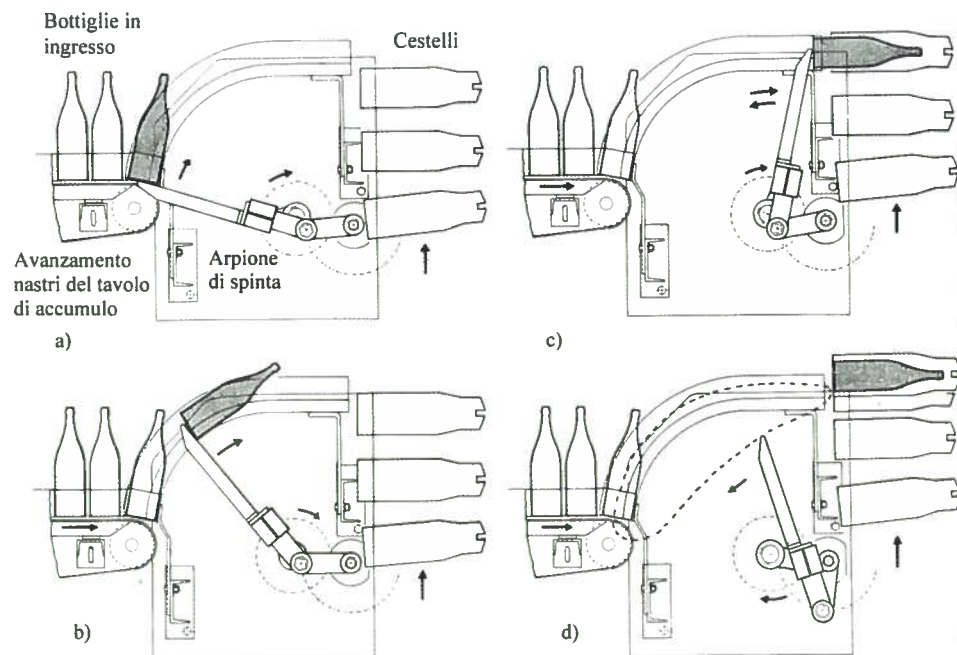


Fig. 6.20 - Sistema di ingresso bottiglie nei cestelli della lavatrice.

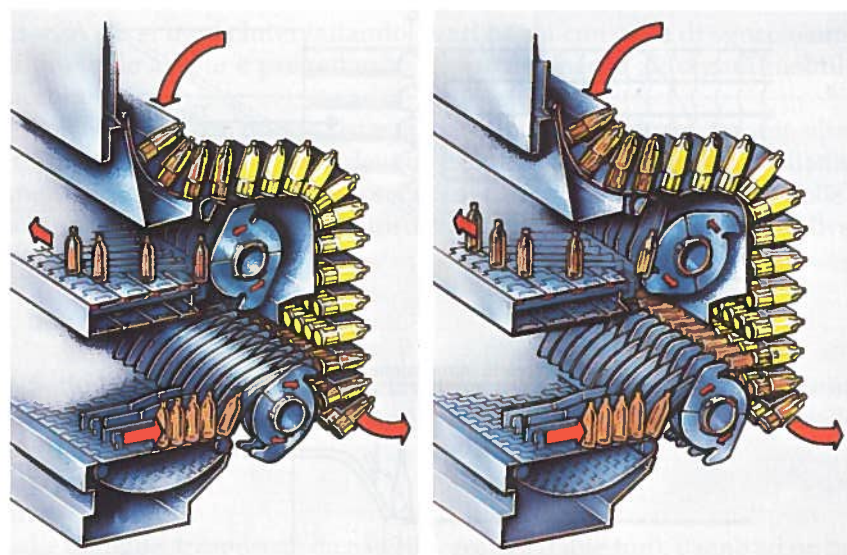


Fig. 6.21 - Realizzazione pratica di ingresso bottiglie mediante arpioni a movimento ellittico.

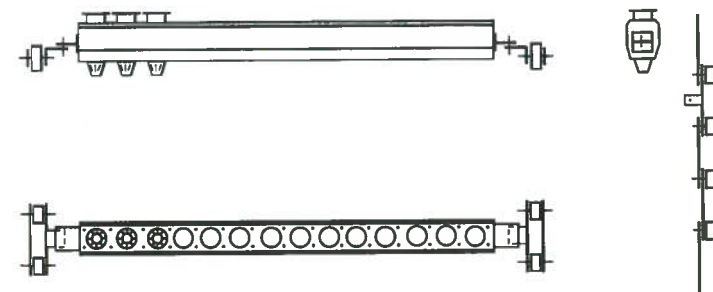


Fig. 6.22 - Barre portacestelli.

Riferendoci alla fig. 6.18, sulle due fiancate laterali della carcassa sono saldate le guide di avanzamento delle catene portacestelli, ricavate da profilato piatto a forte spessore (15÷20 mm), sagomate secondo le necessità del ciclo di trattamento.

Per i tratti rettilinei è prevista la sola guida inferiore, mentre per i tratti curvi esiste anche la guida superiore che non permette eventuali sovrapposizioni di maglie.

Le due catene sono collegate tra loro dalle *barre portacestelli* (fig. 6.22) ad esse ancorate, essendo imbullonate a supporti saldati alle maglie delle catene.

La rigidità di tali barre deve essere molto elevata per contenere in limiti accettabili le deformazioni a flessione longitudinali o trasversali. Ad esse viene dato un particolare profilo tronco-conico che, pur consentendo un alleggerimento notevole, mantiene molto elevato il momento d'inerzia della sezione rispetto ai due assi.

Esse sono costruite in lamiera di acciaio al carbonio o inox (18/8) sulle quali, prima della formatura, per tranciatura, sono ricavati i fori di alloggiamento degli alveoli.

Questi, normalmente costruiti in polietilene (raramente in acciaio), possono essere di tipo aperto o di tipo chiuso; la differenza tra i due consiste in una serie di scanalature praticate secondo le generatrici nella parte conica per facilitare il lavaggio esterno della bottiglia e, in alcuni tipi di macchine, l'espulsione delle etichette.

Molto si è discusso in passato circa il materiale con cui dovevano essere costruiti gli alveoli: i primi furono costruiti in acciaio perché non erano disponibili materiali che offrirono resistenza e indeformabilità alle concomitanti sollecitazioni termiche e meccaniche cui il cestello è sottoposto durante il ciclo di lavaggio.

Il polipropilene (ma anche il polietilene) nel campo delle temperature di esercizio delle lavatrici (0÷90 °C) si comporta egregiamente e attualmente è preferito all'acciaio, rispetto al quale, oltre alla facilità di lavorazione (stampaggio o estrusione) offre il vantaggio della leggerezza, qualità tanto più apprezzata quanto maggiori sono le dimensioni delle macchine. Basti pensare che esistono macchine con oltre 500 travi portacestelli, ciascuna con 50 alveoli, e il rapporto in peso tra alveoli di acciaio ed in plastica a parità di dimensioni è di 4 a 1.

Altri vantaggi derivanti dall'impiego di materiali plastici sono: minimo trascinarsi di liquido per la bassa bagnabilità, ridotte incrostazioni per la pressoché perfetta levigatezza delle superfici interne ed esterne che sono un pessimo supporto per concrezioni di qualsiasi natura. La levigatezza stessa della superficie interna ed esterna dei cestelli facilita molto l'asportazione e l'espulsione delle etichette.

Il polietilene resiste molto meglio dell'acciaio ad attacchi di agenti chimici quali acidi, disincrostanti, sanificanti e simili.

Il fissaggio degli alveoli alle barre avviene con bulloni e perni saldati alla barra, o con coppie di plastica con perni di plastica secondo lo schema di fig. 6.23.

L'azionamento delle catene portacestelli e dei cinematismi del carico e dello scarico delle bottiglie viene fornito da un unico motore a velocità variabile (in genere idraulico o asincrono alimentato da inverter). Il sincronismo tra carico, scarico e catene è di tipo meccanico.

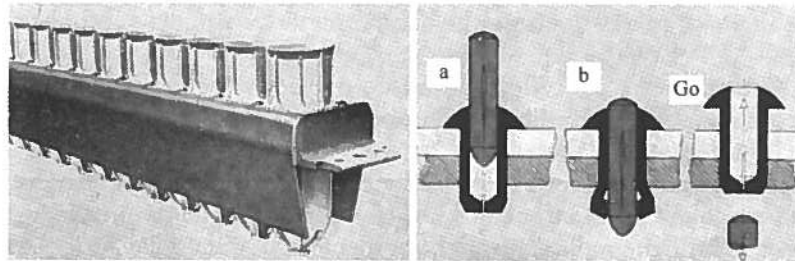


Fig. 6.23 - Fissaggio degli alveoli.

Uno schema dei cinematismi, abbastanza esplicativo, è quello di fig. 6.24.

Il motore principale, che per piccole macchine è un asincrono trifase pilotato da inverter, trasmette il moto ad un riduttore a ingranaggi (talvolta attraverso una puleggia espansibile con campo di variazione $1 \div 1/3$). Da questo, mediante catene, viene azionato il carico, lo scarico e la coppia di ruote principali per l'avanzamento delle catene delle barre portacestelli (fig. 6.25).

La seconda coppia di ruote, in corrispondenza dell'altra ansa delle catene, è azionata direttamente dal riduttore principale con alberi a snodo che trasmettono il moto al riduttore a vite senza fine dell'albero delle ruote.

L'allungamento delle catene portacestelli, causato dall'usura dei perni e dei rulli, è compensato con tenditori a vite che agiscono su una coppia di ruote di rinvio. La compensazione è indispensabile perché l'allungamento, che per catene fabbricate con materiali non idonei o non opportunamente trattati può raggiungere valori anomali del 3%, può compromettere il buon funzionamento meccanico della macchina per effetto dei conseguenti strisciamenti degli alveoli sulle guide fisse interne. In queste condizioni l'operazione di lavaggio, a causa della sfasatura che interviene tra ugelli dei tubi spruzzatori e alveoli, risulta insoddisfacente.

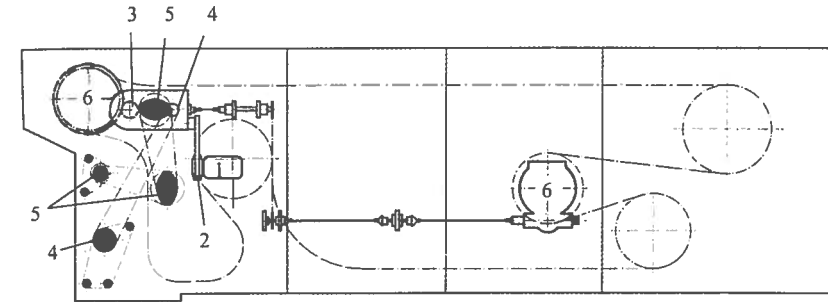


Fig. 6.24 - Azionamenti di una lavatrice single-end: 1) Motore di comando, 2) Trasmissione a cinghia, 3) Riduttore principale, 4) Ruote motrici per il carico bottiglie, 5) Ruote motrici per lo scarico bottiglie, 6) Azionamento catena di trascinamento celle per bottiglie.

Nelle realizzazioni più recenti il movimento delle canne per la spruzzatura interna delle bottiglie è sincronizzato con il movimento delle catene per mezzo di pioli di avanzamento.

Il sincronismo può essere ottenuto anche con servomeccanismi pneumatici o elettrici. Forti riserve si esprimono su questi ultimi, perché la centratura risulta incerta a causa della progressiva sfasatura nei tempi di intervento provocata dall'usura degli organi di comando e dagli incontrollabili allungamenti e deformazioni della catena al variare del regime termico della macchina.

Un centraggio perfetto e certo nel tempo può essere ottenuto solo sincronizzando meccanicamente il movimento di ciascuna serie di canne (carri-spruzzo) con la stessa catena portacestelli.

In questo modo si raggiunge lo scopo importantissimo che il solo aggiustaggio iniziale fissa definitivamente nel tempo la posizione relativa dei due organi mobili: barra portacestelli e carri-spruzzi. Un sistema che realizza meccanicamente il sincronismo è esemplificato in fig. 6.26.

Il carrello dei tubi spruzzatori è incernierato in alto all'estremità sinistra ed è appoggiato in basso, mediante un rullo, ad un pantografo; il carrello può muoversi così in senso trasversale, azionato dai piolini solidali con la catena attraverso la stella (1). Quando il carrello spruzzatore (2) ha raggiunto il suo massimo

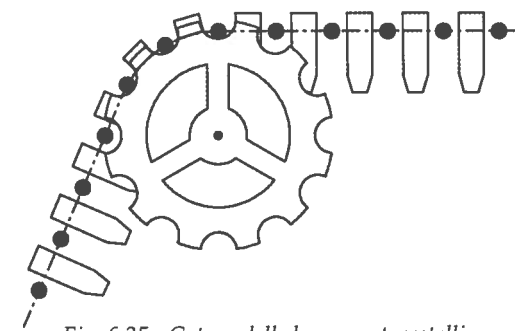


Fig. 6.25 - Catene delle barre portacestelli.

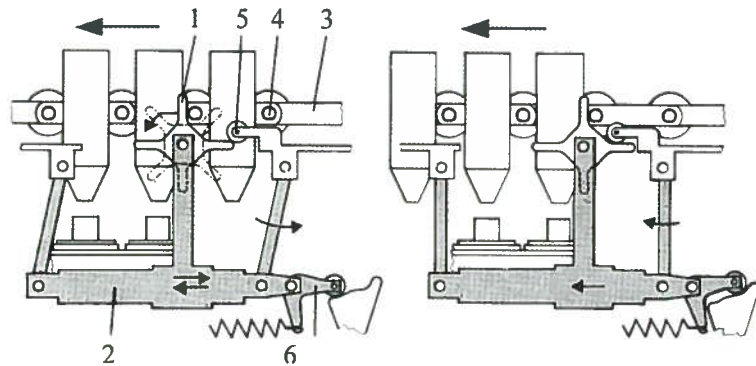


Fig. 6.26 - Sistemi di centraggio degli spruzzi.

spostamento, il rullo fisso di battuta (5) libera la stella e il carrello torna indietro per effetto della molla o sistema equivalente nella guida a pantografo. La stella viene agganciata dal successivo perno della catena e diretta sul rullo di battuta: in questo momento il carrello è di nuovo centrato rispetto agli alveoli. Il tempo di centratura dipende dalla durata per la quale si vogliono far agire gli spruzzi; se questi sono ad intermittenza, dalla durata dell'impulso.

L'effetto della spruzzatura ad intermittenza è evidente dalla fig. 6.27 e dalla fig. 6.28 nella quale è mostrato il sistema con tubi oscillanti, sempre sincronizzati alla catena.

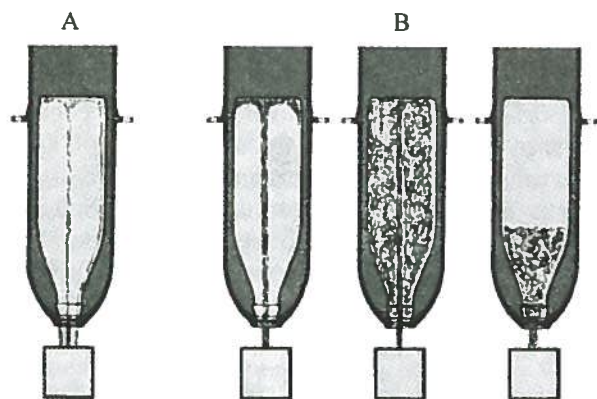


Fig. 6.27 - Spruzzatura ad intermittenza con carrello centrato rispetto agli alveoli.

Come si è detto per ottenere un'elevata efficienza del lavaggio viene sfruttata a fondo la turbolenza del liquido.

Un sistema per realizzare la pulsazione è indicato in figg. 6.29 e 6.30: attraverso una derivazione dal comando principale, e perciò in collegamento rigido con il sistema meccanico di centraggio, viene azionato un alberino con dischi a camme per la spruzzatura pulsante.

Il profilo dei dischi determina il rapporto "tempo di spruzzatura / tem-



Fig. 6.28 - Spruzzatura con tubo oscillante.

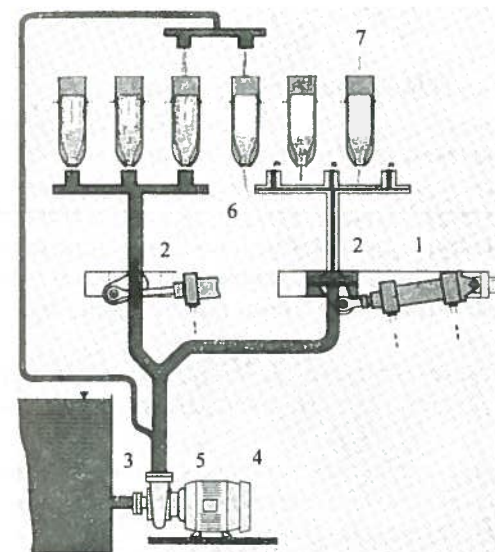


Fig. 6.29 - Sistema per realizzare la pulsazione del liquido di mandata agli spruzzi.

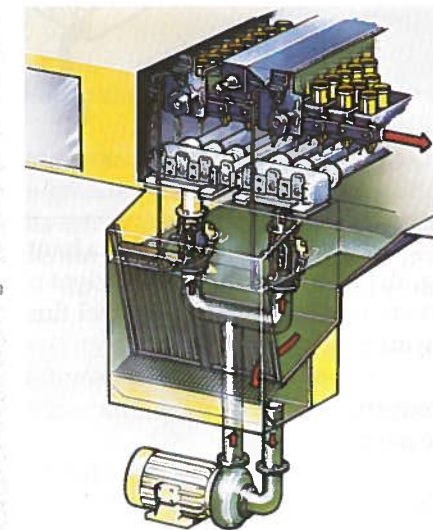


Fig. 6.30 - Iniezione pulsante.

po di svuotamento bottiglia". Sulla mandata della pompa di alimentazione, che aspira dal bagno interessato, sono derivati tre rami: uno alimentante le carne per la spruzzatura esterna, gli altri due quelle per la spruzzatura interna.

Con le valvole a farfalla chiuse, la pompa alimenta solo gli spruzzi esterni, tenendo però in pressione il liquido che andrà alla spruzzatura interna al momento dell'apertura della valvola.

L'apertura della valvola a farfalla, particolarmente indicata per la semplicità di costruzione e l'affidabilità di funzionamento, avviene a mezzo di cilindri pneumatici azionati da valvole comandate in sequenza dai dischi a camme.

Il tempo complessivo, dal comando di apertura al raggiungimento della pressione massima, è inferiore al decimo di secondo.

I tubi spruzzatori, normalmente raggruppati in numero di tre (fig. 6.31), disposti sullo stesso carrello, possono essere a sezione quadra o tonda; gli ugelli possono essere di plastica o di acciaio.

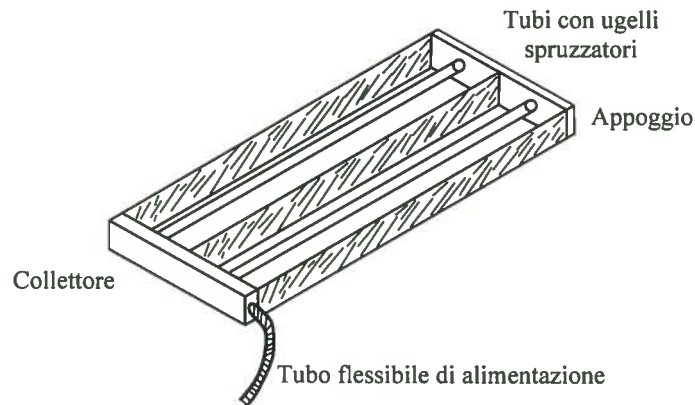


Fig. 6.31 - Tubi spruzzatori.

I tubi a sezione quadrata hanno il vantaggio, rispetto a quelli a sezione tonda, di non subire casuali rotazioni con conseguente deviazione degli spruzzi e di creare una forte turbolenza nel flusso di liquido, che limita notevolmente sedimenti e incrostazioni.

Gli ugelli spruzzatori sono di grande diametro (2÷3 mm) per ridurre la frequenza delle ostruzioni da parte di precipitati o altre particelle in sospensione nei bagni¹¹.

Anzi a tal proposito, il liquido che va agli spruzzi viene preventivamente filtrato su una reticella a medio vaglio (0,5÷1 mm). La filtrazione non può essere troppo spinta, altrimenti i filtri si intasano rapidamente.

6.3.5. L'estrazione delle etichette

L'estrazione delle etichette dai bagni di macero delle lavatrici è sempre e comunque un'operazione molto critica, anche se gli attuali sistemi danno risultati soddisfacenti. Il problema, è il caso di puntualizzarlo, non è solo di estrarre tutte le etichette che si staccano dalle bottiglie, ma di evitarne una lunga permanenza nei bagni con conseguente spappolamento e rapida degradazione delle soluzioni.

¹¹ L'ostruzione degli ugelli spruzzatori, tanto critica quanto indesiderata ai fini dell'efficienza del lavaggio, è piuttosto frequente malgrado tutti gli accorgimenti. Di ciò bisogna tener conto nell'organizzazione della manutenzione della macchina.

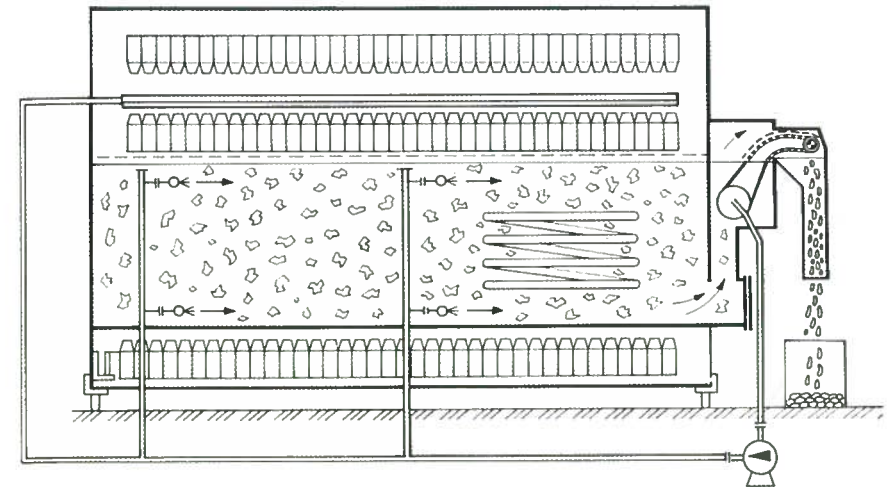


Fig. 6.32 - Schema di principio di estrazione etichette.

Lo schema di principio del sistema di estrazione è quello rappresentato in figg. 6.32 e 6.33.

Le soluzioni dei maceri che portano in sospensione le etichette vengono richiamate da una pompa a bassa prevalenza e grande portata attraverso un filtro mobile a rete opportunamente sagomato. Sulla rete si depositano le etichette che vengono portate all'esterno della macchina, mentre la soluzione ritorna nei bagni.

La semplicità del principio descritto non trova analogia semplicità di attua-

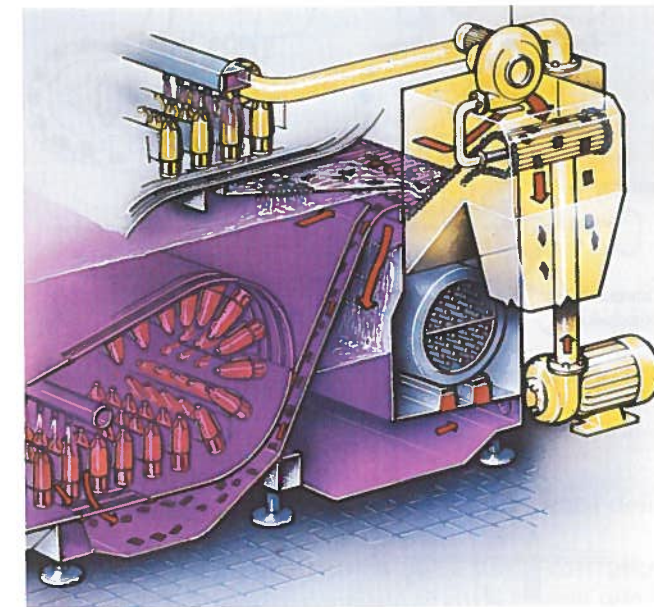


Fig. 6.33 - Estrazione centrale delle etichette.

zione pratica e sulla perfetta riuscita dell'operazione pesano in modo determinante numerosissime variabili, quali la prevalenza della pompa, le caratteristiche costruttive di questa, la posizione del tubo di aspirazione, la forma degli alveoli, la posizione dei getti esterni, il profilo della vasca del macero e molti altri.

La necessità della completa eliminazione delle etichette dai bagni dove ne avviene il distacco, è imposta dal fatto che parte di esse vengono trasportate dagli stessi cestelli, barre e catene nei bagni successivi e in particolare nei bagni di risciacquo caldo e tiepido. Lo spappolamento in queste zone favorisce il reinquinamento delle bottiglie e l'insufficiente risciacquo delle stesse per l'intasamento dei filtri e degli ugelli spruzzatori.

Uno dei parametri che definiscono l'efficienza di una lavatrice è la percentuale di etichette che si ritrovano allo scarico con le bottiglie lavate. Una buona macchina deve avere un trasporto di etichette allo scarico non superiore allo 0,2%, delle bottiglie etichettate in ingresso.

6.3.6. Lo scarico delle bottiglie

Dopo lo sgocciolamento finale, seguente all'ultimo risciacquo, le bottiglie subiscono una rotazione di 180° che le dispone con la base su guide di profilato piatto sulle quali il movimento delle bottiglie avviene per strisciamento fino allo scarico.

Il sistema di scarico può essere alternativo o continuo.

Lo scarico alternativo (fig. 6.34), ormai desueto, prevede due organi principali: una barra di scarico ed un espulsore.

I movimenti di questi due organi, sincronizzati secondo la sequenza della fig. 6.34 sono trasmessi mediante levismi e riduttori dal motore principale.

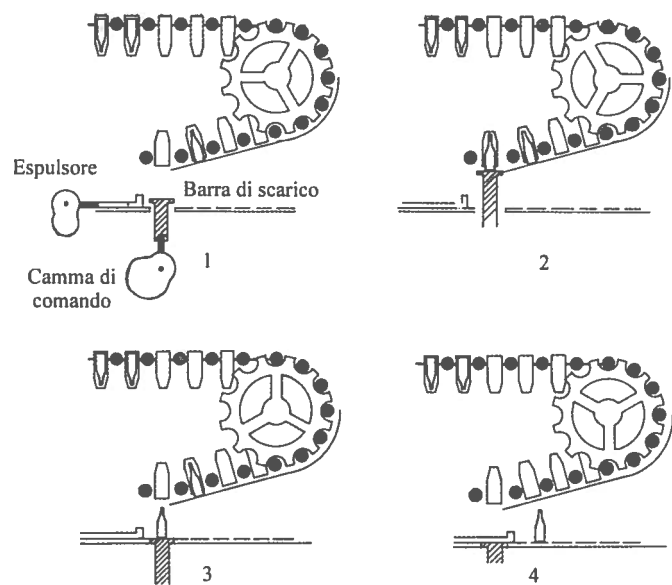


Fig. 6.34 - Scarico alternativo.

Le due camme di comando compiono un giro completo ad ogni avanzamento del cestello.

Non essendo infrequente il caso di accidentali inceppi della barra di scarico o dell'espulsore causati da frammenti di vetro, per la salvaguardia di questi organi sono previsti sugli alberi dei levismi, frizioni e finecorsa di sicurezza che arrestano immediatamente la macchina in caso di sfasatura tra gli organi mobili.

I limiti principali di questo sistema stanno proprio nell'elevata frequenza degli sfasamenti e nella pratica impossibilità di assicurare la stabilità delle bottiglie per velocità superiori alle 15÷16 battute al 1'. Tale instabilità, oltre che col moto di strisciamento conferito dall'espulsore, è in stretta relazione col peso e

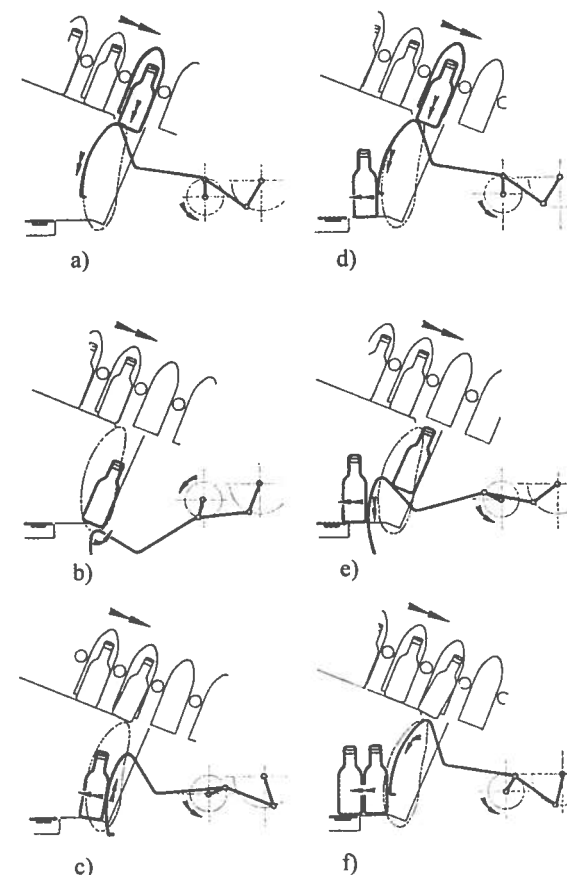


Fig. 6.35 - Schema di funzionamento di principio dello scarico ellittico delle bottiglie.

con la curvatura del fondo della bottiglia in corrispondenza dell'attaccatura al corpo cilindrico.

Per questi motivi è stato adottato da quasi tutti i costruttori, almeno per macchine ad alta cadenza, lo scarico continuo di cui si riporta uno schema di funzionamento in fig. 6.35.

Esso è costituito da settori dotati di movimento continuo ellittico (dove il nome) che prelevano la bottiglia all'uscita dall'alveolo (a) e accompagnano la sua discesa fino al bancale di uscita.

Durante la salita il movimento ellittico, di cui il settore è animato, gli consente di raddrizzare la bottiglia sulla lamiera di raccordo dello scarico con i nastri trasportatori di uscita (c). Lo stesso ciclo si ripete per la bottiglia seguente (d, e, f) che spinge la precedente sui trasportatori di uscita.

Dall'analisi dello schema descritto, appare chiaro che le differenze di ampiezza tra i movimenti verticali e orizzontali rendono possibile il raddrizzamento delle bottiglie alle alte rese assicurando, con la bassa velocità di spostamento orizzontale della bottiglia sulla lamiera di raccordo con i trasportatori, una grande stabilità delle stesse, indipendentemente dalla loro forma.

Altro indiscutibile vantaggio dello scarico continuo è il funzionamento senza vibrazioni o scosse, anche con tempi di ciclo molto brevi.

6.3.7. Le lavabottiglie double-end

I principi di funzionamento di questo tipo di macchine (fig. 6.36) sono gli stessi di quelli esposti per le macchine single-end, anche se, almeno da un punto di vista impiantistico, esse rappresentano un'indubbia evoluzione rispetto ad esse.

È da precisare tuttavia che a parità di dimensioni e di tempo di trattamento, la potenzialità di una macchina single-end è molto più elevata di quella di una macchina double-end, perché nella prima quasi tutti gli alveoli sono in ciclo, mentre nella seconda il ritorno della catena dallo scarico al carico avviene "a cestelli vuoti".

In una macchina single-end il carico e lo scarico possono essere controllati da un solo operatore, mentre per le macchine double-end, anche di modeste potenzialità, occorrono spesso due operatori.

Malgrado questi punti a sfavore, la diffusione delle macchine double-end, in special modo nelle industrie che lavorano vuoti di ritorno, come si è detto, è dovuta alla possibilità di realizzare una netta divisione tra il reparto di imbottigliamento e il reparto imballaggio, isolando il primo dal secondo e riducendo di conseguenza il pericolo di inquinazioni ambientali e quindi di reinfezione delle bottiglie lavate.

Per produzioni elevate, esse si prestano molto meglio delle single-end alla costruzione "modulare", come appare dalla sezione longitudinale di fig. 6.36.

A parte le due sezioni di testa, corrispondenti al carico e allo scarico della macchina, i bagni caustici, di risciacquo caldo e tiepido sono perfettamente eguali tra loro; ciò è particolarmente interessante, perché si possono costruire macchi-

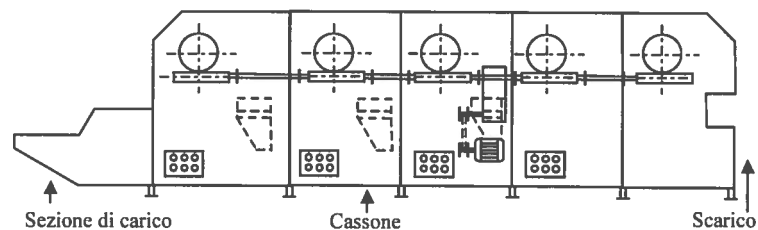


Fig. 6.36 - Schema di lavatrice double-end.

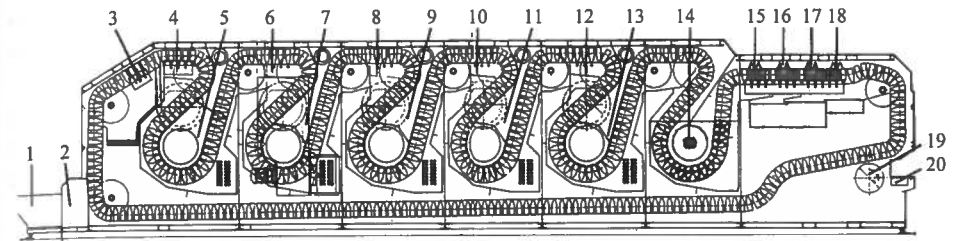


Fig. 6.37 - Sezione schematica longitudinale.

1. Tavola di accumulo bottiglie - 2. Dispositivo automatico carico bottiglie - 3. Prespruzzature interne a ~ 35° - 4. Spruzzature caustiche interne a ~ 70° - 5. 1° Bagno caustico di macerazione a ~ 70° - 6. Spruzzature caustiche interne a ~ 85° - 7. 2° Bagno caustico di macerazione a ~ 85° - 8. Spruzzature caustiche interne a ~ 85° - 9. 3° Bagno caustico di macerazione a ~ 85° - 10. Spruzzature caustiche interne a ~ 85° - 11. 4° Bagno caustico di macerazione a ~ 85° - 12. Spruzzature caustiche interne a ~ 70° - 13. 5° Bagno caustico di macerazione a ~ 70° - 14. 6° Bagno caustico di macerazione a ~ 50° - 15. Spruzzature interne ed esterne di risciacquo a ~ 50° - 16. Spruzzature interne ed esterne di risciacquo a ~ 40° - 17. Spruzzature interne ed esterne di risciacquo a ~ 30° - 18. Spruzzature interne ed esterne di risciacquo finale a ~ 15° proveniente dall'acquedotto - 19. Dispositivo di scarico automatico bottiglie - 20. Trasportatori bottiglie lavate.

ne di grande serie, componendo gli elementi o moduli a seconda della necessità del ciclo. È possibile inoltre variare il ciclo di lavaggio in qualsiasi momento inserendo moduli eguali o compatibili con quelli esistenti. Riferendoci alla macchina riportata in fig. 6.37, ogni modulo costituisce un elemento di macchina completamente autonomo, sia meccanicamente che idraulicamente.

Su ciascun modulo è infatti montato un albero di traino delle catene portacastelli a cui il moto viene trasmesso da un riduttore a vite senza fine, azionato da un segmento collegato attraverso un giunto al precedente (fig. 6.36).

Ciascun modulo è dotato di una serie di spruzzi, uno scambiatore di calore e un filtro per l'estrazione delle etichette, completo di pompa per la circolazione della soluzione.

I vari comparti appoggiano direttamente su piedini indipendenti e sono collegati con bulloni passanti in una ribordatura corrente lungo il perimetro delle sezioni estreme. La tenuta tra i vari elementi è affidata a guarnizioni in gomma dello spessore di 3÷4 mm. Il circuito idraulico della macchina consente di trasferire da un bagno al precedente la soluzione detergente, in modo da scaricare con frequenza la soluzione del primo bagno, ossia la più inquinata e spostare indietro la soluzione degli altri bagni, ripristinando però le concentrazioni richieste: in pratica non si hanno perdite essendo le vasche di eguale capacità.

Particolarmente interessante su queste macchine è il sistema per il distacco e l'eliminazione delle etichette (fig. 6.38).

Il distacco è ottenuto facendo passare una grande quantità di soluzione (circa 50 litri per ciascuna bottiglia lavata) nell'alveolo di plastica che contiene la bottiglia, mentre esso è immerso nel bagno. La soluzione è spinta da pompe ad elica e passa ad una velocità di circa 3 m/sec lungo le pareti delle bottiglie, dal collo verso il fondo, distaccando e trascinando le etichette.

Esse vengono forzatamente asportate non appena la macerazione della carta e della colla è tale da consentirne il distacco dalla bottiglia.

In pratica, con questo sistema si ottiene che circa il 70% delle etichette vie-

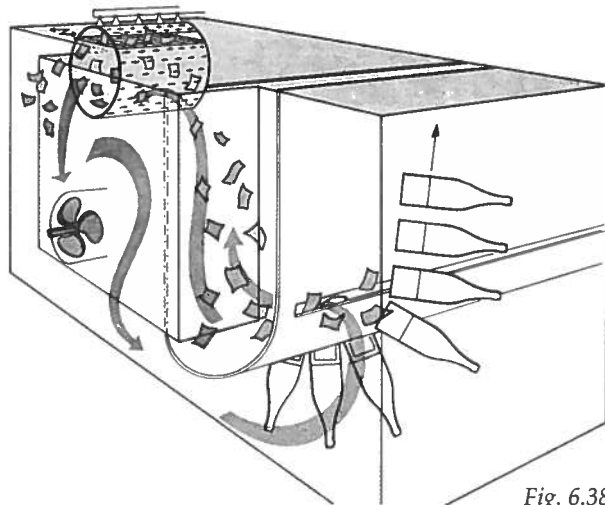


Fig. 6.38 - Macero e distacco delle etichette.

ne staccato dalla bottiglia dopo 2' di macerazione, ossia nel primo bagno. Il distacco forzato riduce il tempo medio di contatto della carta con la soluzione detergente e di conseguenza limita la degradazione di quest'ultima.

Le etichette restano per poco tempo immerse nella soluzione, richiamate con questa dalla pompa ad elica verso il filtro a tamburo rotante. Esso è costituito da un cilindro del diametro di circa 1 m e della lunghezza di 70 cm, con i due fondi aperti e la parete laterale costituita da lamiera forata o rete a maglie da 0,5÷0,7 cm. Il cilindro ruota su supporti ad asse orizzontale ed è immerso per circa la metà nella soluzione, che con le etichette entra nella parte interna dello stesso, dal quale esce attraverso i fori della lamiera, mentre le etichette aderiscono alla parete interna. Il cilindro, ruotando, porta in alto le etichette e all'apice della rotazione viene investito costantemente da un forte getto di soluzione detergente.

Le etichette a questo punto si staccano dal cilindro e nella caduta impattano su di un setaccio vibrante di lamiera forata; la soluzione detergente attraver-

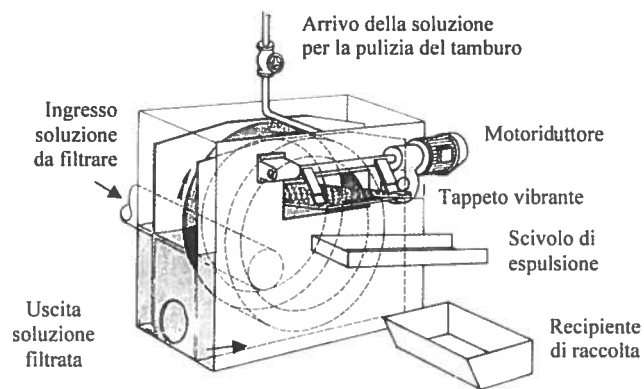


Fig. 6.39 - Filtro etichette.

so il setaccio ricade nel tamburo e quindi nel bagno, mentre le etichette restano sul setaccio e, sollecitate dalle vibrazioni, fuoriescono dalla macchina (fig. 6.39).

Nel loro avanzamento le etichette sono obbligate a perdere per sgocciamento gran parte della soluzione detergente di cui sono intrise, che rientra nel filtro. Allorché le etichette raggiungono il bordo esterno del setaccio vibrante, cadono in un condotto o su un trasportatore che le allontana dalla sala di imbottigliamento.

Il circuito di riscaldamento di una lavatrice double-end può essere alimentato indifferentemente con vapore o acqua surriscaldata. Per il riscaldamento con vapore, lo schema di principio è quello riportato in fig. 6.40.

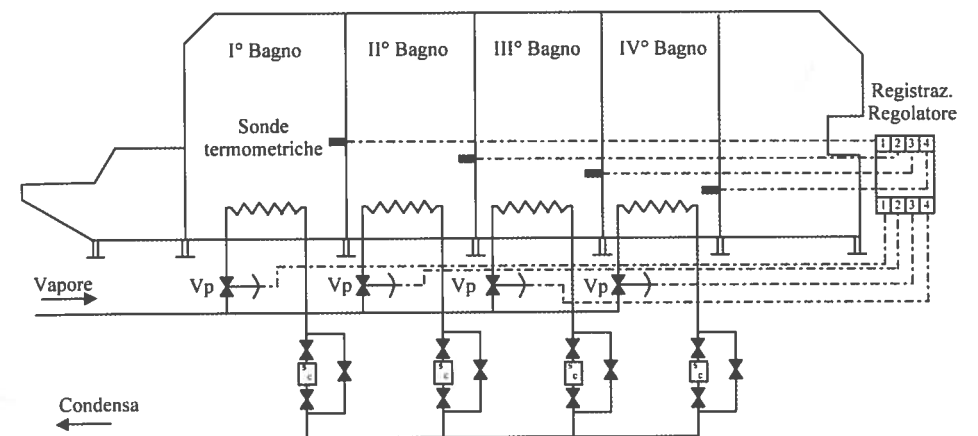


Fig. 6.40 - Schema di principio del circuito di riscaldamento a vapore di una lavatrice double-end.

Le valvole Vp per l'adduzione del vapore sono azionate pneumaticamente o elettricamente da regolatori di tipo proporzionale, asserviti a sonde termometriche installate sulle tubazioni di riciclo delle soluzioni. I componenti della circuitazione devono garantire la massima affidabilità, perché da essi può dipendere in definitiva la buona esecuzione del lavaggio: le temperature dei bagni, oltre che in base al loro numero, sono infatti prefissate anche in base alla resistenza del vetro agli shock termici, al tempo di contatto tra bottiglia e soluzione, al tempo di "scatto" o di avanzamento dei carri-spruzzi.

Raggiunte le temperature prefissate, le valvole bloccano l'afflusso di vapore, riaprendolo allorché le temperature si sono di nuovo abbassate al di sotto dei valori stabiliti, con un adeguamento continuo.

Sbalzi di temperatura in eccesso fra due bagni successivi possono tensionare il vetro al di sopra del limite di resistenza e provocare un numero anomalo di rotture, con un danno economico diretto e indotto, questo ultimo derivante dalla compromessa regolarità di funzionamento meccanico della macchina causata dai frammenti di vetro.

Sbalzi di temperatura in difetto possono compromettere l'efficacia del lavaggio sia sotto l'aspetto tecnico sia microbiologico. Data le elevate velocità di funzionamento delle macchine double-end, che possono raggiungere le 30 battute al 1', il carico e lo scarico delle bottiglie sono esclusivamente di tipo continuo e

lo scarico in particolare avviene con l'ausilio di una camme di plastica secondo lo schema di **fig. 6.41** di immediata compressione.

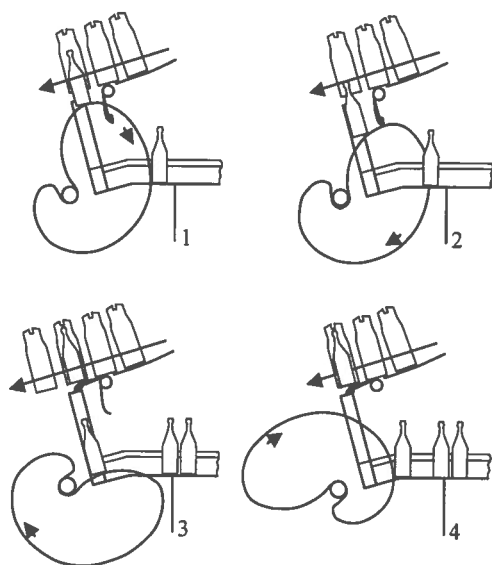


Fig. 6.41 - Scarico a camme delle lavatrici.

Riteniamo opportuno fare qualche considerazione sulle potenze elettriche installate su tali macchine e sul tipo di motori principali impiegati.

Per macchine di piccola dimensione si prestano abbastanza bene i normali motori asincroni trifase con pulegge espansibili per la variazione di velocità; l'espansione della puleggia può essere manuale o automatica mediante servomotore elettrico o pneumatico.

Tuttavia questo sistema per macchine di media e grande potenzialità, che soprattutto per motivi di automazione hanno bisogno di una variazione continua di velocità tra limiti molto ampi, non è molto adatta anche ricorrendo a speciali giunti elettromagnetici o speciali riduttori di giri. In questi casi vengono impiegati motori a corrente continua o motori idraulici con possibilità di variazione continua di velocità o motori asincroni alimentati attraverso variatori di frequenza.

I tipi di motori indicati assicurano una partenza molto dolce della macchina e un'adeguata coppia di spunto.

La variazione di velocità per i motori a corrente continua avviene mediante un azionamento a diodi controllati secondo lo schema a blocchi di **fig. 6.42**.

L'azionamento è costituito da un motore in corrente continua, regolato sull'armatura da un alimentatore trifase a diodi controllati, con eccitazione indipendente alimentata a tensione costante.

L'alimentatore statico converte la tensione alternata fissa di alimentazione in una tensione raddrizzata regolabile in dipendenza della fase d'innescio dei diodi.

Subordinando quest'ultima ad un segnale di tensione (tramite opportuno circuito convertitore tensione-fase) si riconduce ad una semplice regolazione potenziometrica il controllo di velocità del motore.

La regolazione e il controllo di velocità automatico, ossia la corrente erogata al motore, avvengono attraverso reti controreazionate, ottenendosi notevole precisione e pratica insensibilità alle variazioni di carico, di temperatura, di tensione e frequenza rete.

Per i motori idraulici la variazione di velocità avviene secondo lo schema di **fig. 6.43**.

Una centralina idraulica alimenta un motore idraulico stellare con un flusso di olio alla pressione di circa 100 atm.

La velocità di rotazione del motore può ritenersi, almeno entro i limiti di regolazione, proporzionale alla pressione di spinta dell'olio: con la variazione di questa pressione, ottenuta mediante un'elettrovalvola ad apertura proporzionale, è possibile variare la velocità del motore.

Al motore è normalmente accoppiato un riduttore di giri fisso.

Per l'azionamento con i motori asincroni alimentati attraverso variatori di frequenza si rimanda agli ottimi e numerosi lavori che trattano specificamente l'argomento.

Indipendentemente dal tipo di azionamento impiegato, un'innovazione indubbiamente interessante nel cinematismo è rappresentato dal sistema ad asse elettronico.¹²

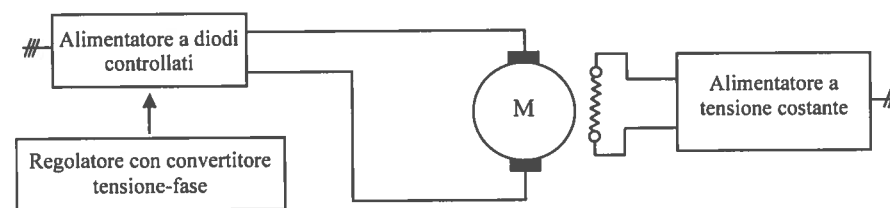


Fig. 6.42 - Variazione di velocità con motori a corrente continua.

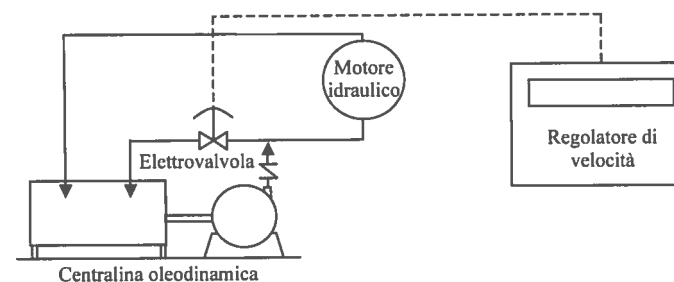


Fig. 6.43 - Variazione di velocità con motori idraulici.

¹² Denominato comunemente sistema multi-drive.

Infatti per una lavabottiglie si possono identificare due diversi sistemi di traino:

- a) convenzionale: un unico motore centrale e molti alberi collegati mediante trasmissioni cardaniche;
- b) ad asse elettronico: ciascun albero è dotato di motorizzazione indipendente; non esistono collegamenti meccanici tra i vari alberi.

L'asse elettronico può essere fondamentalmente realizzato in due modi diversi:

- b.1) gli alberi sono trainati da motori asincroni azionati da un singolo variatore di frequenza;
- b.2) gli alberi sono trainati da motori asincroni, ciascuno azionato dal proprio variatore di frequenza indipendente.

In **tab. 6.IV** sono riportati i vantaggi del sistema convenzionale e dei sistemi ad asse elettronico

	a) Convenzionale	b.1) Asse elettronico a variatore di frequenza singolo	b.2) Asse elettronico a variatori di frequenza indipendenti
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Programma di controllo elementare 	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione delle dimensioni di alberi e motori • Regolazione della tensione della catena principale facile e rapida • Installazione della catena principale facile e rapida 	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione delle dimensioni di alberi e motori • Gli assi sono sempre sotto controllo, =>dimensionamento ottimale dei motori • Motori di facile reperibilità • Camma elettronica per carico e scarico Regolazione della tensione della catena principale facile e rapida
Svantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Minor flessibilità nel posizionamento dei motoriduttori • Sicurezza di sovraccarico ottenuta mediante sovradimensionamento • Camme meccaniche non flessibili 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessità di specialisti di service • Necessità di motori sincroni • Maggior numero di ricambi elettrici 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessità di specialisti di service • Maggior numero di ricambi elettrici

Tab. 6.IV - Vantaggi e svantaggi dei diversi sistemi ad asse elettronico.

Il sistema ad asse elettronico. Come si evince dalla **tab. 6.IV** la scelta della soluzione b.2: asse elettronico a convertitori di frequenza indipendenti è molto appropriata.

La differenza più evidente tra il sistema tradizionale e quello ad asse elettronico risiede nel numero dei motori. Nel sistema tradizionale esiste un unico grande motore di traino per tutta la macchina, mentre, nel caso del nuovo sistema, motori separati, ciascuno dotato del proprio variatore di frequenza indipendente, vengono installati sui vari alberi.

Il numero dei motori può variare a seconda del tipo e delle dimensioni della macchina: il sistema può essere progettato per un numero massimo di motori pari a 26. La configurazione di base del sistema prevede un azionamento *master* e 25 azionamenti *slave*. Il master lavora alla velocità di riferimento e tutti gli *slave* si adeguano. Tra master e *slave* è possibile un'infinità di rapporti di riduzione. I convertitori di frequenza sono in grado di adattare tali rapporti. Gli azionamenti *slave* possono controllare fino a tre motori ciascuno al carico e allo scarico. Compresi l'azionamento master e uno di riserva, ci sono in totale disponibili, per movimentare la catena, 18 motori.

Sulla macchina sono installati alcuni sensori fondamentali per il sistema di regolazione automatica della fasatura di carico e scarico e della tensione della catena: carico e scarico necessitano ciascuno di un sensore di posizione "home" e uno di riferimento per la catena di trasporto (un sensore sull'albero master e uno sull'ultimo). Tutti i sensori sono sensori induttivi, molto affidabili.

Ogni motore, per poter essere regolato, deve essere dotato di un encoder che assolve al compito di controllarne sia la posizione sia la velocità.

Ciascun gruppo motore è composto dai seguenti componenti:

- Motore
- Encoder
- Freno
- Termistore

A causa della presenza dell'encoder, il quadro di comando e controllo deve essere installato in una posizione che permetta una lunghezza massima di cavo di 100 metri.

I componenti utilizzati per l'applicazione sono i seguenti¹³:

- Motoriduttori principali
- Riduttori del carico e dello scarico
- Motori
- Encoder
- Convertitori di frequenza
- PLC
- Rete di trasmissione dati

¹³ Referenza: lavabottiglie Hd-ht 95-140/68 della SIG Simonazzi, 6 bagni detergenti e uno di risciacquo, installata nello stabilimento Heineken di Atene, funzionante ad una velocità di 92.000 b/h da 0,5 e 0,33 litri vetro a rendere.

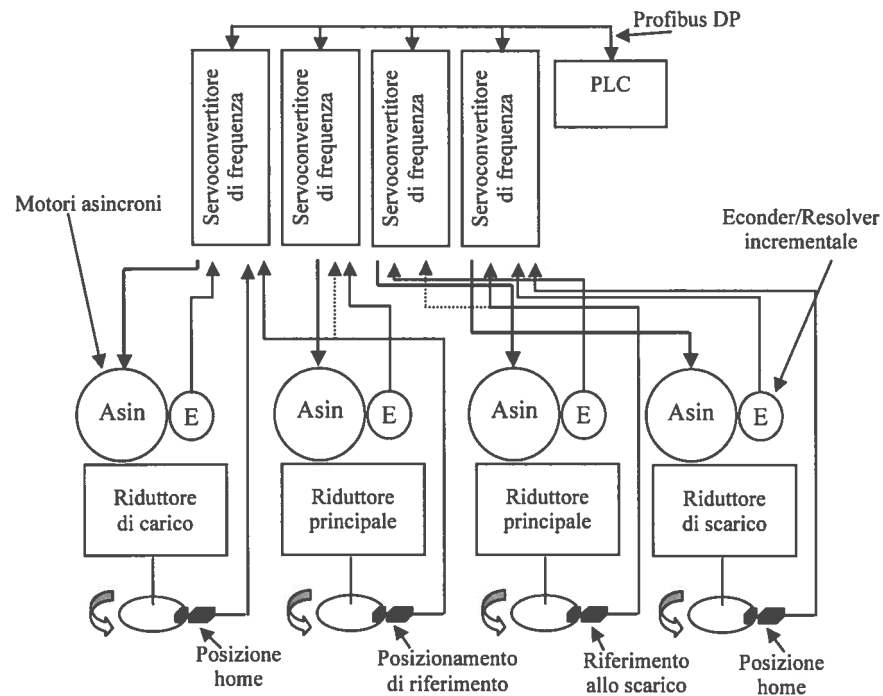


Fig. 6.44 - Sistema ad asse elettronico per lavabottiglie (SIG-Simonazzi).

Caratteristiche principali. La funzione base del sistema ad asse elettronico è il movimento sincrono di tutti gli alberi della macchina: come vantaggio addizionale intrinseco si ha la sicurezza contro il sovraccarico per ciascuno degli alberi collegati. Naturalmente, dopo un arresto di emergenza e dopo averne eliminato la causa, tutti i motori si risincronizzano automaticamente.

Vi sono anche altri aspetti positivi da prendere in considerazione:

- Facilità di cambio formato
- Tensionamento automatico della catena
- Facilità di manutenzione

Cambio formato. Per le macchine predisposte per trattare diversi formati di bottiglia, è possibile settare, per ogni formato, posizioni predeterminate allo scarico e al carico. È possibile inserire al quadro operatore come dato di input il nuovo codice bottiglia. Carico e scarico si posizionano sui set-point relativi al novo formato.

Tensionamento automatico della catena. Per estendere il più possibile la vita della catena di trasporto è necessario effettuare regolarmente alcune importanti attività di manutenzione. Una delle più importanti è, senz'altro, la regolazione della tensione della catena. Con il sistema ad asse elettronico questa funzione è completamente automatica: si realizza con la semplice pressione di un pulsante. Dopo un tempo di circa 2÷3 minuti, la tensione è regolata correttamente.

- Altre funzioni di servizio sono:
- Possibilità di azionare in manuale ciascun motore
 - Possibilità, durante le operazioni di installazione della catena, di abilitare/disabilitare carico e scarico
 - Possibilità di cambiare la velocità in manuale
 - Possibilità di invertire la direzione del moto per smontare la catena.

6.3.8. Lavabottiglie con ciclo acido

Il lavaggio completo delle bottiglie, sia sotto l'aspetto igienico sia estetico, richiederebbe comunque, oltre al trattamento alcalino, un trattamento acido per la rimozione di quelle impurità, visibili o invisibili, inattaccabili o debolmente attaccabili da parte delle soluzioni alcaline.

Considerazioni di carattere pratico, già esposte, hanno indotto alla costruzione di macchine con trattamento acido intermedio.

Una lavatrice double-end di tipo modulare, prevista per il lavaggio acido, è rappresentata schematicamente in fig. 6.45.

Rispetto ad una lavatrice con solo trattamento caustico, dopo l'ultimo bagno alcalino c'è un bagno di acqua calda a temperatura di 35÷40 °C per effettuare un risciacquo che elimini quasi completamente i residui di soluzione alcalina dalle bottiglie, dagli alveoli, dalle barre e dalle catene.

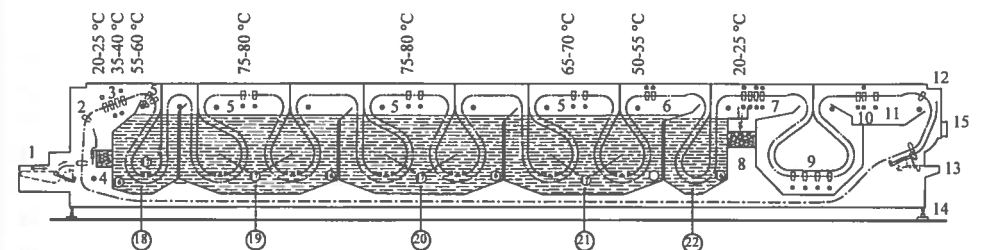


Fig. 6.45 - Lavatrice a ciclo misto caustico-acido.

L'operazione di risciacquo, limitatamente alle pareti interne delle bottiglie, è completata da una serie di spruzzature a 20÷25 °C di acqua tiepida, che per altro abbassano ulteriormente la temperatura delle bottiglie.

Dopo il risciacquo, le bottiglie vanno in una vasca a "scarpa" e in posizione perfettamente verticale subiscono un'iniezione di acido nitrico al 3÷5%.

La serie di spruzzi è costituita da cinque o sei canne che si muovono in sincronismo con la catena portacastelli, alimentati ad intermittenza (fig. 6.46) da una pompa che aspira la soluzione da una vasca esterna alla macchina.

Il sistema ad iniezione può considerarsi, almeno allo stato attuale della tecnica, il più adatto al trattamento acido delle bottiglie come fase intermedia del ciclo di lavaggio completo.

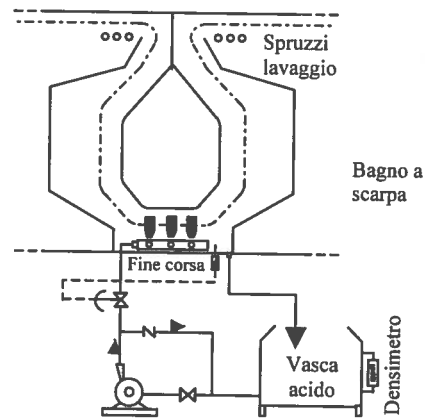


Fig. 6.46 - Sistema di iniezione con spruzzi acidi.

In passato si è tentato anche il lavaggio acido per immersione, certamente più efficace, ma è stato abbandonato per i notevoli inconvenienti dovuti all'inevitabile trasporto di acido in altri settori della macchina, sia da parte di organi meccanici mobili sia per diffusione gassosa. Insorgono fenomeni di corrosione, localizzati in modo imprevedibile, che interessano anche la struttura portante della macchina.

Questi gravi inconvenienti potrebbero essere superati solamente costruendo la macchina integralmente in acciaio inossidabile, cosa certamente possibile, ma non sempre conveniente economicamente.

Con il sistema ad iniezione acida, lo scopo essenziale che si prefigge il lavaggio acido, ossia la perfetta pulizia interna della bottiglia, è egualmente raggiunto senza gli indicati inconvenienti, perché nell'apposita sezione di trattamento l'acido è presente solamente in piccolissima quantità e non va direttamente a contatto con gli organi mobili della macchina.

Il pericolo del trasporto è minimizzato e conseguentemente è garantita la salvaguardia della macchina rispetto alle corrosioni acide. È tuttavia necessario che la sezione acida sia integralmente costruita in acciaio inossidabile e così anche le barre e le catene portacestelli.

All'interno della sezione acida esiste un ambiente saturo di vapori che potrebbero diffondersi negli altri scomparti della macchina con i danni accennati. Il fenomeno viene limitato dalla presenza di spruzzi di acqua (7 o 10) che rappresentano barriere idrauliche molto efficaci contro la diffusione gassosa.

Per eliminare concrezioni calcaree di medio spessore è sufficiente un tempo di contatto di pochi secondi (2÷3) con soluzione acida al 5% di acido nitrico.

6.3.9. Lavabottiglie per il solo lavaggio acido

Si è accennato alla necessità in alcuni casi di procedere al lavaggio acido completo della bottiglia per immersione.

Allo scopo vengono impiegate le cosiddette lavabottiglie a ciclo acido.

Sono macchine a bassa e media potenzialità, costruite nelle parti a diretto o indiretto contatto con l'acido in materiali acidoresistenti (materiali plastici, acciaio inox, bronzo, acciaio rivestito con consistenti strati sintetici, ecc.). Esse, in sezione, si presentano come in fig. 6.47.

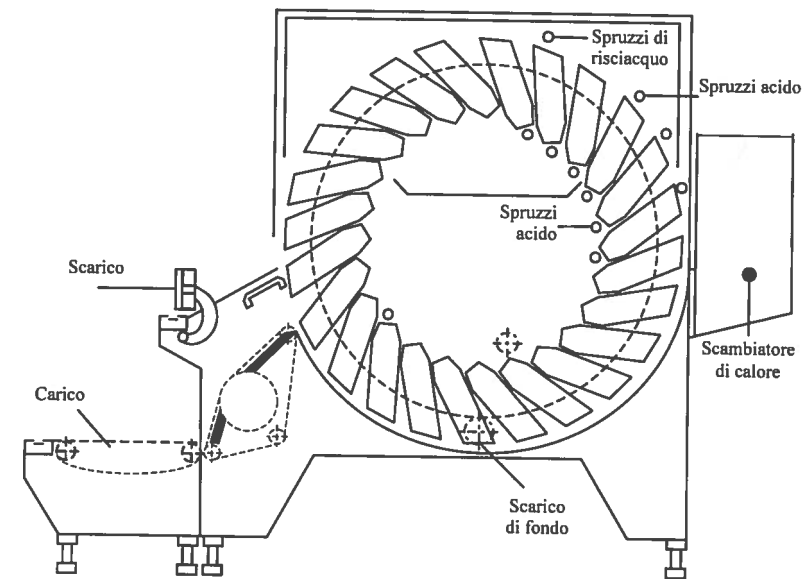


Fig. 6.47 - Lavatrice a ciclo acido a tamburo.

La macchina è costituita da un tamburo, le cui generatrici coincidono con l'asse delle barre portacestelli, immerso per circa 120° in una vasca contenente la soluzione acida di lavaggio. In uscita dal bagno le bottiglie subiscono una spruzzatura interna ad intermittenza di soluzione riciclata, indi sgocciolano, sono risciacquate con spruzzi di acqua fresca interni ed esterni e, attraverso un piano inclinato, fuoriescono dalla macchina sui nastri trasportatori. La rotazione del tamburo avviene a scatti e il tempo di avanzamento o di scatto è dell'ordine degli 8 secondi, potendosi ridurre per bottiglie non particolarmente incrostate. La concentrazione di acido va dal 2% al 6%, impiegando acidi tamponati; essa può essere ridotta notevolmente con acido nitrico (5÷8‰).

Il ciclo di lavaggio è rappresentato in fig. 6.48.

Questa tabella, che riassume i dati forniti dal costruttore, dà al tecnico imbottigliatore delle indicazioni sufficientemente chiare sulle possibilità concrete della macchina e sulle relative prestazioni, specie se corredata da disegni costruttivi di alcuni particolari, quali barre portacestelli, cinematismi, sistema di carico e scarico bottiglie.

Nella scheda riportata in tab. 6.V, i dati si riferiscono ad una macchina con iniezione acida: essi devono considerarsi orientativi, ma possono egualmen-



Fig. 6.48 - Ciclo di lavaggio acido.

Costruttore	Modello	Prod/ora
Tipo		Double-end
N° alveoli per barra		48
N° barre porta alveoli		560
N° bottiglie in macchina		20.160
CICLO DI LAVAGGIO		
N° di bagni detergenti		4
Capacità dei bagni (l)		26.000+3×40.000
N° estrattori di carta		4
N° spruzzi di prelavaggio		2
N° spruzzi detergenti		8
N° spruzzi di risciacquo		6
N° iniezioni acide		4
TEMPI DI TRATTAMENTO		
Immersione nei bagni detergenti (1')		9,8
Tempo di spruzzatura detergente (1')		1,4
Tempo di risciacquo (1')		1,8
Tempo di passaggio in macchina (1')		20,2
FLUIDI DI CONSUMO		
Acqua (mc/ora)		≈30
Vapore o acqua surr. a atm (kg/ora)		≈ 2.000
Potenza installata (kW)		80,00
Aria compressa (Nmc/ora)		6
DIMENSIONI E PESI		
Lunghezza totale (cm)		24.400
Altezza totale (cm)		3.240
Larghezza tutta fuori (cm)		5.355
Peso a vuoto (tonn)		150
Peso a pieno carico (tonn)		350

Tab. 6.V - Dati tecnici sintetici rilevabili da una scheda macchina fornita dal costruttore.

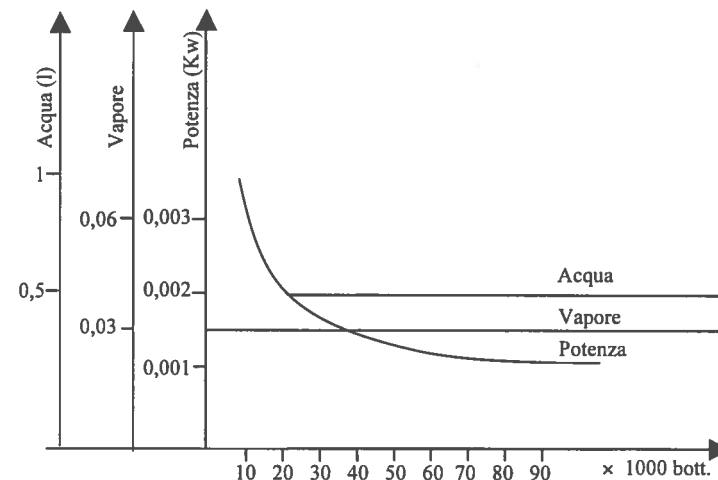


Fig. 6.49 - Curve specifiche di macchine a 4 bagni.

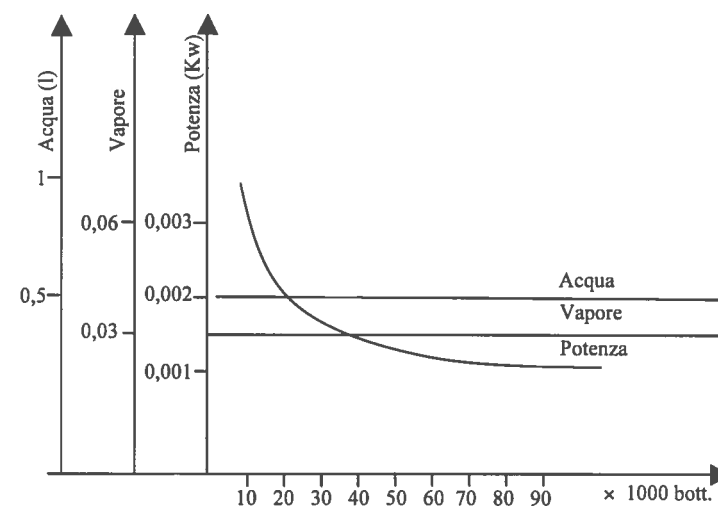


Fig. 6.50 - Curve specifiche di macchine a 6 bagni.

te fornire un'idea della relazione intercorrente tra la produzione oraria, le dimensioni e i consumi. Da una scheda di questo tipo possono essere calcolati i consumi specifici, gli ingombri e gli altri fabbisogni e, per i vari tipi di macchina, a seconda delle produzioni orarie, tutte le curve caratteristiche dei consumi.

In figg. 6.49 e 6.50 sono riportate le curve specifiche di macchine a 4 bagni e a 6 bagni con solo trattamento caustico.

La discussione delle curve è abbastanza ovvia: le quantità di acqua e vapore per bottiglia, indipendentemente dal tipo e dalla potenzialità della macchina, sono costanti perché caratteristiche proprie del ciclo di lavaggio.

La potenza elettrica diminuisce perché diminuiscono le perdite e la potenza dissipata.

6.3.10. Gestione e tecnica di una macchina lavabottiglie e flaconi in vetro

Dato lo scopo di questa trattazione ci riferiremo ad una macchina dell'ultima generazione single-end con solo lavaggio caustico (fig. 6.51).

Le indicazioni fornite¹⁴ sono ragionevolmente mutuabili ad altri tipi di macchine.

Con riferimento alla macchina di fig. 6.51, la matrice temperatura-acidità-causticità è rappresentata in tab. 6.VI.

Il suo ciclo di funzionamento, che riflette quanto detto in precedenza, è il seguente:

- *Vasca di prerisciacquo.* Quando entrano nella macchina, le bottiglie si trovano capovolte nell'alveolo e vengono spruzzate con getti di acqua calda per rimuovere residui solidi e corpi estranei; comincia così il processo di adattamento alla temperatura per evitare shock termici. L'acqua del prerisciacquo è di solito quella usata per il risciacquo (sezione che si trova più avanti nella macchina) e quindi, utilizzando energia e detergenti di quella sezione.
- *Vasca di macerazione ed estrazione etichette.* Quando le bottiglie lasciano la vasca di prerisciacquo, vengono svuotate (per evitare la diluizione della soluzione di lavaggio), quindi entrano nelle vasche di lavaggio. In queste vasche si realizzano due processi: in primo luogo vengono rimosse le etichette e si ha la pulizia

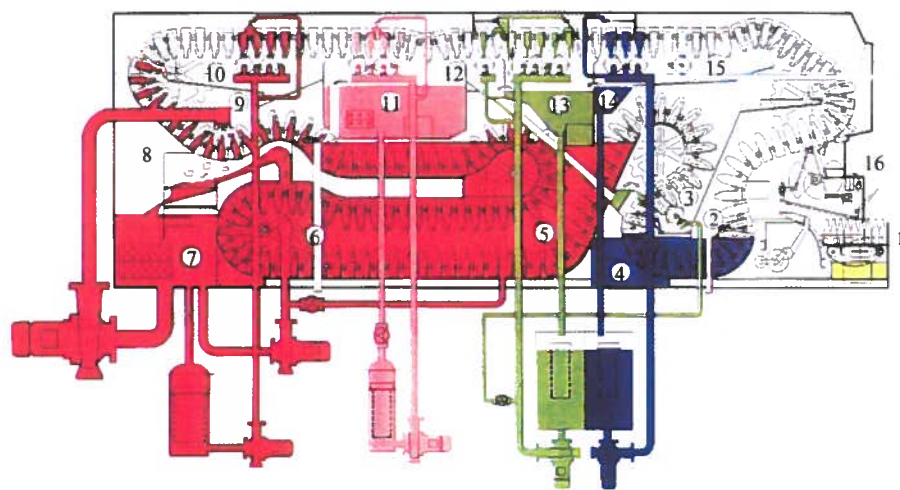


Fig. 6.51 - Macchina single-end con solo lavaggio caustico.

1) tavolo di accumulo, 2) scarico residui, 3) prerisciacquo, 4) preammollo, 5) bagno di immersione principale, 6) 1° rimozione di etichette, 7) scambiatore di calore, 8) evacuazione etichette, 9) 2° rimozione etichette, 10) stadio di spruzzatura con soluzione caustica nel serbatoio principale, 11) stadio di spruzzatura con soluzione caustica nel serbatoio detergente, 12) stadio di neutralizzazione alcalinità, 13) 1° stadio di risciacquo con riciclo acqua, 14) 2° stadio di risciacquo con riciclo acqua, 15) stadio di risciacquo con acqua minerale, 16) uscita bottiglie.

¹⁴ Esse fanno riferimento al manuale della Ditta R. Bardi di Fidenza.

	Prerisciacquo	Sezione lavaggio caustico			Prodotti acidi	Biocida
	Prerisciacquo	1° Lavaggio	2° Lavaggio	3° Lavaggio	1° Risciacquo caldo	2° Risciacquo
Temp. °C	40°C	65°-80°C	70°C	60°C	40°C	25°C
Ph	9,0-9,5	14	13	10,0/11,0	9	8,0/8,5
Causticità	0,05%	fino a 4,0%	1 %	0,5%	0,01	

Tab. 6.VI - Matrice temperatura-acidità-causticità.

seguita da un lavaggio più approfondito (sia chimico che meccanico). Quando le bottiglie entrano nella prima vasca, esse sono immerse in una soluzione calda di lavaggio che agisce sui residui per stemperare, dissolvere e disperdere le sostanze e di distruggere i batteri inquinanti. In questa vasca le etichette vengono rimosse da soluzioni caustiche calde ed estratte dai dispositivi meccanici detti filtri etichette.

- *Vasca di lavaggio.* All'interno di queste vasche, le bottiglie vengono sottoposte ad una serie di getti maceranti o pulenti. La forza dei getti fa penetrare la soluzione di lavaggio all'interno delle bottiglie e provoca un'ulteriore azione meccanica per la rimozione e la dispersione dei residui più resistenti. Per aumentare l'efficacia della soluzione di lavaggio, la macchina lavabottiglie lavora ad una temperatura vicina agli 80°C. Scambiatori di calore sono installati nelle vasche per aumentare gradualmente la temperatura delle bottiglie, in modo da assicurare una buona pulizia ed una disinfezione completa senza incorrere in alcun shock termico.
- *Vasca di risciacquo.* Quando lasciano le vasche di lavaggio, le bottiglie vengono sgocciolate ed in seguito entrano nella sezione di risciacquo caldo. Una serie progressiva di getti rimuovono le ultime tracce di depositi e di residui di detergenti all'esterno ed all'interno della bottiglia.

I bagni di risciacquo caldo hanno due funzioni:

- 1) devono rimuovere le soluzioni detergenti e la sporcizia dissolta o sospesa all'interno e all'esterno della bottiglia;
- 2) devono gradualmente abbassare la temperatura della bottiglia per evitare shock termici.

Per assicurare un risciacquo corretto, gli ugelli di spruzzatura devono essere mantenuti in perfette condizioni di efficienza.

Il risciacquo deve avvenire con acqua pulita e di buona qualità batteriologica. L'acqua pulita (potabile) è spesso trattata con sostanze igienizzanti per essere sicuri che e sia priva di batteri. All'interno della bottiglia spesso viene lasciata una piccola quantità di sostanze igienizzanti, che rimangono all'interno della bottiglia insieme all'acqua residua e proteggono la bottiglia da una possibile contaminazione di apporto esterno quando questa completa il suo trasferimento dalla lavatrice alla riempitrice. Per l'acqua minerale questa pratica non è ammessa.

Tipo e condizioni dei residui presenti nei contenitori di ritorno

Molti tipi di bevande vengono confezionate in bottiglie a rendere, in particolare: birra, bevande carbonate, succhi di frutta e simili. I residui di ciascun prodotto restano in bottiglia, le condizioni cui sono esposte le bottiglie vuote possono alterare notevolmente la natura di tali residui; esse, inoltre, possono anche essere contaminate da materiali estranei o da oggetti di difficile rimozione.

Rispetto allo sporco, le bottiglie a rendere possono essere classificate in quattro categorie:

1) *Impossibili da pulire.*

Si tratta di bottiglie contaminate da catrame, vernice, gesso, spruzzi di metallo e altri materiali che non possono essere dissolti da prodotti alcalini durante il lavaggio. Queste bottiglie vanno scartate.

2) *Bottiglie normali.*

Con residui di bevanda invecchiati e secchi: sono le più facili da pulire.

3) *Bottiglie normali immagazzinate in ambienti "difficili".*

Bottiglie immagazzinate all'aperto e/o poco protette dagli elementi esterni, oppure conservate in scantinati, garages, etc. Tali bottiglie spesso contengono anche insetti. Queste bottiglie sono più difficili da pulire con un normale ciclo di lavaggio e richiedono più bagni di macero.

4) *Bottiglie raccolte nelle discariche.*

Si tratta delle bottiglie più difficili da pulire. Queste bottiglie sono state immagazzinate per lungo tempo ad alte temperature. Su un lato della bottiglia sono evidenti residui solidi, come per esempio fango secco, sabbia o argilla contenente alghe che riveste i lati o la base interna della bottiglia. Queste bottiglie possono essere pulite in una lavatrice a ciclo misto, ma il tempo di macerazione e la concentrazione di sostanze detergenti devono essere molto elevate e la successiva ispezione deve essere più attenta.

Per effettuare un buon lavaggio sul mercato sono a disposizione ottimi detersivi già preparati che, sia per motivi di igiene del lavoro, sia per efficacia intrinseca sono da preferirsi rispetto a prodotti preparati in sito a cura degli stessi imbottigliatori.

In **tab. 6.VII** sono riportati i prodotti commerciali consigliati.

Operazioni preliminari per la messa in marcia di una lavabottiglie

Raccomandazioni per la sicurezza degli operatori

- Non impiegare mai la macchina per altri usi che non siano quelli per cui essa è stata progettata e costruita.
- Assicurarsi che solo il personale autorizzato si trovi attorno alla macchina quando questa è in funzione.
- È necessario assicurarsi che il personale addetto all'uso della macchina sia stato previamente addestrato, che conosca bene tutte le istruzioni del manuale d'uso, di corredo obbligatorio alla macchina, che sia a conoscenza e che rispetti tutte le regole di sicurezza.
- Non bisogna mettere in moto la macchina se tutte le protezioni non sono state inserite. Non bisogna disinserire alcun dispositivo di sicurezza. È vietato manomettere i dispositivi di sicurezza.

L'operatore addetto non deve portare alcun gioiello, adorno, anello, catena che possa essere agganciato dalla macchina durante il normale funzionamento. Egli deve indossare abbigliamento di lavoro a norma EN.

Non bisogna toccare mai, né avvicinare nessuna parte del corpo alle parti della macchina che sono in movimento.

Azione	Prodotto	Dosaggio
Detergente completo (con antischiuma) liquido per bagno caustico	Commerciale	1,5% + 2% di NaOH secca
Detergente completo (con antischiuma) polvere per bagno caustico	Commerciale	1,5% + 2% di NaOH secca
Additivo antischiuma liquido per bagno Caustico	Commerciale	100 + 200 gr./m ³ di capacità macero
Sequestrante anticalcareo liquido risciacquo a 45°	Commerciale	10 gr./m ³ ; per grado F°
Disinfettante liquido per risciacquo in riciclo a 30°	Commerciale	10 gr./m ³ ogni m ³ /h di consumo acqua
Disinfettante liquido per risciacquo in riciclo a 30°	Commerciale	3 + 5 gr./m ³ ogni m ³ /h di consumo acqua
Detergente completo (con antischiuma) liquido per bagno caustico	Commerciale	1% + 5%
Detergente completo (con antischiuma) polvere per bagno caustico	Commerciale	1 + 3%
Additivo antischiuma liquido per bagno caustico	Commerciale	0,2% p/v sul volume del bagno
Sequestrante anticalcareo liquido risciacquo a 45°	Commerciale	da 20 a 80 gr./m ³ in funzione della durezza e del pH
Disinfettante liquido per risciacquo in riciclo a 30°	Commerciale	fino a 200 gr./m ³
Disinfettante liquido per risciacquo in riciclo a 30°	Commerciale	residuo 5 + 10 gr./m ³ di Cl ₂ libero

Tab 6.VII - *Prodotti e dosaggi consigliati.*

Operazioni da eseguire prima della prima messa in marcia della macchina dopo un lungo periodo di sosta o dopo la prima installazione

- Azionare l'interruttore generale per alimentare la macchina con corrente elettrica.
- Aprire l'alimentazione dell'acqua alle vasche agendo sulle relative valvole e riempire le vasche con acqua di rete.
- Aprire l'alimentazione del vapore alla macchina agendo sulle valvole di intercettazione vapore e attendere finché l'acqua nelle vasche non abbia raggiunto la temperatura desiderata.
- Premere i pulsanti di azionamento del nastro uscita e del motore macchina e far funzionare la macchina per circa 1 ora a vuoto (senza bottiglie).
- Quando il tempo è concluso fermare la macchina e svuotare completamente tutte le vasche aprendo le relative valvole di scarico e portelle.

Durante questo ciclo di prova è opportuno eseguire i seguenti controlli:

- Mettere in moto tutte le pompe e verificare le pressioni sui manometri, gli assorbimenti elettrici e i sensi di rotazione.
- Verificare la buona tenuta sugli steli delle valvole pneumatiche della regolazione di temperatura.
- Controllare che la pressione dell'aria sia tarata ai valori corretti di pressione per l'alimentazione degli strumenti e di pressione per l'alimentazione dei cilindri pneumatici e delle valvole vapore.
- Controllare le temperature dei bagni con un termometro tarato e verificare l'esattezza dei valori indicati sui regolatori di temperatura, siano essi di tipo tradizionale o elettronico.
- Controllare durante la prima settimana di funzionamento i valori di concentrazione caustica in laboratorio, per confrontarli con i valori del regolatore automatico soda per avere una taratura media dello strumento.
- Controllare che il pressostato di sicurezza risciacquo finale sia attivo.
- Controllare la fasatura del carico, dello scarico e degli spruzzatori rotanti.

Preparazione al funzionamento dopo un periodo di inattività breve

- Inserire il selettore di sicurezza a chiave e verificare che l'arresto di emergenza sia disinserito. Controllare che l'impianto sia in tensione (la relativa lampada indicatore di tensione deve essere accesa).
- Riempire tutte le vasche con acqua, aprendo le relative valvole posizionate sui collettori.
- Verificare che l'acqua nelle vasche abbia raggiunto i livelli desiderati attraverso i controlli di livello visivi. Se fosse necessario ripristinare i livelli, aprire le valvole poste sul collettore dell'acqua (questa operazione viene eseguita automaticamente se la macchina è equipaggiata con controlli di livello automatici).
- Aggiungere i detersivi alle vasca macero e vasca detersivo per ottenere le concentrazioni indicate nelle tabelle relative.
- Avviare il riscaldamento agendo sulle valvole di intercettazione vapore.

Per le macchine con riscaldamento automatico il sistema è azionato da un timer che opportunamente regolato, provvede a portare automaticamente la macchina alla temperatura di lavoro, compreso l'avviamento temporizzato del circolatore. Le operazioni sono le seguenti:

- Attendere circa 1 ora, avviare la pompa etichette/circolazione per uniformare il riscaldamento di tutti i maceri.
- Raggiunta la temperatura di lavoro chiudere la valvola d'intercettazione vapore principale ed aprire la valvola d'intercettazione posta sul by-pass (per le macchine che ne sono provviste).
- Azionare il nastro di uscita e il motore della macchina.
- Regolare la velocità della macchina alla produzione desiderata tramite il potenziometro che si trova in genere sulla pulsantiera, per macchine provviste di convertitore di frequenza (inverter), oppure tramite volantino per le macchine con variatore meccanico.
- Posizionare il selettore del piano d'accumulo sulla posizione "manuale" e premere il pulsante "piano d'accumulo" per riempire il medesimo; terminata l'operazione posizionare il selettore su "automatico".
- Avviare tutti i motori.

Preparazione al funzionamento giornaliero

È necessario riscaldare le vasche almeno 2 ore prima dell'inizio della lavorazione.

- Sistemare il selettore di sicurezza a chiave sulla posizione "ON" e verificare che l'arresto di emergenza sia disinserito. Controllare che l'impianto sia in tensione (la relativa lampada indicatrice di tensione deve essere accesa).
- Aprire il riscaldamento agendo sulle valvole di intercettazione vapore.

Per le macchine con riscaldamento automatico il sistema è azionato da un timer che, opportunamente regolato, provvede a portare automaticamente la macchina alla temperatura di lavoro, compreso l'avviamento temporizzato del circolatore.

Quando le vasche sono riscaldate bisogna mettere in funzione l'impianto eseguendo le operazioni qui descritte:

- Riempire con acqua le vasche di risciacquo aprendo la valvola a sfera posizionate sul collettore.
- Verificare che l'acqua nelle vasche abbia raggiunto i livelli desiderati, controllando attraverso i misuratori di livello visivi. Se fosse necessario ripristinare i livelli bisogna agire sulle valvole poste sul collettore acqua (questa operazione viene eseguita automaticamente se la macchina è equipaggiata con controlli di livello automatici).
- Controllare le concentrazioni delle soluzioni detersive delle vasche di macero e della vasca detersivo ed eventualmente ripristinarle (questa operazione viene eseguita automaticamente se la macchina è equipaggiata con sistema automatico di controllo concentrazione soda).
- Aprire il riscaldamento agendo sulle valvole di intercettazione vapore. Per le

macchine con riscaldamento automatico il sistema è azionato da un timer settimanale che opportunamente regolato, provvederà a portare automaticamente la macchina alla temperatura di lavoro, compreso l'avviamento temporizzato del circolatore.

- Dopo circa 1 ora avviare la pompa etichette/circolazione per uniformare il riscaldamento di tutto il macero.
- Raggiunta la temperatura di lavoro, chiudere la valvola d'intercettazione vapore principale ed aprire la valvola d'intercettazione posta sul by-pass (per le macchine che ne sono provviste).
- Avviare tutti i motori.

Arresto d'emergenza dell'impianto.

In caso di emergenza utilizzare il pulsante di arresto di emergenza che si trova sul pannello dei comandi (il funzionamento dei movimenti e di tutti i motori si interrompe) o posizionando il selettore principale sulla posizione "OFF" (si interrompe l'alimentazione di corrente elettrica all'impianto).

Operazioni di fine lavorazione giornaliera

- Lasciare che tutte le bottiglie escano dall'interno della macchina.
- Arrestare tutti i motori mediante i relativi pulsanti posti sulla pulsantiera dei comandi.
- Arrestare l'alimentazione dell'acqua al risciacquo finale, chiudendo la relativa valvola.
- Togliere la tensione alla macchina.
- Svuotare le vasche risciacqui aprendo la valvola manuale a sfera ed effettuare la pulizia aprendo lo sportello.
- Pulire i filtri posti sull'aspirazione delle pompe.
- Svuotare il premacero.

Rinnovo dei liquidi di processo e aggiustamento dei parametri

Soluzione detergente (macchine con macero caustico). Il consumo che si verifica durante la lavorazione, dovuto all'evaporazione e ad altri processi, dovrà essere reintegrato nella vasca di macero e nella vasca detergente alla fine di ogni turno lavorativo giornaliero, tenendo presente un consumo medio di soluzione detergente è di circa 0,3 kg. ogni mille bottiglie lavate. Rinnovare i liquidi di processo ogni 700.000 ÷ 800.000 bottiglie lavate per basse produzioni orarie. Rinnovare i liquidi di processo ogni 1,5 milioni di bottiglie lavate per alte produzioni orarie.

Prodotti detergenti consigliati (macchine con macero caustico). È buona norma informarsi presso il servizio tecnico del fornitore dei prodotti per le esatte percentuali di utilizzo. Se si intendono utilizzare prodotti di marche differenti, contattare i fabbricanti di tali prodotti.

Acqua calda e risciacquo - premacero. Svuotare e pulire accuratamente la vasca di lavaggio alla fine di ogni turno di lavoro per avere sempre a disposizione acqua calda e pulita durante il ciclo di lavaggio.



Fig. 6.52a.



Fig. 6.52b.



Fig. 6.52c.

Cambio formato

Per il cambio formato di una macchina lavatrice sono necessarie tre attrezzature:

- separatori di carico bottiglie (fig. 6.52a),
- scivoli di scarico bottiglie (fig. 6.52b),
- separatori di scarico bottiglie (fig. 6.52c).

6.4. I DETERSIVI PER CONTENITORI E BOTTIGLIE A RENDERE

I detersivi hanno un'importanza decisiva per il successo delle operazioni di lavaggio/sterilizzazione nell'industria alimentare. La scelta del detersivo deve essere fatta sulla base del tipo di sporco da rimuovere e del tipo di acqua impiegata per il lavaggio.

Il detersivo è un miscuglio di più sostanze, ognuna delle quali esplica un'azione ben precisa e solo in casi eccezionali esso si riduce al solo composto base (il più diffuso dei quali è l'NaOH); in genere è la miscela di più componenti e ha lo scopo di:

- 1) Ridurre le tensioni superficiali ed interfacciali per permettere un rapido emulsione dei grassi. È l'effetto collaterale derivante dall'aumento della bagnabilità delle superfici.
- 2) Trattenere sporcizia e residui di natura grassa in sospensione, evitando che vengano ridepositati sulle superfici lavate.
- 3) Controllare il calcio e il magnesio presenti in maggiore o minore quantità nell'acqua grezza normalmente impiegata nel lavaggio, secondo le seguenti alternative:
 - formazione di sali solubili di calcio e magnesio (impiego di detersivi sintetici);
 - formazione di veri e propri complessi solubili con Ca^{++} e Mg^{++} (impiego di polifosfati o EDTA, ossia acido etilendiamminicotetracetico);
 - formazione di precipitati insolubili, ma molto finemente suddivisi (impiego di polifosfati, peraltro non sempre consentiti).
- 4) Evitare possibili attacchi chimici ai metalli costituenti la macchina o le superfici da lavare.

Il detersivo, quindi, nella sua composizione, oltre ad un elevato potere germicida, conferito principalmente dalla soda caustica, deve essere appropria-

to alla durezza dell'acqua, avere un elevato potere bagnante ed un elevato potere emulsionante (effetto detergente).

Il potere di bagnabilità è una condizione indispensabile, non potendo avere inizio l'azione detergente vera e propria se la soluzione non si trova intimamente a contatto con tutta la superficie da trattare.

Il potere emulsionante è desiderabile, perché se la superficie del sudiciume non è stata sufficientemente idrolizzata, esso non può rimanere in sospensione, ma dopo essere stato asportato si deposita nuovamente sulla superficie.

I detergenti sono sostanze atte ad esaltare le naturali caratteristiche detergenti dell'acqua stessa. L'adesione delle particelle sudice al substrato è causata dalla presenza di una pellicola grassa e il detergente, che agisce da agente bagnante ed emulsionante, diminuisce la tensione interfaccia tra acqua e grassi, permettendo alle particelle di essere bagnate e di staccarsi.

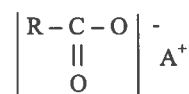
Gli emulsionanti sono costituiti da molecole contenenti una catena non polare idrocarbonica (idrofobo) unita ad un gruppo polare (idrofilo). La parte non polare penetra nella pellicola oleosa, mentre quella polare nella fase acquosa, stabilendo in questo modo un ponte tra le due zone; ne deriva che lo strato oleoso risulta suddiviso in piccole gocce e viene emulsionato.

6.4.1. I detergenti per il lavaggio manuale e semiautomatico dei contenitori

Piuttosto vari sono i tipi di detergenti usati per queste applicazioni; il sapone sodico di acidi grassi a catena lunga fu il principale detergente fino agli anni '50 del secolo scorso, allorché per gli impieghi industriali vennero introdotti i detergenti anionici (solforati di acidi grassi), cationici (sali di tetrachilammonio) e non ionici (a base di ossido di etilene).

La maggior parte dei saponi sono costituiti da sali di sodio, più raramente di potassio o di trietanolammina.

La loro formula può essere così rappresentata:

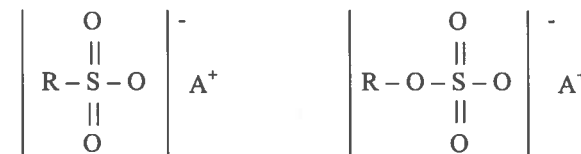


Il radicale R, è derivato da grassi trigliceridi naturali ed è un composto a catena dritta di lunghezza dispari compresa tra 9 e 19 atomi di carbonio.

I composti aventi catene più corte sono più saturi ed hanno un ottimo potere detergente, ma elevata tendenza a formare schiuma alle temperature più basse. Le catene più lunghe (C₁₅ e C₁₇) formano la base della maggior parte degli oli impiegati allo scopo e sono presenti in miscele variabili di acidi grassi saturi, mono-olefinici e meno saturi.

Normalmente si procede ad una miscelazione dei composti a disposizione in considerazione del prezzo di mercato, in modo da ottenere un prodotto avente le proprietà richieste di detergenza alla giusta temperatura e mancanza di odori di fondo. Si ricorda che il potere detergente ottimo si ha sempre intorno ai 90°C. Il pH di un sapone privo di additivi alcalini, in soluzione acquosa è di circa 10.

La maggior parte dei *detergenti anionici* ha una formula del tipo:



Alchilsolfato

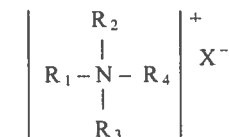
Alchilarilsolfonato

Per applicazioni particolarmente delicate il radicale R si ottiene da oli naturali, ma per detersivi industriali si ricorre a derivati dell'industria petrolchimica. Il radicale R, avendo così un'origine piuttosto variabile, spesso comprende anelli benzenici con catene laterali alifatiche.

Uno degli svantaggi di queste catene laterali complesse è che non vengono facilmente ossidate dai microrganismi e passano invariate attraverso i normali impianti di trattamento delle acque reflue. Questo porta alla formazione di una schiuma stabile, capace di ridurre l'ossidazione naturale e costituisce un potenziale pericolo per la vita animale e vegetale.

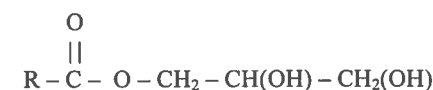
Usati da soli, questi detergenti anionici hanno un pH notevolmente inferiore a quello del sapone, dimostrano una considerevole capacità di asportazione degli oli, ma una capacità molto limitata per quanto riguarda la rimozione e la sospensione dei residui solidi di sporco. Di conseguenza per il lavaggio industriale essi vengono miscelati con altri additivi, in particolare con fosfati complessi che ne migliorano notevolmente il comportamento.

È da notare che spesso contengono elevate quantità di composto inerte come solfato di sodio, che contribuisce a diluire il materiale attivo più costoso. I più importanti detergenti cationici sono i composti di ammonio quaternario aventi la formula generale:



Non è insolito che i radicali R siano tra loro differenti ed uno o più possano essere costituiti da atomi di idrogeno o radicali metilici. L'anione è al solito uno ione cloro. I composti ammoniacali hanno raggiunto un impiego diffuso perché esplicano anche un potente effetto battericida a largo spettro a concentrazione molto bassa; tale effetto è dovuto al loro rapido adsorbimento su superfici e al loro potere di emulsionare i grassi. Sono maggiormente efficaci a pH leggermente alcalino e sono stabili entro un ampio intervallo di pH.

I detergenti non ionici hanno, nella quasi totalità, una costituzione poliossidrilica che può essere rappresentata da una delle seguenti formule:



Essi hanno il vantaggio di una rapida solubilità in acqua e in altri solventi, la stabilità chimica entro un ampio intervallo di pH, un limitato sviluppo di schiuma, possibilità di essere mescolati ad ipoclorito per operazioni combinate di pulizia e sterilizzazione.

Il loro potere detergente è inferiore ai precedenti, ma sono meno tossici per gli esseri umani e per i microrganismi. Proprietà comuni ai detergenti sintetici descritti è il vantaggio, rispetto ai saponi, di non formare incrostazioni insolubili, che nel caso di saponi sono da attribuirsi al calcio e al magnesio presenti nell'acqua. Un limite all'impiego di queste sostanze attive per il lavaggio di superfici e contenitori ad alta velocità meccanica è rappresentato dall'elevata produzione di schiuma.

Circa il potere disinfettante, l'effetto di questi composti sui microrganismi dipende dal tempo di azione, dalla temperatura, dal pH e dalla presenza di additivi e degli altri componenti, nonché dal grado di protezione offerto ai microrganismi dalla presenza di grassi, sostanze proteiche ed altri sedimenti organici persistenti nei contenitori e sulle superfici.

In termini generali si può dire che i detersivi anionici hanno un potere batteriostatico abbastanza spiccato nei confronti dei batteri Gram-positivi, ma un'azione piuttosto debole nei confronti di altri gruppi, a meno che il pH non venga aumentato.

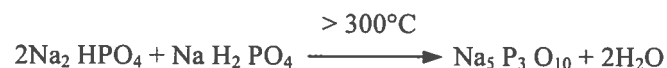
I composti di ammonio quaternario esercitano un effetto di inibizione su una vasta gamma di batteri (sia Gram-positivi sia Gram-negativi) anche a concentrazione estremamente bassa (< 1 ppm). A concentrazione tra i 50 ed i 500 ppm, hanno una notevole efficacia contro la maggior parte dei batteri, ma non sono molto efficaci contro funghi, protozoi, virus.

I *polifosfati*, oltre a migliorare notevolmente le caratteristiche dei detergenti anionici, entrano come costituenti essenziali nella quasi totalità dei detersivi per il lavaggio dei contenitori, dato il loro alto potere di peptizzazione o di dispersione dei precipitati, ed in particolare del carbonato di calcio che si presuppone rimanga in sospensione allo stato fortemente suddiviso, quasi colloidale.

Essi quindi condizionano fortemente l'acqua di lavaggio, limitando la formazione di incrostazioni calcaree. Da alcuni si confonde questa proprietà con il cosiddetto "potere sequestrante" verso un determinato metallo (nel caso specifico calcio); il potere sequestrante dei polifosfati si esplica mediante la formazione di complessi solubili con molti metalli, ed in particolare con gli alcalino terrosi; esso è definito nei riguardi di un metallo come la quantità in grammi di questo metallo che può essere complessata da 100g di polifosfato ad un determinato pH a temperatura ambiente.

L'azione sequestrante si esplica su base stechiometrica e richiede la presenza di notevoli quantità di polifosfato, mentre l'azione disperdente richiede soli pochi milligrammi di polifosfato per litro d'acqua e non varia sensibilmente al variare della concentrazione del reagente.

Tra i polifosfati, il tripolifosfato di sodio $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ è quello più largamente usato; esso viene prodotto scaldando una miscela di fosfati mono e bisodici a temperatura superiore a 300°C secondo la reazione:



Viene impiegata inoltre una larga gamma di fosfati polimeri vetrosi tra i quali il più utile e conveniente è il sodio esametafosfato, denominato anche sale di Graham.

Nessuno di questi composti è completamente stabile in ambiente umido e tale caratteristica deve essere tenuta presente ai fini dell'immagazzinamento.

6.4.2. I detersivi per il lavaggio automatico

Un buon detergente per il lavaggio meccanico dei contenitori alimentari deve essere formulato in modo da garantire, oltre all'eliminazione della carica batterica e di ogni contaminazione anche inorganica, un aspetto attraente al contenitore. Tali risultati devono essere conseguiti in modo economico.

Gli obiettivi fissati vengono raggiunti additivando ad ogni buon prodotto per il lavaggio meccanico dei contenitori una serie di materie prime e semilavorati aventi particolari caratteristiche e prerogative. Una formulazione tipo può essere così costituita da:

- *Sodio idrossido*, che garantisce al bagno di lavaggio la necessaria alcalinità, permettendo nel contempo una completa saponificazione delle sostanze organiche ed una totale eliminazione della carica batterica. Quest'ultimo risultato è evidentemente relativo al ciclo temperatura-tempo.
- *Sali alcalini*, ad esempio sodio carbonato, che sviluppa un'azione "tamponante" nei confronti dell'elevata causticità degli idrossidi, riducendo il fenomeno dello spappolamento delle etichette cartacee.
- *Silicati*, generalmente metasilicato anidro o pentaidrato. Queste sostanze possiedono una spiccata capacità brillantante sul vetro dei contenitori e, anche se in bassa misura, favoriscono la sciacquabilità. Questi sali sviluppano anche una notevole azione detergente e contribuiscono ad innalzare l'alcalinità del detersivo.
- *Sequestranti*, che possono essere di varia natura: organica ed inorganica. I più usati sono i fosfati (sodio tripolifosfato, trisodio fosfato anidro ed idrato, esametafosfato di sodio, pirofosfato di potassio, ecc.), il sodio gluconato, l'acido etilendiamminotetraacetico ed i suoi sali, l'acido nitrilotriacetico ed i suoi sali sodici, derivati dall'acido diamminetetrametilenfosfonico in accoppiata con poliacrilati. Questi ultimi danno buoni risultati solo se introdotti in quantità tali da permettere lo sfruttamento dell'effetto "soglia" (impedimento totale della precipitazione dei sali di durezza dell'acqua con flocculazione contemporanea degli stessi) che si ottiene grazie ad una reciproca azione sinergizzante.
- *Antischiuma*, sono generalmente tensioattivi non ionici, con particolari capacità di ridurre la schiuma che tende a formarsi in seguito alla saponificazione delle sostanze grasse e per effetto di fattori di natura meccanica.
- *Anticaking*, disilicanti con proprietà anti-impaccanti del prodotto, anche a seguito di lunghi stoccaggi.

Le formulazioni variano a seconda dell'impiego specifico del prodotto (lavaggio di bottiglie e vasetti per acqua, per vino, birra, latte, succhi vegetali e simili), del materiale decorativo dei contenitori, della presenza dell'alluminio nelle etichette.

6.4.3. Preparazione dei detersivi

I diversi modelli di contenitori, per le loro peculiari caratteristiche meccaniche ed accorgimenti tecnici, non consentono di fissare dei riferimenti precisi nell'uso e nel dosaggio dei detersivi, anche in considerazione del fatto che una stessa macchina può comportarsi in modo assolutamente differente a seconda del tipo di contenitore, del grado di sporcizia, del tipo di materiale decorativo e di altre condizioni ambientali. Analoga considerazione va fatta per le altre superfici da lavare.

Tuttavia, la buona riuscita delle operazioni di lavaggio delle bottiglie e dei contenitori in vetro ceramica è sempre subordinata a:

- ♦ Perfetta titolazione delle soluzioni di lavaggio.
- ♦ Ripristino costante della loro capacità detergente e battericida.
- ♦ Controllo frequente, ad intervalli prestabiliti, dell'inquinamento residuo dei contenitori lavati mediante opportune analisi¹⁴.

In linea di massima un detersivo "tipo" ad alta e media alcalinità adatto alle moderne macchine avrà la composizione della **tab. 6.VIII**. Nel caso si utilizzi come materia prima una base caustica come la soda, è necessario impiegare prodotti chiamati "additivi", per ridurre gli inconvenienti dovuti alla durezza dell'acqua, per elevare il potere detergente, per rallentare il più possibile il fenomeno di spappolamento delle etichette, per incrementare la sciacquabilità, per evitare il fenomeno della schiuma.

Materie prime	Percentuale in formula ad alcalinità	
	Alta	Media
Soda caustica	75	45
Potassa caustica	5	5
Sodio carbonato	5	30
Sodio metasilicato an	2	8
Sodio gluconato	3	3
S.T.P.P.	6	5
Tensiattivo antifoam	3	3
Anticaking	1	1

Tab. 6.VIII - Composizione dei detersivi "tipo" per il lavaggio automatico delle bottiglie.

Evidentemente l'uso di soda caustica più additivi, pur apparendo maggiormente economico, presenta inconvenienti dovuti soprattutto all'impossibilità di avere un perfetto bilanciamento di tutti i componenti. I componenti degli additivi sono simili a quelli contenuti nei prodotti finiti, ad ovvia esclusione della soda, ed il rapporto di utilizzo varia tra il 5% ed il 25% in peso sulla soda tota-

¹⁴ A titolo esemplificativo una bottiglia a rendere può considerarsi "perfettamente lavata" se si riscontrano meno di 10 germi sulla superficie interna delle pareti.

le impiegata. Una tipica formulazione di additivo per il lavaggio di contenitori di vetro a rendere potrebbe essere:

Sodio carbonato	19%
Sodio metasilicato	10%
Sodio gluconato	25%
STPP	30%
Antifoam	15%
Anticaking	1

I tensioattivi comunemente inseriti nelle formulazioni di prodotti per il lavaggio dei contenitori hanno il principale scopo di limitare il più possibile la formazione della schiuma. La loro varietà è numerosa e non tutti possono essere classificati con il nome di tensioattivi: è frequente infatti l'uso di derivati siliconici o emulsioni siliconiche. L'uso di tali prodotti è però sconsigliabile, in quanto formano una pellicola sui contenitori di difficile asportazione.

Altri agenti antischiumogeni abbastanza in uso sono i derivati fosfatici (tributilfosfato, triisobutilfosfato, tricresilfosfato, tributossietilfosfato), condensati di ammine poliglicoliche, ottil e nonilfenoli a basso numero di O.E., prodotti policondensati con O.E. ed O. P., ecc.

Le teorie chimico-fisiche relative ai fenomeni di schiuma e della sua riduzione sono spesso contrastanti. Tuttavia un punto acclarato è che esiste una stretta relazione tra le proprietà antischiuma di una sostanza e le tensioni di superficie, rispettivamente del prodotto antischiuma e della soluzione schiumogena.

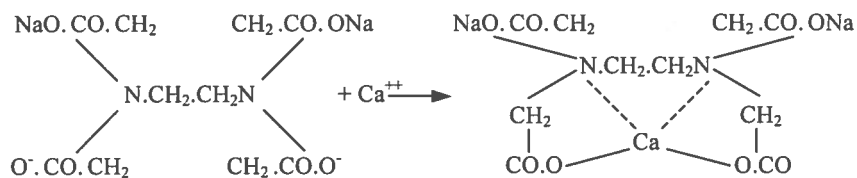
L'azione di questi componenti è comunque il risultato di fenomeni meccanici (formazione di un film protettivo sulla superficie della soluzione e sulle molecole dei grassi saponificati con la facilitazione contemporanea dell'espulsione dell'aria dalla massa) e chimica (sette idrofobo della molecola impostato in modo che la variazione di tensione superficiale non sia tale da permettere l'emulsione aria-liquido, cioè schiuma).

Tutto ciò è possibile proprio per la particolare configurazione strutturale che caratterizza gli agenti antischiumogeni. I policondensati ossietilati, ad esempio, hanno spesso una struttura molecolare tetraedrica con i gruppi di condensazione posizionati sui vertici di tale forma geometrica. Il maggiore inconveniente che si riscontra negli antifoam è la loro parziale inattivazione in seguito a lunghi stagionamenti (12÷15 mesi) del prodotto a base caustica in cui sono introdotti.

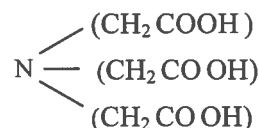
Per questo motivo i fabbricanti di detersivi tendono a fabbricare i prodotti per il lavaggio dei contenitori in vetro secondo il *sistema premix* in modo da evitare l'intimo contatto antischiuma-caustico. I sequestranti più comunemente usati, oltre ai fosfati ed ai polifosfati, sono:

Acido etilendiamminicotetraacetico, noto come E.D.T.A., è un vero e proprio "chelante". La chelazione è essenzialmente una reazione ionica e sono i vari "anioni" di EDTA, prodotti dalla dissociazione dello stesso e dei suoi sali in soluzione, che si combinano con gli ioni metallici e formano i chelanti.

La reazione che avviene è la seguente:



Acido nitrilotriacetico (noto come NTA) ed i suoi sali, sviluppa la sua azione chelante secondo lo schema già visto per lo EDTA. La sua formula di struttura è la seguente:



Il potere sequestrante delle varie materie prime utilizzate a tale scopo è relativo al pH e alla temperatura. Ponendo convenzionalmente pari ad 1 il potere sequestrante del sodio gluconato in una soluzione acquosa allo 0,1% a 65°C, e con un pH tamponato a 13, vediamo il confronto con gli altri sequestranti:

Sodio trifosfato	1.4
Sodio tripolifosfato	1.6
NTA acido	2.2
NTA sale trisodico	2.3
Acido citrico	1.7
Sodio gluconato	1.0
EDTA	2.0
ADPA	1.3
Derivato fosfonico ac.	2.1
Sodio esametafosfato	2.6

Si fa presente, che nel lavaggio in fase acida delle bottiglie scaturisce la necessità di "tamponare" l'azione degli acidi inorganici contenuti nei prodotti usati per tali scopi, per evitare fenomeni di corrosione sulle superfici metalliche delle macchine lavabottiglie.

I più comuni inibitori delle corrosioni per soluzioni acquose di acidi sono di natura organica. Le materie prime usate sono innumerevoli ed il loro sistema di azione non del tutto chiarito. Sembra comunque che l'inibitore di corrosione funzioni anche da *poisoning* (avvelenante) delle superfici metalliche mediante formazione per adsorbimento di uno strato protettivo.

Questo fenomeno viene indicato come *adsorbimento fisico* o come *adsorbimento specifico*.

Vi sono poi altre teorie che giustificano l'efficacia di tali componenti, supponendo che si tratti di adsorbimento ionico dipendente dal segno e dalla carica magnetica della superficie metallica relativamente ad un elettrolita (in questo

caso la soluzione acida). Comunque i composti maggiormente usati nel campo specifico sono:

- ammine grasse alifatiche,
- polimeri ciclici di ammidi,
- prodotti di condensazione tra ammina e chetone,
- sali alchilbenzildiacil-solfonici,
- quaternari di ammonio,
- alcool acetifico miscelato con composto carbossilico,
- derivati alifatici azotati,
- urea e simili.

La quantità in formula di tali composti è molto bassa, ossia dell'ordine dello 0,05÷0,1 %.

Tutti gli additivi possono essere facilmente reperiti sul mercato in forma solida o liquida ed essere immessi direttamente nei bagni delle macchine; abbiamo riscontrato che effettivamente molti tecnici, attraverso anni di esperienza e sperimentazioni, hanno messo a punto delle specifiche formule (che ritengono le migliori in senso assoluto...) e che adattano di volta in volta a seconda del grado di sporizia delle bottiglie, del tipo prevalente di sudiciume, della durezza dell'acqua, e degli alti parametri di lavaggio.

Molto più semplice, e compatibile con le esigenze imposte dagli attuali ritmi produttivi, risulta acquistare il detersivo già preparato presso case specializzate e di comprovata serietà, studiati in modo che una volta diluiti nei bagni delle lavabottiglie vi determinino un idoneo potere caustico, germicida e detergente tale da garantire un processo di pulizia-sanificazione estremamente sicuro.

Essi vengono aggiunti in opportune proporzioni, suggerite dagli stessi fabbricanti in ordine alle specifiche esigenze dell'imbottigliatore, alla soluzione di base acqua-soda caustica.

Poiché la percentuale dei componenti di tali prodotti non è sempre facilmente accertabile o valutabile, è indispensabile rivolgersi a fornitori esperti e affidabili. Per fissare le concentrazioni delle soluzioni di base di una macchina lavabottiglie si dovranno tenere in primo luogo in conto le temperature massime raggiungibili in relazione al ciclo realizzato dalla macchina, quindi i tempi di contatto delle bottiglie con le soluzioni. Fissati questi due parametri, in base a tabelle analoghe a quelle riportate, potrà essere stabilita la concentrazione. Dalla conoscenza della capacità di ciascun bagno, mediante semplici calcoli stechiometrici, potranno essere valutati i quantitativi di soda da immettere nella macchina, aumentati del 20% circa in considerazione della degradabilità indotta dai residui "sporchi" delle bottiglie che comporterebbero aggiunte troppo frequenti.

L'operazione non presenta alcuna difficoltà, ma è opportuno considerare che, quando le acque di lavaggio hanno una durezza eccessiva (> 35°dF), nella preparazione della soluzione di base bisognerà aggiungere una certa percentuale in più di soda caustica rispetto a quella risultante dai calcoli, per compensare la perdita di alcalinità che avviene per reazione chimica tra le sostanze attive e gli elementi di durezza dell'acqua.

6.5. GLI STERILIZZANTI E I SANIFICANTI

Gli attuali sistemi di distribuzione e commercializzazione dei prodotti alimentari confezionati e delle bevande, a causa delle dimensioni stesse dei mercati di vendita, determinano possibilità di lunghe giacenze presso depositi o magazzini, prima di essere consumati.

Si pone allora il problema della conservazione del prodotto per periodi piuttosto lunghi senza che intervengano significative alterazioni biochimiche ed organolettiche. I danni derivati da tale eventualità, escludendo per bevande ben formulate l'instabilità di qualche componente, sono da imputare quasi esclusivamente ad eventi biologici e per questo bisogna prestare la massima cura a questi fattori nel ciclo tecnologico.

La pratica dimostra che esistono germi in grado di svilupparsi anche in condizioni a loro sfavorevoli nei moltissimi punti dell'impianto a contatto con l'alimento da confezionare, germi che, inquinando il prodotto, contribuiscono in maniera determinante a creare le difficoltà cui si è fatto cenno.

È importante quindi garantire un'igiene "globale" all'interno dell'industria alimentare, operando congiuntamente disinfezioni a livello ambientale (impianti, materiali di confezionamento, ambiente di lavoro) accompagnate da adeguati trattamenti dell'alimento.

La disinfezione ambientale

La disinfezione ambientale riveste un ruolo di primaria importanza tra le misure preventive per la tutela dell'igiene dei prodotti alimentari. Uno degli aspetti più complessi in un programma di sanificazione è rappresentato dalla scelta dei principi attivi per la disinfezione. Molteplici fattori influenzano l'efficacia e l'idoneità del disinfettante, il cui impiego deve essere attentamente valutato in funzione delle caratteristiche ambientali e operative, considerando i rischi corrispondenti all'ecologia microbica dell'alimento.

La *disinfezione* è la terza ed ultima fase del processo di sanificazione; le due fasi precedenti sono:

la detersione, con cui viene eliminato lo sporco organico;

la disincrostazione, con cui viene eliminato lo sporco inorganico.

L'obiettivo della disinfezione è molto diverso e, se si vuole, più sottile di quello delle fasi precedenti: con la disinfezione si vogliono "uccidere" i microrganismi patogeni, o potenzialmente dannosi a livello industriale, rimasti su una superficie anche dopo le fasi di detersione e disincrostazione.

Con la disinfezione si vogliono quindi ottenere delle superfici "microbiologicamente sicure" che non possano trasferire agli alimenti, con cui verranno a contatto, microrganismi dannosi per la salute del consumatore o per la stessa produzione e conservazione dell'alimento.

La disinfezione è il processo che si svolge applicando a una superficie un agente fisico o chimico chiamato *disinfettante*.

L'agente fisico per eccellenza è il vapore, mentre più articolato risulta il settore degli agenti chimici, di cui si farà pure una breve disamina.

Il termine "disinfettante chimico" si riferisce a sostanze applicate in solu-

zione acquosa a superfici inanimate e in grado di uccidere le forme vegetative dei microrganismi, ma non necessariamente le spore.

Da queste semplici premesse, è possibile fare alcune puntualizzazioni di carattere generale:

- non è possibile disinfettare una superficie che non sia stata precedentemente detersa;
- la disinfezione è un processo di prevenzione, i cui effetti non si possono vedere a "occhio nudo", ma solo con tecniche microbiologiche, in grado di provare la riduzione di una popolazione residente su una superficie prima e dopo la disinfezione;
- affinché gli effetti di ripetuti cicli di disinfezione diano risultati riproducibili, occorre *validare il processo*. Ciò significa: scegliere il disinfettante, studiare le condizioni operative (concentrazione d'uso, temperatura, tempo di contatto) adatte a raggiungere lo scopo della disinfezione, verificarne l'efficacia, *procedurizzare* le fasi del ciclo di disinfezione.

Efficacia dei disinfettanti

Prima di illustrare le proprietà di alcuni tra i principali principi attivi disinfettanti usati nell'industria alimentare è opportuno ricordare che l'*efficacia di un disinfettante* dipende non solo dalla sua effettiva capacità di uccidere i microrganismi, ma è influenzata anche dalle condizioni operative in cui esso agisce. I fattori fondamentali sono sicuramente la concentrazione di sostanza attiva e il tempo di contatto tra soluzione e superficie; ma ve ne sono altri che devono essere considerati per garantire l'efficienza e l'efficacia della disinfezione.

Ne ricordiamo alcuni:

- *presenza di residui di sporco*: possono fungere da barriera tra microrganismi e principio attivo e possono inoltre deprimere l'attività stessa del disinfettante, inattivandolo parzialmente o totalmente. Anche i residui accidentali di detergenti possono causare reazioni di inattivazione di alcuni principi attivi.
- *pH della soluzione d'uso*: ogni disinfettante ha un pH o un intervallo di pH ottimale in cui agisce. Uno scostamento da questi valori può portare a cambiamenti nella velocità d'azione fino a rendere il principio attivo innocuo;
- *Temperatura*: generalmente ha un'influenza positiva sull'attività del disinfettante. Ciò significa che, aumentando la temperatura della soluzione d'uso, aumenta la velocità d'azione e quindi l'efficacia relativa del disinfettante stesso.

Riassumendo, l'efficacia del disinfettante dipende da:

- proprietà chimiche;
- caratteristiche chimico-fisiche ambientali:
 - pH,
 - caratteristiche dell'acqua,
 - presenza di materiale organico,
 - presenza di residui di detergente,
 - temperatura,
- tempo di contatto.

Caratteristiche di un disinfettante

Il disinfettante ideale dovrebbe avere le seguenti caratteristiche:

- possedere uno spettro d'azione sui microrganismi il più ampio possibile, comprendente non solo batteri, ma lieviti, muffe e in certi casi anche virus;
- avere un'elevata velocità di azione che permetta di ridurre la durata della disinfezione a pochi minuti;
- non essere irritante per gli operatori;
- non essere corrosivo per le superfici;
- essere facilmente removibile (sciacquabile) e non lasciare residui sulle superfici dell'impianto e dei contenitori;
- essere stabile al variare delle condizioni ambientali;
- dar luogo a soluzioni d'uso riutilizzabili;
- non rilasciare cattivi odori che possano trasmettersi all'alimento;
- essere utilizzabile per ogni sistema di applicazione: CIP, riciclo, schiuma, spruzzo, immersione, ecc;
- essere innocuo per i depuratori biologici;
- essere compatibile con residui di sostanze chimiche inavvertitamente presenti;
- essere economico ed avere un vantaggioso binomio costo/efficacia.

In realtà un disinfettante che riunisca tutte queste qualità non esiste; nella pratica ogni agente chimico ha dei vantaggi che vanno commisurati ai suoi svantaggi. Se però si conoscono le proprietà dei disinfettanti disponibili sul mercato, è possibile scegliere in maniera ragionata quello che può soddisfare gli obiettivi di una particolare applicazione industriale.

Disinfettanti chimici

Vediamo una suddivisione dei disinfettanti industriali:

- *Alogeni*: cloro, iodio
- *Ossidanti*: acido peracetico
- *Ionici*: quaternari d'ammonio, acidi anionici

Cloro

È il disinfettante che ha trovato, già da lungo tempo, larga applicazione nell'industria alimentare, grazie al suo ampio spettro d'azione, che comprende batteri Gram positivi e Gram negativi, lieviti, muffe, spore e al relativamente basso costo d'impiego.

I disinfettanti a base di cloro si dividono in due grandi categorie:

- quelli di natura inorganica, come gli ipocloriti (liquidi) e il fosfato trisodico clorinato (polvere);
- quelli di natura organica, costituiti da sali che possono liberare cloro in soluzione (generalmente polveri).

Ambedue le categorie hanno spettri d'azione simili. Quando il cloro elementare, un ipoclorito o un donatore di cloro viene disciolto in acqua, si forma acido ipocloroso la cui dissociazione è funzione del pH. È dimostrato che l'attività battericida del cloro diminuisce con l'aumento del pH e viceversa; ciò indica che la specie chimica HOCl ha un potere disinfettante superiore alla specie OCl.

Questa considerazione, che ha un elevato valore scientifico, ne ha molto meno in pratica, in quanto si sa dall'esperienza che soluzioni alcaline (pH = 11÷12) di sodio hanno comunque un elevato potere battericida. Esse però non sono stabili e perdono efficacia con l'aumentare della temperatura.

Al contrario, le soluzioni di cloro organico hanno pH d'uso tamponato a valori di 6,5+8,5. Il loro utilizzo è particolarmente diffuso ed apprezzato per quelle applicazioni in cui sia assolutamente necessario avere un elevato grado di disinfezione a basse concentrazioni e a pH neutro.

Il cloro può essere utilizzato in un numero estremamente vario di applicazioni sia su superfici che vanno a diretto contatto con gli alimenti sia su altre (pareti, pavimenti, e simili). Può essere utilizzato su acciaio inossidabile a temperatura ambiente e a basse temperature senza dar luogo a corrosioni; mentre ad alte temperature e a pH acido può essere molto corrosivo. Il suo uso non è raccomandato su metalli leggeri.

Nell'industria alimentare i disinfettanti clorinati sono soprattutto usati a ricircolo/CIP ma, grazie alla loro versatilità, trovano impiego anche a spruzzo, a immersione, a nebulizzazione e manuale.

Iodio

Ci sono molti disinfettanti a base di iodio; quelli tradizionalmente usati nell'industria alimentare sono gli iodofori, che contengono tre elementi principali: lo iodio, una sostanza trasportatrice/solubilizzatrice dello iodio (che può essere un tensioattivo non ionico o un polimero) e un acido (generalmente fosforico).

Recentemente è stata introdotta una nuova generazione di disinfettanti industriali a base di iodio, contenenti ICl (monocloruro di iodio). Anch'essi sono acidi, liberano iodio attivo in soluzione, non contengono tensioattivi, non formano quindi schiuma nelle applicazioni a riciclo e sono più facilmente sciacquabili.

L'attività dei disinfettanti a base di iodio si esplica a pH acidi (2,5-3,5), e declina rapidamente a pH superiori a 5. Alle normali concentrazioni d'uso, comprese tra 12,5 e 25 ppm di iodio libero, gli iodofori presentano uno spettro di attività molto ampio, simile a quello del cloro, ma l'attività sulle spore batteriche è inferiore.

Gli iodofori non sono corrosivi per l'acciaio inossidabile e trovano quindi una vasta applicazione nell'industria alimentare. Sono invece corrosivi per i metalli leggeri, rame, zinco, alluminio. Gli iodofori possono essere usati sulla plastica, che tuttavia potrebbe colorarsi, mentre la gomma può diventare rigida e fragile dopo lunghi o prolungati contatti.

Gli iodofori possono trovare quindi, molteplici applicazioni nell'industria alimentare: adatti per l'utilizzo in CIP o a riciclo, è opportuno scegliere disinfettanti basati su ICl che come si è detto, non producono schiuma, in quanto non contengono tensioattivi. Trovano applicazione nelle zone dove è presente anidride carbonica; l'uso di prodotti acidi evita infatti la neutralizzazione dell'anidride carbonica, che avverrebbe se si usassero prodotti alcalini.

Gli iodofori sono anche utilizzati a spruzzo, immersione, spazzola e rimangono tra i preferiti per la disinfezione manuale.

Acido Peracetico

I disinfettanti a base di acido peracetico (PAA: CH_3COOOH) sono forti agenti ossidanti, formati da miscele in equilibrio di acido acetico, acqua ossigenata, acido peracetico e acqua.

Tra queste, la specie chimica che possiede maggiore attività è l'acido peracetico. Come il cloro, l'acido peracetico ha uno spettro di attività biocida molto ampio, che comprende: batteri Gram positivi e negativi, lieviti, muffe, spore e anche virus. Per questa ragione l'acido peracetico trova vasta applicazione in tutti i settori dell'industria alimentare, grazie anche alla sua compatibilità con l'acciaio inossidabile. Può diventare corrosivo in presenza di ioni cloruro ad una concentrazione in soluzione d'uso superiore a 50 ppm.

È utilizzato nel trattamento di serbatoi, riempitrici, tubature, sistemi di filtrazione. Il suo uso è compatibile con certi materiali plastici; non deve essere usato su alluminio, rame, zinco, bronzo poiché è molto reattivo e crea corrosioni, sviluppo di gas e calore.

L'applicazione principale dell'acido peracetico è nei sistemi CIP o a ricircolo, in quanto non produce schiuma. È anche possibile utilizzarlo per l'immersione di parti staccate di impianti.

Talvolta è utilizzato a spruzzo, anche se questa applicazione implica dei potenziali pericoli per gli utilizzatori e vi è il rischio che goccioline di acido peracetico possano accidentalmente depositarsi su superfici non compatibili e suscettibili di corrosione. Come per gli iodofori, il suo uso è compatibile con l'anidride carbonica.

Quaternari d'ammonio

Con il termine quaternari d'ammonio (QAC) si fa riferimento a un vasto gruppo di composti chimici formati da una porzione cationica con un atomo di azoto avente quattro legami, e da una anionica, di solito cloruro.

I gruppi R sono gruppi alchilici che comprendono catene a basso/alto numero di atomi di carbonio, sature/insature, ecc. I quattro gruppi possono essere tutti uguali, uguali a due a due o differenti.

Le caratteristiche dei QAC sono molto variabili e sarebbe quindi necessario esaminare l'attività battericida di ogni singolo composto per costruire un profilo di efficacia e applicabilità. Qualche generalizzazione è però possibile, prendendo a riferimento due dei QAC più utilizzati a livello industriale: il benzalconio cloruro e il cloruro dimetildidecilammonio.

Essi si dimostrano attivi nei confronti dei batteri Gram positivi, sono più selettivi su Gram negativi (*Pseudomonas*) e batteri incapsulati. Sono attivi su lieviti, muffe e alcuni virus; l'attività sulle spore è scarsa.

Una delle ragioni della diffusione dei QAC nell'industria alimentare è dovuta alla loro compatibilità con quasi tutti i tipi di materiale: acciaio inossidabile, metalli leggeri, ferro, ceramica, plastica e gomma. Inoltre i QAC hanno capacità tensioattive (riducono la tensione superficiale) che li rendono dei buoni bagnanti sulle superfici, anche quelle rugose. Questa caratteristica li rende adatti alla formulazione di prodotti ad attività detergente e disinfettante combinata.

I QAC sono applicati a spruzzo, a mano, per immersione, su tutti i tipi di superfici e di attrezzature. Sono raramente utilizzati a riciclo o negli impianti CIP

a causa della schiuma che producono. Il risciacquo richiede cure particolari, in quanto i QAC sono molto aderenti alle superfici dure e tendono a lasciare dei film su di esse. Questa particolarità è estremamente utile nel trattamento delle superfici che non vanno a diretto contatto con i cibi (pavimenti, muri, celle) in quanto l'attività residuale dei QAC fa da protezione nei confronti di una contaminazione accidentale.

Acidi Anionici

Questo gruppo di disinfettanti è usato da molti anni, soprattutto nel settore lattiero-caseario, ma solo da poco tempo comincia a trovare diffusione ampia.

Tipicamente essi contengono un tensioattivo anionico carico negativamente in un mezzo acido, ad esempio acido fosforico. Possono contenere altri coformulanti (esempio acidi grassi) per aumentarne l'attività.

Per esplicitare appieno la loro attività, è necessario che il pH della soluzione d'uso sia inferiore a 3; con l'aumentare del pH l'attività diminuisce fino a diventare nulla alla neutralità. La concentrazione delle soluzioni d'uso varia tra 200 e 1000 ppm.

L'attività è elevata sulle cellule vegetative dei batteri, mentre è più selettiva su lieviti e muffe, ma ugualmente soddisfacente per controllare i microrganismi industrialmente rilevanti. Gli acidi anionici sono assolutamente compatibili con l'acciaio inossidabile, trovano quindi la loro maggiore applicazione nella disinfezione a ricircolo o CIP degli impianti alimentari. Sono compatibili con la maggior parte dei materiali plastici e con la gomma, mentre possono essere aggressivi su ferro, alluminio e metalli leggeri.

L'uso degli acidi anionici è particolarmente indicato nell'industria delle bevande; infatti essi sono attivi contro i microrganismi responsabili di inquinamenti in queste produzioni, sono compatibili con i materiali di costruzione degli impianti (parte di essi possono essere tenute immerse a lungo senza pericolo di danneggiamenti), la loro acidità aiuta a solubilizzare i depositi minerali e, infine, sono utilizzabili in presenza di anidride carbonica.

Riassumiamo nelle *tab. 6.IX* e *tab. 6.X* le applicazioni e le caratteristiche dei disinfettanti analizzati.

6.5.1. Titolazione dei bagni delle lavabottiglie

In uno stabilimento di media potenzialità (> 100.000.000 bottiglie/anno) o di grande potenzialità (>300.000.000 bottiglie/anno) il problema della titolazione dei bagni caustici e delle successive aggiunte in fase di lavorazione, acquista un aspetto particolarmente delicato sia dal punto di vista operativo, trattandosi di movimentare diversi quintali di materiale al giorno, sia in ordine ai controlli da effettuare sui bagni per determinare l'entità delle aggiunte.

Allo scopo di automatizzare il controllo delle concentrazioni ed il loro continuo aggiustaggio sugli standard prefissati, sono stati sviluppati e messi a punto appositi apparecchi il cui funzionamento è basato su principi conduttimetrici.

La conduttività degli elettroliti (soluzioni acquose di acidi, basi o sali) e

Applicazione applicazione	Modalità di	AA	BN	CL	I	IC	PAA	QAC
<i>Ambiente</i>								
Pastorizzatori	Ricircolo, immersione		1					1
Sciacquatura contenitori	Spruzzo	1			3	1	2	
Aria Nebbia		2					1	
Nastri trasportatori	Spruzzo							
Pavimenti, pareti	Spruzzo, schiuma	2	2	3				1
<i>Sala sciropi/riempimento</i>								
Serbatoi, tubazioni	CIP	1		2		3	1	
Utensili, parti impianto	Immersione	2	3	1	2	3	3	
Riempitrice	CIP	1		2		2	1	
Impianti in pressione CO ₂	CIP	1				2	1	

Legenda: AA = Acidi Anionici; BN = Polibiguanide; CL = Cloro; I = Iodofori; IC = Monocloruro di Iodio; PAA = Acido peracetico; QAC = Quaternari di ammonio; 1 = opzione n° 1; 2 = opzione n° 2; 3 = opzione n° 3.

Tab. 6.IX - Applicazioni dei disinfettanti nelle industrie delle bevande.

quindi di una soluzione di lavaggio dipende dal fatto che le molecole disciolte nell'acqua si dissociano in ioni positivi ed in ioni negativi¹⁵.

Questi, sollecitati da un campo elettrico, determinano un flusso di corrente di intensità proporzionale al grado di dissociazione e quindi di concentrazione della soluzione. La misura di questa corrente, ossia della conduttività specifica della soluzione, dà l'esatta indicazione della sua concentrazione. Infatti, rappresentando graficamente il rapporto tra la conduttività e la concentrazione, si osserva inizialmente un andamento crescente della conduttività con la concentrazione, indi all'aumentare ulteriore della concentrazione, aumentando le azioni mutue tra gli ioni, la conduttività diminuisce di modo che a partire da una certa concentrazione non si ha più proporzionalità.

La conduttività per gli elettroliti è sensibilmente influenzata dalla temperatura e la conduttività specifica aumenta all'aumentare di questa secondo la relazione

$$X_t = \chi_{20} [1 + \eta(t - 20)]$$

dove X_t rappresenta la conduttività specifica alla temperatura e χ_{20} la conduttività specifici a 20°C. Il coefficiente di temperatura η indica la percentuale di ac-

¹⁵ L'unità di conduttività specifica è il Siemens per centimetro (S/cm). Molto spesso si usano le unità milli-Siemens (S/cm 10³) o micro-Siemens (S/cm 10⁶). Per i detergenti alcalini ed acidi la concentrazione usuale determina una conduttività specifica nel dominio dei milli-Siemens.

crescimento della conduttività per ciascun grado. Per le basi forti, può con sufficiente approssimazione valutarsi intorno al 2%, ossia la conduttività raddoppia passando da 20° a 70°C.

Basata sui principi esposti, un'apparecchiatura per il controllo dei bagni ed il dosaggio dei componenti può essere schematizzata come in fig. 6.53. Il funzionamento in linea di principio è il seguente: in una unità centralizzata vi è un conduttimetro al quale fanno capo, mediante un commutatore automatico, le sonde immerse nei vari bagni. In successione il conduttimetro ne misura la causticità ed in base al segnale ricevuto aziona le elettrovalvole montate sulla mandata delle pompe volumetriche per l'aggiunta del detergente ai vari bagni. Lo schema di comando dell'unità centralizzata è riportato in fig. 6.54.

	AA	BN	CL	I	IC	PAA	QAC
<i>Attività germicida</i>							
Spettro di attività	2	3	1	1	1	1	3
Bassa temperatura	1	3	1	1	1	3	1
Acqua dura	2	2	2	1	1	1	2
Presenza sporco	2	2	3	2	1	2	1
<i>Compatibilità con superfici</i>							
Acciaio inossidabile	1	1	2	1	1	1	1
Metalli leggeri		2				1	
Gomma	1	1	1	2	2	2	1
Plastica	1	1	1	3	3	1	1
<i>Applicazioni</i>							
FCS	1	1	1	1	1	1	1
non FCS	3	1	3	1			1
CIP/Ricircolo	1	3	1		1	1	
Spruzzo	3	1	3	2		1	
Schiuma	1	1	1			1	
Immersione	3	2	3	1		3	1
Nebbia		1					
<i>Miscellanea</i>							
Previene incrostazioni	1			3	2		
Pressione di CO ₂	1				1	1	
No schiuma	3	2	1		1	1	
Molta schiuma	1	3	1	2			1

Legenda: AA = Acidi Anionici; BN = Polibiguanide; CL = Cloro; I = Iodofori; IC = Monocloruro di Iodio; PAA = Acido peracetico; QAC = Quaternari di ammonio; 1 = opzione n° 1; 2 = opzione n° 2; 3 = opzione n° 3.

Tab. 6.X - Proprietà e applicazioni dei disinfettanti.

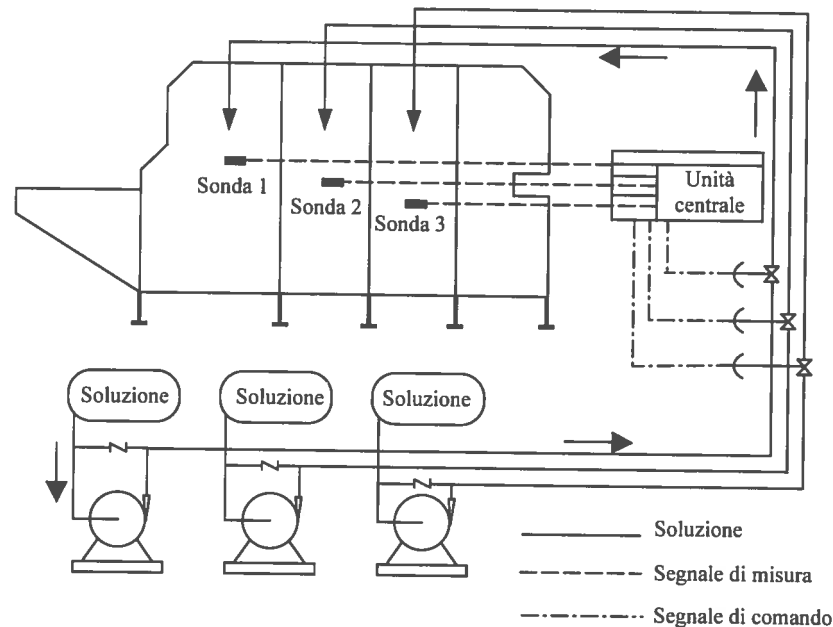


Fig. 6.53 - Schema del dispositivo per il controllo dei bagni e il dosaggio dei componenti.

Nella soluzione di lavaggio da misurare, o su una condotta di riciclo della stessa, dopo il filtro, è immersa la sonda della conduttività, provvista anche di un sensore di temperatura. Essa è alimentata attraverso un adattatore di impedenza da un generatore a media frequenza con tensione di alimentazione inferiore ai 50 mV.

Tali valori di tensione e frequenza sono suggeriti dalla necessità di mantenere entro limiti trascurabili l'errore derivante dalla tensione di polarizzazione che si genera alle facce del contatto elettrodo-elettrolita che, in quanto opposta alla tensione di misura, introdurrà un errore per difetto nella misura della conduttività.

I valori di conduttività e della temperatura del bagno così ottenuti sono trasmessi, attraverso un cavo di misura, all'unità centralizzata, dove la conduttività è misurata dal conduttimetro e comparata al valore prefissato, previa compensazione della temperatura che avviene attraverso un ponte di Wheatstone in cui la resistenza variabile è rappresentata proprio dal termistore accoppiato alla sonda di misura della concentrazione.

Il comando delle pompe di dosaggio funziona mediante una regolazione a due punti: allorché la concentrazione della soluzione è scesa al di sotto del livello prefissato, in uscita dal comparatore si otterrà un segnale che inserirà automaticamente le pompe di dosaggio. Ristabilito il valore della concentrazione, le pompe sempre automaticamente si fermeranno.

Normalmente il dosaggio automatico può essere disinserito per permettere il dosaggio iniziale o supplementare. Sovente è applicato al comando delle pompe anche un dispositivo di sicurezza che interrompe il dosaggio dopo un

tempo prefissato, indipendentemente dal segnale ricevuto dal comparatore. Esso si mette automaticamente in funzione dopo il dosaggio iniziale e preserva da dosaggi eccessivi, dovuti ad imperfetto funzionamento delle sonde o di qualche altro componente del sistema. Questo sistema di dosaggio automatico, che in teoria dovrebbe rispondere perfettamente agli scopi, in pratica non dà un affidamento assoluto. Il punto critico è rappresentato dalle sonde: per misurare correttamente e con attendibilità la conduttività è necessario che gli elettrodi di misura siano sempre perfettamente puliti ed isolati. Elettrodi sporchi portano ad un'indicazione errata per difetto, un cattivo isolamento degli stessi ad un errore per eccesso. È necessario perciò pulire frequentemente e con regolarità gli elettrodi ed effettuare saltuariamente delle misure di controllo. I carbonati eventualmente depositati su di essi dovranno essere disciolti per immersione in acido cloridrico diluito, cui seguirà un successivo energico lavaggio con acqua fresca.

Gli inconvenienti maggiori si hanno nelle lavabottiglie che lavorano bottiglie di ritorno a causa dei frammenti di etichette, residui di colle e depositi orga-

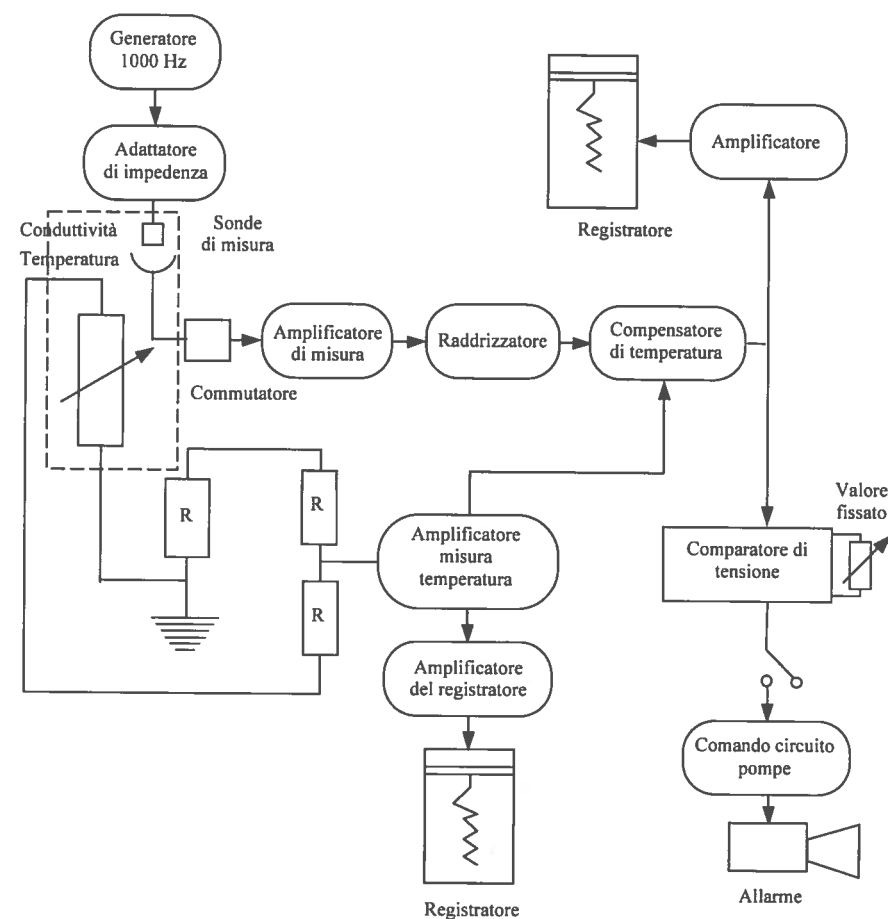


Fig. 6.54 - Schema di comando dell'unità centralizzata di dosaggio.

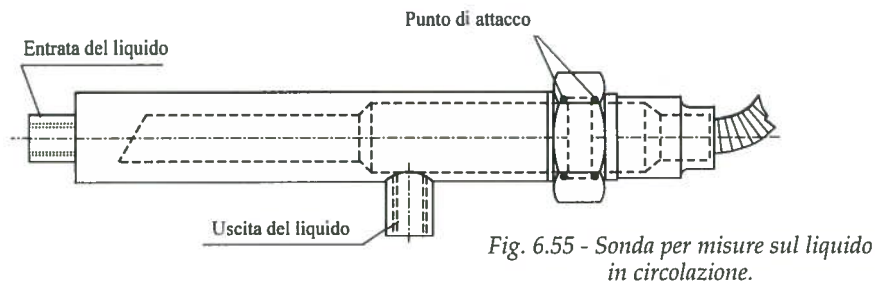


Fig. 6.55 - Sonda per misure sul liquido in circolazione.

nicì di varia natura, la cui influenza è assolutamente imprevedibile sia in ordine alla modifica del campo elettrico, sia in ordine alla distribuzione sulla superficie e nell'immediato intorno degli elettrodi.

In fig. 6.55 si riporta un tipo di sonda usata per misure sul liquido in circolazione, che ci sembra il più indicato nelle lavatrici per bottiglie di ritorno, in quanto il forte flusso di liquido riduce al minimo il deposito di frammenti di etichette e di materiali organici in sospensione nel liquido.

6.5.2. Dosaggio automatico degli additivi

Vi sono impianti in grado di eseguire e controllare tutte le operazioni di dosaggio in automatico e manuale di soda liquida, additivi, acidi, sequestranti e

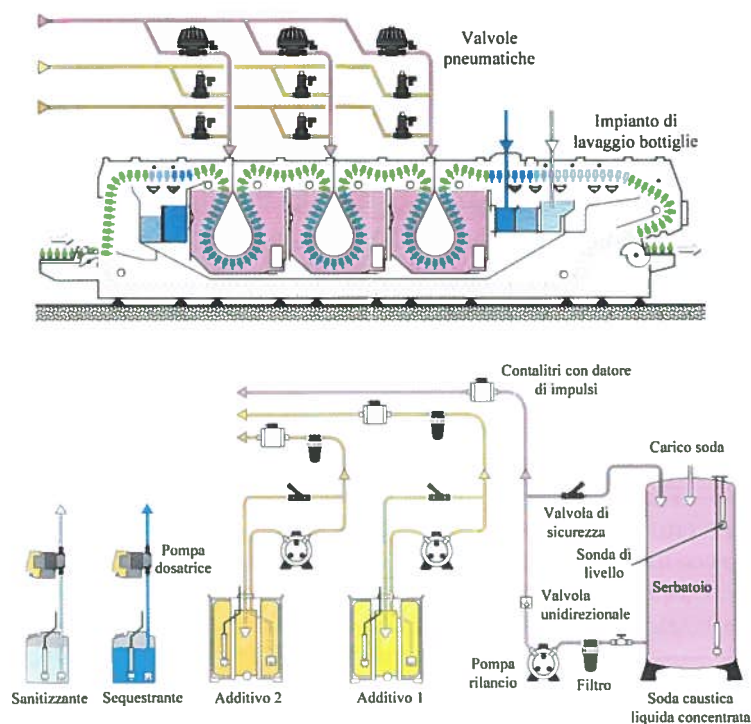


Fig. 6.56 - Impianto di dosaggio automatico soda e additivi.

disinfettanti nelle macchine lavabottiglie. Tutte le fasi di funzionamento e di allarme sono gestite da un dispositivo a logica programmabile.

Il dosaggio automatico avviene attraverso il rilevamento della causticità con speciali sonde di misura e conduttimetri di processo (uno per ogni singolo bagno), con doppia soglia di intervento (la prima per il dosaggio, la seconda per il sovra-dosaggio) e visualizzazione in continuo della percentuale di NaOH. Il controllo di ogni singolo bagno avviene in modo sequenziale, con interruzione temporanea solo per l'integrazione del bagno al di sotto del valore programmato, in tal caso la pompa soda inizia il dosaggio fino al ripristino della concentrazione impostata.

Il volume di soda dosato viene memorizzato da un PLC a livello di impulsi provenienti dai contaltri, proporzionalmente ai quali vengono aggiunti gli additivi in percentuale programmabile per ogni bagno. Terminato il dosaggio dell'ultimo additivo, ripartirà la sequenza fino alla richiesta successiva. I vari consumi di soda, additivi, acido, vengono visualizzati su appositi totalizzatori.

Si può facilmente operare in manuale, sia a livello di carica iniziale dei bagni sia di aggiunte supplementari, agendo sul pannello di comando mediante un predeterminatore numerico a microprocessore. Si può infine effettuare la partenza del dosaggio su comando manuale e l'arresto automatico al raggiungimento della quantità impostata, con visualizzazione dei litri erogati parziali e totali dei componenti dosati.

Infine in fig. 6.57 è riportata la "curva di congelamento della soda liquida"

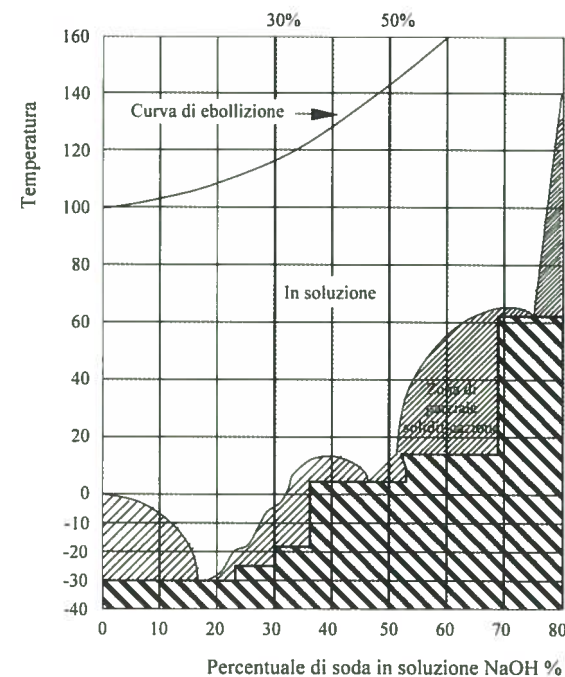


Fig. 6.57 - Curva di congelamento della soda liquida.

la cui conoscenza è essenziale per un corretto dosaggio, nelle diverse condizioni di temperatura della soda.

6.5.3. Il controllo delle incrostazioni nelle lavabottiglie

Le acque di lavaggio, in base alla loro durezza, possono essere industrialmente distinte in:

Classificazione	durezza °dF
dolcissime	0÷7
dolci	8÷15
dure	16÷25
molto dure	26÷35
durissime	oltre 36

Le acque fino a 15° dF possono essere impiegate senza alcuna precauzione; al di sopra di tale valore di durezza incominciano a dar luogo alla precipitazione di sali di calcio e di magnesio che provocano tenacissime incrostazioni su tutte le parti fisse e gli organi mobili della macchina a diretto contatto con l'acqua, comprese tubazioni, pompe e relative armature. Tali incrostazioni rappresentano un grave pericolo sia per il corretto funzionamento meccanico della macchina sia per la perfetta pulizia delle bottiglie.

Controllare tali incrostazioni sta a significare perciò che gli ioni calcio e magnesio, ed eventualmente ferro ed alluminio, contenuti nell'acqua impiegata nelle lavabottiglie, devono essere mantenuti costantemente in soluzione in qualsiasi stadio del ciclo di lavaggio.

Due zone sono particolarmente interessate al fenomeno: i bagni di macero ed il bagno di primo risciacquo caldo, immediatamente successivo al bagno di ultimo macero; è proprio in tale zona che l'effetto negativo delle incrostazioni influisce maggiormente sull'efficacia del lavaggio, determinando l'isolamento termico delle serpentine di riscaldamento, l'occlusione degli ugelli di spruzzatura, il blocco delle giranti delle pompe di circolazione, l'aumento di scabrosità delle pareti interne ed esterne degli alveoli portabottiglie, ed altri inconvenienti simili.

Per evitare le incrostazioni nei bagni detergenti, si ricorre a sostanze capaci di mantenere in sospensione, in soluzione o di far precipitare sotto forma di flocculato incoerente i composti che potrebbero dar luogo alle incrostazioni.

Una delle sostanze più largamente usate, anche in considerazione del basso costo, è il fosfato trisodico del quale già si è detto; tuttavia esso, in determinate condizioni, può persino dar luogo a sua volta a depositi, fino a formare speciali incrostazioni a base di carbonati e fosfati. Questo prodotto inoltre è poco efficace per bloccare incrostazioni a base di alluminio e di silicato.

Questi limiti hanno orientato i tecnici verso i fosfati complessi, malgrado il loro costo più elevato; essi infatti riescono a bloccare perfettamente il calcio ed il magnesio ed in modo soddisfacente l'alluminio. Un aspetto negativo però è il

loro comportamento alle temperature elevate (> 70 °C), perché diventano instabili e si degradano a livello dei fosfati trisodici.

Una maggiore garanzia la si ottiene con i chelanti, alcuni dei quali, come i gluconati, dimostrano una particolare affinità per lo ione calcio, magnesio ed alluminio. Essi, oltre a formare complessi solubili con gli ioni anzidetti, e quindi ad agire come agenti dolcificanti delle acque più dure, migliorano l'efficacia delle soluzioni (potere detergente).

Le sostanze indicate, ed in particolare i chelanti ed i polifosfati, hanno consentito di superare il problema delle incrostazioni nei bagni di macero, ma per quanto attiene alle zone di risciacquo caldo il problema si presenta in modo differente, perché le precipitazioni sono in stretta correlazione con la presenza di residui della soluzione detergente trasportati dagli organi mobili della macchina; l'alcalinità di tali residui neutralizza i bicarbonati di calcio e di magnesio e li fa precipitare sotto forma di carbonati insolubili.

Il trattamento antincrostante in questi settori di risciacquo può essere realizzato mediante immissione con pompe volumetriche, con portata proporzionale al flusso d'acqua, di prodotti disincrostanti: sistema oltremodo oneroso e di non assoluta affidabilità per eventuali guasti nel funzionamento della pompa o di altri organi del sistema.

In alternativa si può ricorrere alla dolcificazione di tutta l'acqua immessa in questo comparto della macchina, ma tale sistema, per quanto sicuro, risulta anch'esso molto oneroso.

Un sistema frequentemente utilizzato consiste nell'eliminare al massimo ogni residuo di soluzione sodica (causa principale delle incrostazioni) in un'apposita sezione della macchina susseguente ai maceri caustici, ma precedente ai risciacqui. Naturalmente la macchina deve essere appositamente progettata allo scopo ed il costruttore deve prevedere lo spazio per questo piccolo scomparto dove lavorano forti getti d'acqua dolcificata che riescono ad eliminare qualsiasi residuo di soluzione detergente, sia dalle bottiglie sia dagli alveoli. Per rendere il compito più agevole, l'ultima sezione di lavaggio alcalino viene volutamente mantenuta a bassa concentrazione caustica (0,25 + 0,50%) in modo che le bottiglie fuoriescano con un bassissimo residuo alcalino.

Sovente è stato adottato, con un certo successo, il sistema impropriamente detto di "limitazione", consistente nell'impiego nell'ultimo bagno caustico di un composto ad alta percentuale di fosfati o chelanti i cui residui, una volta trasportati nel bagno di risciacquo dalle bottiglie e dai cestelli, riescono ad addolcire l'acqua. In questo modo si tenta di sfruttare il fenomeno del trasporto per bloccare la formazione di incrostazioni.

6.5.4. Controllo di funzionamento delle lavabottiglie

Poiché i parametri fondamentali che determinano l'efficienza di lavaggio sono la temperatura, la causticità e la pressione degli spruzzi, nell'esercizio di una lavatrice essi devono essere controllati frequentemente, rapidamente e con precisione. Allo scopo è necessario disporre delle schede del tipo riportato nella **tab. 6.XI**.

LINEA DI IMBOTTIGLIAMENTO													DATA							
Lavatrice mod.													Data rinnovo bagni							
Vasca	I				II				III				IV				Bottiglie lavate	Scarti		
Capacità (ℓ)																				
Carica iniziale (kg)																				
Ora	T	C	P	AG	T	C	P	AG	T	C	P	AG	T	C	P	AG				
1 ^a																				
2 ^a																				
3 ^a																				
4 ^a																				
5 ^a																				
6 ^a																				
7 ^a																				
8 ^a																				

T = temperatura (°C)
 C = concentrazione NaOH (%)
 P = pressione spruzzo (atm)
 AG = aggiunte detersivo

Tab. 6.XI - Controllo dei parametri fondamentali che determinano l'efficienza di lavaggio.

È opportuno che la frequenza dei rilievi sia oraria e venga fatta automaticamente. Tuttavia la misura della temperatura potrà essere fatta direttamente con un termometro a mercurio o a termocoppia nelle vasche, anche se la macchina è dotata di strumentazione centralizzata. L'inesattezza ed il margine di errore introdotti dagli strumenti indicatori a distanza normalmente impiegati possono essere sensibili.

Le pressioni vanno rilevate con manometri posti sulla mandata delle pompe di alimentazione spruzzi. La determinazione del contenuto di soda caustica può avvenire mediante titolazione di un determinato volume di soluzione, prelevata preferibilmente dalle tubazioni di mandata delle pompe (ossia dopo il filtro), con acido cloridrico di determinata "normalità".

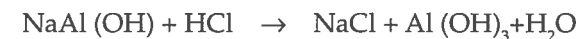
L'indicatore più usato è la fenolftaleina. I centimetri cubici di acido consumato danno direttamente, con la moltiplicazione del fattore 0,04, la concentrazione della soda in percentuale.

È necessario che la quantità di soluzione titolata e la "normalità" dell'acido cloridrico siano ben determinati perché i valori ottenuti siano affidabili. La pratica più frequente consiglia di titolare 10 cc di soluzione con HCl N/10 oppure 50 cc di soluzione con HCl N/2 o ancora 100 cc di soluzione con HCl N/1.

Per evitare di titolare anche il carbonato presente nella soluzione impiegando come indicatore la fenolftaleina, si possono separare i carbonati mediante cloruro di bario. Nella maggioranza dei casi, poiché la presenza di carbonati introduce un errore insignificante, in linea di massima i carbonati non vengono fatti precipitare.

Nelle soluzioni di lavaggio che contengono alluminio, questo metodo di titolazione è troppo impreciso poiché, oltre alla soda caustica libera, viene considerato anche l'alluminato di sodio e di conseguenza nasce un errore in eccesso nella valutazione quantitativa di soda caustica.

Le reazioni di titolazione sono le seguenti:



Con un contenuto di alluminio al di sotto dello 0,1%, l'errore di titolazione può ritenersi trascurabile, ma nella maggioranza dei casi l'errore è notevole e va corretto.

Indicata infatti con P la quantità di acido cloridrico consumata nella reazione di titolazione di una soluzione, senza tener conto dell'alluminio, e PI la quantità di acido cloridrico consumato da una soluzione tenendo conto dell'alluminio, riportati questi valori in un diagramma cartesiano in funzione del numero delle bottiglie lavate, si ottengono due rette di cui la seconda con pendenza molto più elevata (fig. 6.58).

Supponiamo di lavorare con una soluzione iniziale al 2% di soda caustica per lavare bottiglie aventi un collarino di alluminio del peso di 0,5 g.

Dopo aver lavorato circa 6.000 bott/m³ (punto A sulle ascisse), ossia quando nella soluzione è disciolto circa lo 0,3% (3 kg/m³) di alluminio, procediamo

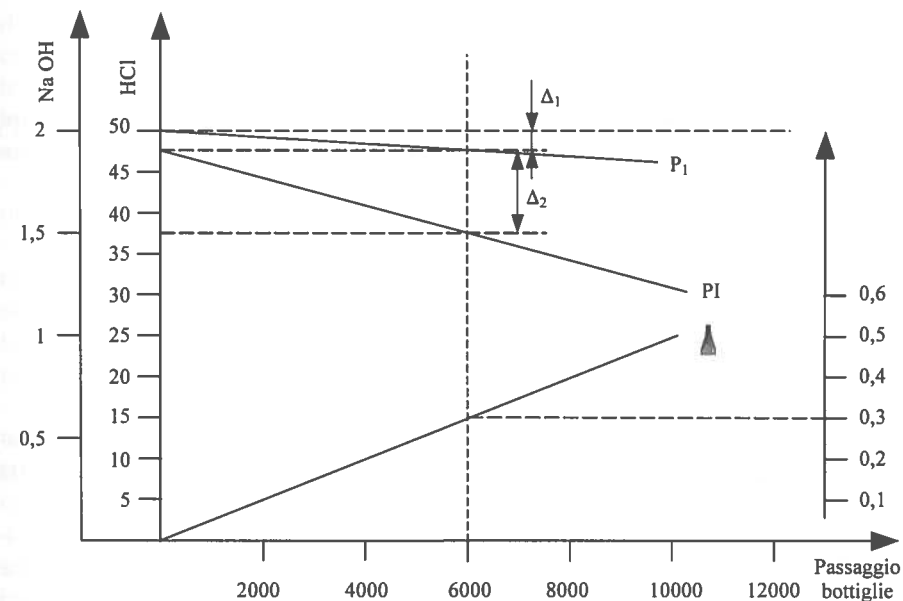


Fig. 6.58 - Titolazione delle soluzioni in funzione delle bottiglie trattate.

ad una titolazione con il solito sistema. Troveremo un valore di P pari a 47, ossia corrispondente all'1,8% di soda caustica.

Il quantitativo mancante di soda A, per ripristinare in base a questa misura il valore iniziale della soluzione, dovrebbe essere di 1,2 Kg circa.

In realtà, dopo tale aggiunta l'effetto di lavaggio non è soddisfacente perché occorre un'ulteriore aggiunta di circa 5 Kg/m³, come appare dal grafico di fig. 6.58, poiché la concentrazione effettiva di soda caustica, ossia il valore di P effettivo (PI) era sceso a 1,5 (ossia 37,5) a causa dell'alluminio sciolto.

Come già detto, l'aggiunta errata è dovuta all'insufficiente titolazione, che non permette la determinazione del contenuto effettivo di soda caustica nella soluzione.

È opportuno perciò usare un procedimento modificato che consente di determinare, oltre all'effettivo valore PI, ossia all'effettiva concentrazione di soda caustica, anche il tenore in alluminio; il che è interessante per ulteriori controlli dell'intero processo di lavaggio. Si procede come segue:

A) Si titola come al solito 50 cc di soluzione (oppure 10 cc, oppure 100 cc) con HCl N/2 (rispettivamente N/10 ed N/1) con fenolftaleina indicatore, finché la soluzione diventa incolore.

Si pone: Consumo acido cloridrico = p_1 .

B) Si aggiunge circa 4-5 gocce di fluoruro di sodio (la soluzione si colorerà nuovamente in rosso) e si continua a titolare finché la soluzione diventa nuovamente incolore.

Si pone: consumo di acido cloridrico = p_2 .

Da cui:

$$P_1 - 1/3 P = PI$$

$$PI \times 0,04 = \% \text{ di soda caustica}$$

$$P_2 \times 0,01 = \% \text{ di alluminio.}$$

Esempio:

Per il controllo di una soluzione si consumano 48 cc di acido cloridrico ($p_1 = 48$). Dopo l'aggiunta di fluoruro di sodio, si consumano altri 30 cc di acido cloridrico ($p_2 = 30$; $1/3 p_2 = 10$).

Si calcola:

$$PI = 50 - 10 = 40$$

$$40 \times 0,04 = 1,6 \% \text{ di soda caustica}$$

$$30 \times 0,01 = 0,3 \% \text{ di alluminio.}$$

Il procedimento di titolazione di cui alla lettera A) si basa sulle reazioni:



Pertanto la soda caustica all'inizio titolata, anche se legata come alluminato, viene calcolata mediante successiva determinazione dell'alluminio e sottratta perché non è più interessante per il lavaggio.

La determinazione dell'alluminio stesso si basa sulla reazione tra idrossido di alluminio e fluoruro di sodio, durante la quale si libera soda caustica che viene calcolata nel passo di titolazione B), e che serve da unità di misura per i calcoli.

6.5.5. Pericoli di reinfezioni nelle lavabottiglie

In linea di massima ai fini della reinfezione delle bottiglie, ossia di inquinamento batteriologico a causa di germi introdotti dalle stesse bottiglie, ma sviluppatosi all'interno della macchina, questa può dividersi in tre zone distinte:

- Zona detergerete;
- Zona risciacquo caldo;
- Zona risciacquo freddo.

Lavorando opportunamente, e con la scelta di un ciclo idoneo, è piuttosto difficile la presenza di germi tecnicamente pericolosi nella zona detergente, anche se è impossibile ottenere una sterilità totale per l'inevitabile presenza di batteri sporigeni che presentano notevole resistenza a temperatura, causticità e tempi di contatto più elevati di quelli normalmente realizzati dai cicli di lavaggio.

Essi però non hanno significativa importanza nella produzione di bevande. L'eventuale sopravvivenza di microrganismi in questa zona delle lavabottiglie può essere legata alle seguenti condizioni anormali di esercizio:

- Insufficiente temperatura dei bagni;
- Insufficiente concentrazione delle soluzioni;
- Soluzioni degradate dallo sporco con formazione di colloidali e relativa azione protettiva dei germi;
- Azione protettiva dei germi da parte della schiuma;
- Inquinamento anomalo dovuto a bottiglie particolarmente sporche.

In linea di principio, pericoli di reinfezione dovuti alle soluzioni di lavaggio sono abbastanza remoti e comunque eliminabili facilmente una volta individuata la causa.

La situazione diventa molto più critica sotto questo aspetto nelle sezioni di risciacquo ed in particolare nella zona di risciacquo caldo, dove eventuali microrganismi trascinati con le soluzioni detergenti o da bottiglie non perfettamente sanificate trovano le condizioni più favorevoli per lo sviluppo: temperature da termostato, acqua a lento rinnovo, arricchimento della stessa con substrati di germogliamento.

Prelievi effettuati in queste zone della macchina rivelano contenuti di germi straordinariamente elevati, anche se in genere si tratta soprattutto di ifomiceti.

Onde limitare il fenomeno, il sistema più rapido ed economico consiste nell'immettere in queste zone agenti sterilizzanti quali cloro e iodio: i metodi da seguire sono la cosiddetta *disinfezione shock*, ossia la sporadica aggiunta di una forte aliquota di sterilizzante, oppure il dosaggio continuo dello stesso mediante una pompa dosante o un gocciolatore.

È preferibile il secondo sistema che consente, mediante liberazione continua di cloro attivo, una certa azione protettiva anche per le superfici e le parti della macchina, al di fuori del campo di spruzzo e al di sopra del livello d'acqua dei bagni.

Circa il dosaggio degli agenti sterilizzanti, le opinioni dei tecnologi sono alquanto discordanti e per un sicuro effetto sono assolutamente insufficienti i limiti accettati per il trattamento delle acque potabili (circa 0,3 mg/I).

Nelle zone di acqua calda, dove il pH è compreso tra 9 e 12 ed i batteri sono

di natura più varia, quantità di cloro da 5 a 10 mg/l bastano appena per una riduzione difensiva del contenuto dei germi. Per parlare concretamente di post-disinfezione attiva delle bottiglie, la concentrazione del cloro deve andare da 50 a 100 mg/l, valore che può essere notevolmente ridotto in condizioni operative ineccepibili.

È necessario far presente che, operando a concentrazione di cloro così elevate, esiste la possibilità del trasporto del cloro nel risciacquo freddo e quindi di trovare residui troppo elevati di cloro nelle bottiglie lavate.

Per il risciacquo freddo nascono gli stessi problemi proposti dalle zone di risciacquo caldo, seppure attenuati dalla temperatura più fredda e dal ricambio più frequente dell'acqua.

Tali problemi sono in stretta relazione con quanto avviene nella zona di risciacquo caldo per la marcata influenza del trasporto di liquido, sotto l'aspetto biologico.

Anche l'acqua del risciacquo freddo deve essere additivata con agenti sterilizzanti, ma è necessario operare a livelli più bassi di cloro per evitare residui troppo elevati in bottiglia che potrebbero permanere anche dopo l'ultimo risciacquo a spruzzo con acqua potabile. È opportuna una leggera clorazione di quest'acqua (fino a 0,3 mg/l): con tali valori, al massimo in una bottiglia da litro all'uscita dalla macchina si potrà trovare un residuo di cloro pari a 6×10^{-4} mg, tenore accettabile per la stragrande maggioranza delle bevande.

Qualora si volesse adoperare acqua dechlorata per l'ultimo risciacquo, bisogna porre la massima attenzione perché i filtri di dechlorazione possono produrre a loro volta un forte aumento di germi nell'acqua.

Un semplice controllo per determinare l'eventuale pericolo di reinfezione consiste nel far passare attraverso la macchina alcune bottiglie accuratamente sterilizzate, esaminandole successivamente con altre lavate normalmente e confrontando il contenuto di germi: se i risultati non si differenziano in alcun modo significa che la flora di reinfezione supera notevolmente la flora residente.

Una subdola fonte di pericolo ai fini della reinfezione è l'immane gocciolamento alla testata di scarico delle lavatrici che casualmente può entrare nelle bottiglie in uscita (fig. 6.59). In queste gocce il contenuto di germi è talmente elevato (1.000.000 per ml) da poter invalidare, sotto l'aspetto biologico, tutto il risultato del lavaggio.

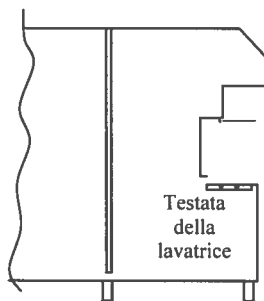


Fig. 6.59 - Reinfezione della bottiglia ad opera di gocce di acqua condensata.

Anche la presenza di lieviti è molto elevata; fonte principale di questa microflora e batteri sono le pareti interne della macchina, non direttamente a contatto con le soluzioni o le acque di risciacquo.

Resti d'etichette ed incrostazioni, mescolati con organismi viventi di ogni genere, dai batteri dell'acqua ai lieviti, dalle muffe alle alghe ed ai microrganismi animali, trovano qui un ambiente ideale e costituiscono una fonte inesauribile di infezione che finisce anche nell'acqua di condensazione quale è da considerarsi quella di gocciolamento in testata.

Un rimedio efficace consiste nel costruire la macchina in modo da limitare la diffusione delle condense e di provvederla di opportuni tiraggi. Tali precauzioni tuttavia sono insufficienti, se non confortate da un'accurata e frequente pulizia della macchina.

6.5.6. Pulizia di una lavabottiglie

La struttura meccanica delle macchine a tunnel non ne consente un'agevole pulizia; tale operazione è ulteriormente disturbata dalle barre portacestelli e dai cestelli che creano all'interno della macchina delle sacche non efficacemente penetrabili.

La pulizia interna delle macchine deve essere fatta per spruzzatura ad alta pressione onde rendere il getto d'acqua efficace anche nelle zone non direttamente colpite; allo scopo si usano soluzioni lavanti e sterilizzanti a base di cloro alcalino che garantisce anche una certa azione anticorrosiva.

Effettuata la pulizia, naturalmente a macchina vuota e scarica, si può procedere alla sanificazione mediante spruzzatura di liquidi disinfettanti, eventualmente misti a vapore.

Tali disinfettanti sono prodotti a base di quaternari di ammonio che hanno la prerogativa di conservare nel tempo le loro proprietà attive contro le muffe. Per quest'ultima operazione, se effettuata a freddo, non occorrono apparecchi particolarmente complessi e costosi; è sufficiente un semplice spruzzatore.

6.6. LE SCIACQUATRICI-STERILIZZATRICI

Con questa denominazione impropria viene indicata una categoria di macchine derivate dalle vecchie soffiatrici ad iniezione d'aria impiegate per rimuovere residui di polvere e di gas indesiderati dalle bottiglie di resine sintetiche oppure di vetro nuove di vetreria. Sono escluse a questa trattazione le sterilizzatrici e successive sciacquatrici utilizzate nel confezionamento in contaminazione controllata (ad esempio per il confezionamento in asettico). Tali macchine lavorano in blocco con la riempitrice e saranno trattate nel capitolo relativo al confezionamento in asettico.

Le sciacquatrici possono essere ad aria o ad acqua.

Le prime, di configurazione piuttosto semplice, iniettano aria sterile oil-free a pressione nella bottiglia, posizionata con la boga in basso. Un flusso d'aria a pressione rimuove dalla parete del fondo eventuali impurità; talché, lasciata in

quella posizione la bottiglia per qualche secondo, decantano o precipitano corpuscoli, polvere e altri residui indesiderati.

Tali macchine, indispensabili quando le bottiglie hanno sostato per qualche tempo in siti esposti alle polluzioni atmosferiche, allo stato attuale, almeno nell'industria delle acque minerali e delle bevande analcoliche, sono state totalmente abbandonate a vantaggio del lavaggio ad acqua perché realizzano la sola pulizia delle bottiglie senza alcuna azione di sanitizzazione.

6.6.1. Le sciacquatrici ad acqua

Queste macchine sotto l'aspetto impiantistico si distinguono in:

- sciacquatrici lineari,
- sciacquatrici a giostra verticale,
- sciacquatrici a giostra orizzontale.

Le *sciacquatrici lineari*, impiegate per produzioni di laboratorio e/o sperimentali, ma comunque di bassa resa, constano di tre sezioni (fig. 6.60):

- sezione di ingresso e rovesciamento bottiglie,
- sezione di sciacquo,
- sezione di uscita e riposizionamento bottiglie.

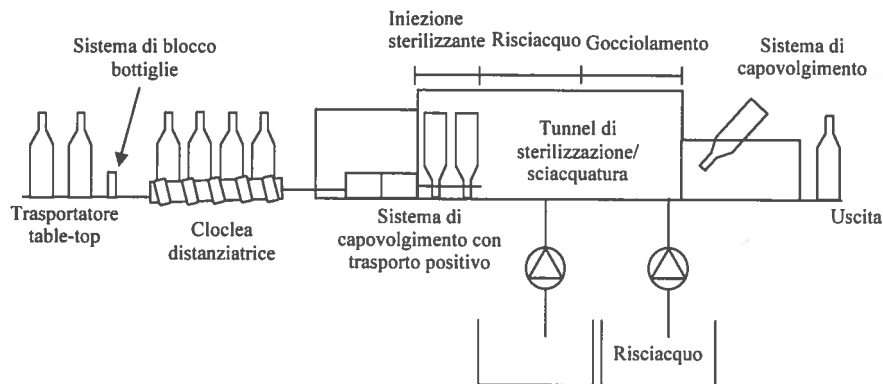


Fig. 6.60 - Sciacquatrici lineari.

I tempi di lavaggio (corrispondenti al tempo di permanenza della bottiglia nella sezione di lavaggio) vanno da 3 + 4 secondi, se non si esegue la sterilizzazione della bottiglia con agenti chimici: da 7 + 8 secondi se il lavaggio è completo di sterilizzazione.

Lavatrici a carosello verticale

Per produzioni medie le dimensioni della macchina lineare risulterebbero troppo lunghe, quindi, per ridurre le dimensioni, la sezione di trattamento viene costruita a carosello verticale (fig. 6.61).

Anche questo tipo di macchina, che funziona con buona affidabilità fino a produzioni orarie di 15.000 bott/h, con tempi di trattamento di 6 + 7 secondi, ri-

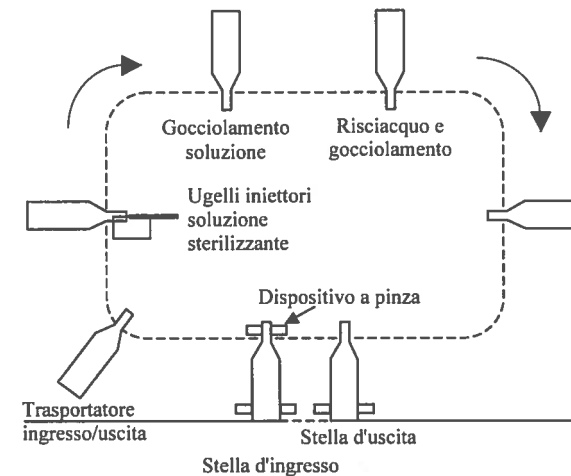


Fig. 6.61 - Principio di funzionamento di sciacquatrice/sterilizzatrice a carosello verticale.

sulta inadatta per produzioni orarie molto elevate, per le quali si rendono necessarie le macchine a giostra orizzontale.

Le sciacquatrici - sterilizzatrici a giostra orizzontale

Sono macchine adatte alle alte cadenze produttive, ma quando sono necessari tempi di trattamento superiori ai 12 secondi, le due operazioni di sterilizzazione e di risciacquo vengono effettuate da due macchine a giostra distinte poste in serie. La disposizione di impianto più frequente vede la sciacquatrice (e anche la sterilizzatrice se necessaria) in block con la riempitrice. Il principio di funzionamento di una sciacquatrice a giostra orizzontale è mostrato in fig. 6.62.

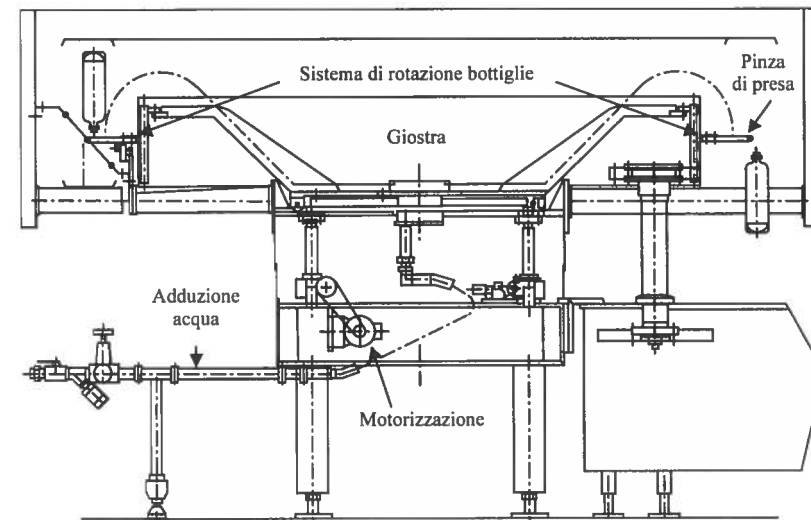


Fig. 6.62 - Schema del principio di funzionamento di una sciacquatrice.

La bottiglia viene saldamente agganciata sul collo da una pinza di presa (fig. 6.63) e successivamente capovolta durante la rotazione, presentando l'imboccatura verso il basso nella zona di trattamento.

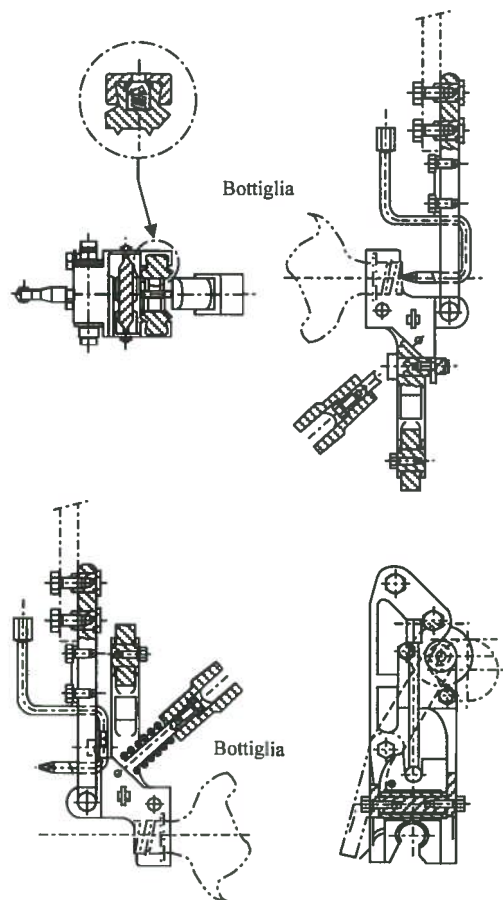


Fig. 6.63 - Pinza di presa.

La sciacquatrice può essere:

Ad un solo trattamento (fig. 6.64). In questo caso il ciclo è il seguente:

- iniezione di acqua per 2"
- sgocciolamento per 4"
- Ciclo totale 6".

A due trattamenti (sciacquatrice - sterilizzatrice) (fig. 6.65). Il ciclo è:

- iniezione di disinfettante 2",5
- iniezione di acqua per 2",5
- sgocciolamento per 4"
- Ciclo totale 9".

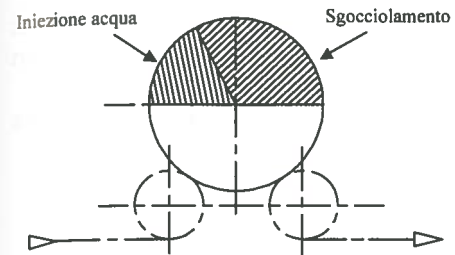


Fig. 6.64 - Tempi ciclo di una sciacquatrice ad un solo trattamento.

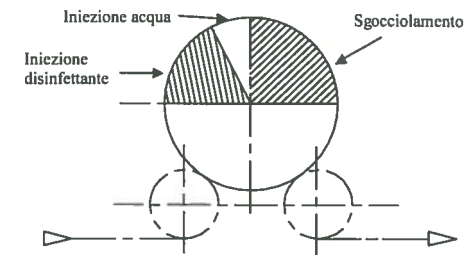


Fig. 6.65 - Tempi ciclo di una sciacquatrice a due trattamenti.

Sciacquatrici rotative compatte

L'introduzione delle bottiglie di plastica e l'uso sempre più diffuso di bottiglie di vetro a perdere spinse a progettare macchine più compatte e meno dispendiose in termini di energia e consumo di acqua e detersivi. All'inizio degli anni '80 vennero presentate sciacquatrici rotative molto compatte (fig. 6.66).

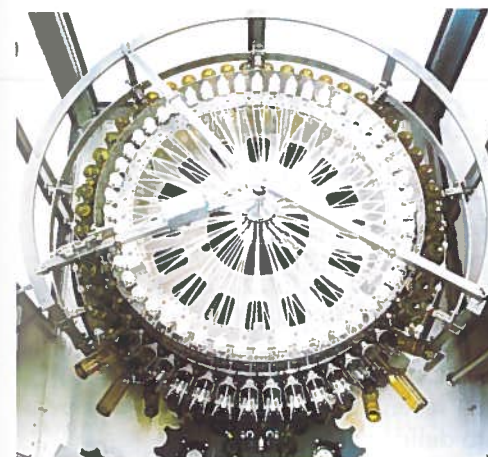


Fig. 6.66 - Sciacquatrice rotativa per bottiglie (PROCOMAC S.p.A, 1981).

In queste macchine le bottiglie vengono dapprima capovolte, poi sottoposte ad un trattamento con soluzioni detersivi ad alta pressione iniettate da un ugello che normalmente penetra all'interno della bottiglia.

La conformazione dell'ugello è studiata in funzione della bottiglia da trattare, e deve garantire un'azione efficace su tutta la superficie interna della bottiglia. È possibile effettuare fino a tre tipi separati di trattamenti sulla stessa bottiglia: ad esempio una sterilizzazione con acqua ozonizzata e il successivo risciacquo con acqua sterile; oppure un soffiaggio con aria sterile con successiva aspirazione; oppure un trattamento con acqua calda seguito da soffiaggio di vapore e successivo risciacquo. Il controllo dei tempi di trattamento può essere di tipo meccanico o elettronico, che risulta più preciso.

Nella fig. 6.67, che riporta lo schema di una sciacquatrice rotativa a triplo trattamento, si può nota-

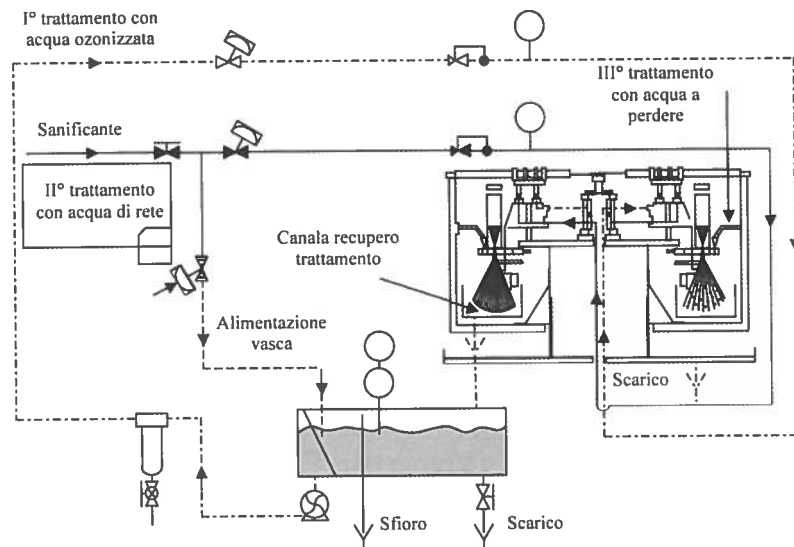


Fig. 6.67 - Schema di una sciacquatrice rotativa a triplo trattamento.

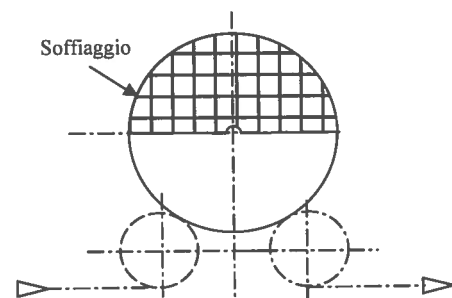


Fig. 6.68 - Soffiatrice con aria sterile a gas sterilizzanti.

re che, per ridurre i consumi, il liquido del secondo trattamento viene recuperato, filtrato e usato per il primo trattamento delle bottiglie.

Soffiatrice con aria sterile e gas sterilizzanti (fig. 6.68). L'ugello del getto è mobile ed entra nella bottiglia per circa 50 mm.

Se si dovesse fare un trattamento con acqua-ozono (o altro agente sterilizzante) è consigliabile collegare in serie due macchine: una per il trattamento con ozono e una con acqua di risciacquo (fig. 6.69). La macchina con il trattamento con ozono deve essere isolata e protetta con aspiratori per non diffondere l'ozono nell'ambiente.

Le sciacquatrici possono essere a *getto fisso* o a *getto mobile*; in questo caso il getto entra nella bottiglia per almeno 50 mm. Le sciacquatrici-soffiatrici sono costruite in acciaio inox AISI 304 o per trattamenti speciali in AISI 316. La pinza è proporzionata per agganciare una bottiglia per il collo fino ad un peso di kg 0,5.

In genere i componenti e i materiali usati possono permettere trattamenti di sanificazione fino a 80°C.

Si possono sanificare bottiglie sia in PET che in vetro, di varie forme con altezze da 150 a 370 mm e con diametro dipendente dal passo della macchina.

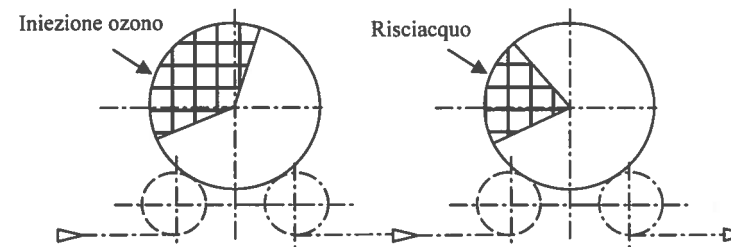


Fig. 6.69 - Sciacquatrice con trattamento acqua-ozono.

La meccanica delle sciacquatrici a giostra

Essendo normalmente progettate per realizzare diversi cicli di lavaggio, sono composte da tre sottosistemi (fig. 6.70):

- Quadro elettrico (1)
- Basamento (2)
- Giostra (3).

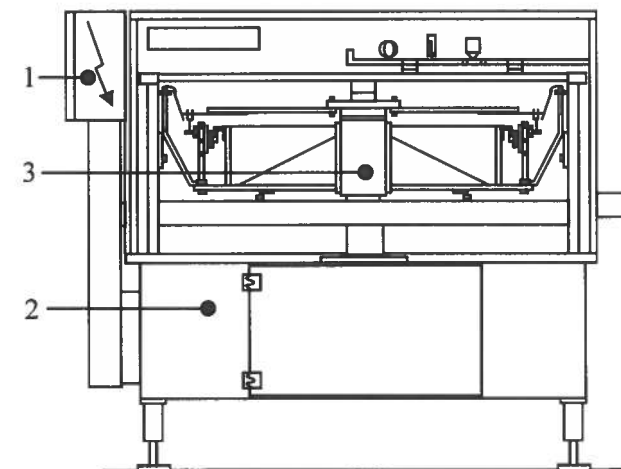


Fig. 6.70 - Gruppi principali della sciacquatrice a giostra orizzontale.

In genere possono assumere due configurazioni:

- 1) *Sciacquatrici orarie*: con ingresso bottiglie da sinistra e rotazione oraria della giostra (fig. 6.71).
- 2) *Sciacquatrici antiorarie*: con ingresso bottiglie da destra e rotazione antioraria della giostra (fig. 6.72).

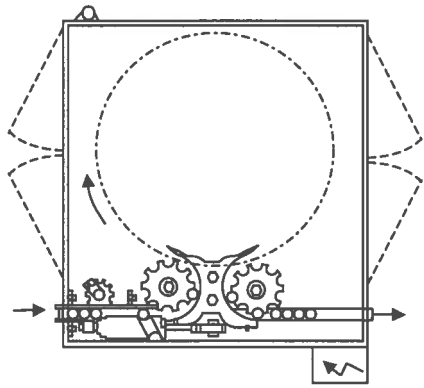


Fig. 6.71 - Sciacquatrice con senso di rotazione orario.

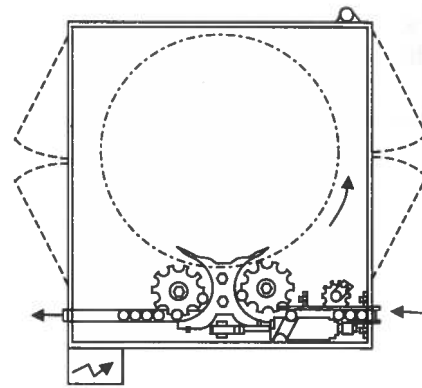


Fig. 6.72 - Sciacquatrice con senso di rotazione antiorario.

L'attrezzatura di banco normalmente è costituita da una coclea di ingresso (singola o doppia), una stella di ingresso (con o senza sistemi di fermo bottiglie), un cuore con guide, una stella d'uscita, un nastro di ingresso-uscita azionato dalla stessa motorizzazione della giostra.

Riguardo all'installazione, le sciacquatrici si prestano per essere realizzate per vari assetti:

- macchina indipendente con motorizzazione propria (fig. 6.73a), che può essere sincronizzata elettronicamente con la motorizzazione della riempitrice;
- macchina collegata con trasmissione cardanica alla riempitrice, con o senza coclee di trasferimento delle bottiglie (figg. 6.73b e 6.73d);

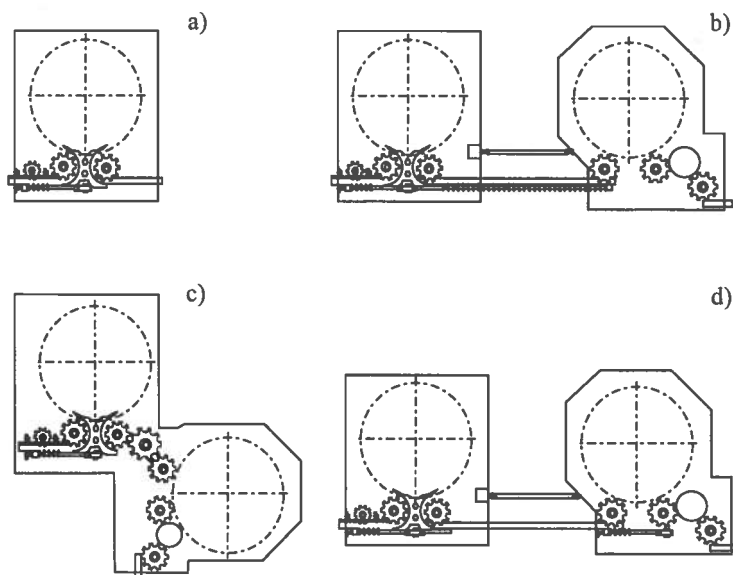


Fig. 6.73 - Assetti d'impianto delle sciacquatrici.

- macchina in block con la riempitrice (fig. 6.73c). Sia nella versione a 90 sia nella versione in linea, la sciacquatrice è collegata meccanicamente alla riempitrice, costituendo così un insieme unico, dove le bottiglie passano da una macchina all'altra tramite una stella intermedia supplementare.

Spesso è preferibile installare la sola giostra (unitamente agli altri dispositivi di presa e risciacquo delle bottiglie) su di un basamento in comune con la riempitrice, per formare un'unità molto compatta.

È tendenza recente l'assemblaggio in un'unica unità (super blocco compatto) di soffiatrice bottiglie - sterilizzatrice - sciacquatrice - riempitrice - capsulatrice, azionata da una motorizzazione su un unico basamento.

Il trasferimento delle bottiglie tra le varie giostre avviene a mezzo di stelle (con o senza sistemi di fermo bottiglie).

I trattamenti combinati

I sistemi di sterilizzazione e/o risciacquo consentono le seguenti possibilità: Spruzzatura più soffiaggio

Dopo la spruzzatura e durante la fase di sgocciolamento si ha una fase di soffiaggio che può avere due scopi distinti: favorire lo sgocciolamento delle bottiglie (con aria a 3 bar), o insufflare del gas inerte a bassa pressione (in genere azoto) per eliminare dalle bottiglie l'aria atmosferica.

Due risciacqui

Simile alla precedente, questa possibilità prevede un primo trattamento con disinfettante, un risciacquo con acqua a perdere e uno sgocciolamento finale.

Due soffiature

La prima soffiatura serve per svuotare le bottiglie di vetro da eventuali residui e quelle di plastica da gas nocivi. La seconda soffiatura può essere fatta per completare l'effetto della prima soffiatura o per insufflare del gas inerte a bassa pressione (in genere azoto) ed eliminare l'aria atmosferica.

6.6.2. Moderne sciacquatrici per contenitori polimerici

Ad oggi si possono avere diverse tipologie di sciacquatrici.

Una sciacquatrice-soffiatrice-sterilizzatrice rotativa può essere caratterizzata da pinze ad apertura simmetrica ed irreversibile, che afferrano le bottiglie per il collo e le ruotano attorno al loro asse, sia nella versione ad ugello fisso che mobile, in modo da ridurre e ottimizzare gli ingombri della macchina.

L'ugello mobile consente di iniziare la spruzzatura quando la bottiglia è orizzontale, con incremento dei tempi di trattamento.

È possibile variare con facilità i tempi di trattamento, agendo sulle camme di chiusura delle valvole.

Ogni particolare è stato studiato per garantire un elevato grado di igienicità, il che rende questa macchina particolarmente idonea per applicazioni in ambiente a contaminazione controllata. Può essere disponibile anche in versio-

Fig. 6.74 - Sciacquatrice in contaminazione controllata (Promec Srl).



ne elettronica, con tempi di spruzzatura variabili secondo necessità da quadro di comando.

Su queste macchine vi possono essere pinze caratterizzate dall'assenza di organi mobili di presa e componenti di cambio formato. La presa del collo è garantita da due rulli in acciaio inox che forniscono la forza di serraggio tramite elementi elastici, sui quali sono installati i rulli stessi. La bottiglia viene inserita all'interno dei due rulli dalla stella di ingresso tramite leggera pressione ed estratta in ugual modo dalla stella di uscita. Grazie al suo design ed alla costruzione standard in acciaio inox AISI 316, queste pinze, oltre ad eliminare la possibilità di arresto macchina causata da bottiglie deformate o mal posizionate, permettono una riduzione dei costi di manutenzione e migliorano ulteriormente la sanificabilità delle macchine.

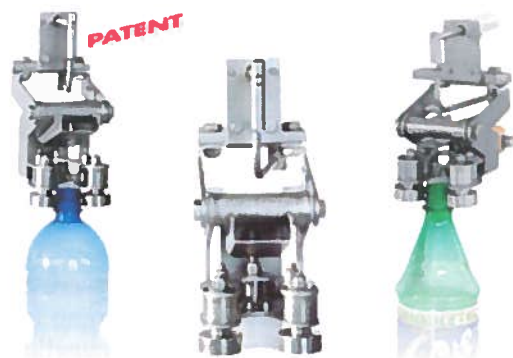


Fig. 6.75 - Pinze per sciacquatrice (Promec Srl).

I cicli di lavoro possono essere diversi, a seconda delle esigenze aziendali:

- Una fase di risciacquo con acqua a perdere oppure con soluzione sterilizzante (acqua+ozono, anidride solforosa, acido peracetico, oxonina, anidride solforosa, biossido di cloro, acqua ossigenata) seguita da una fase di sgocciolamento di durata compatibile con il residuo liquido accettabile in bottiglia.

- Una fase di soffiaggio con aria sterile, gas sterilizzante o vapore per svuotare le bottiglie da polveri o gas nocivi, ed eventualmente sterilizzarle. Al fine di asportare i gas iniettati e le particelle in sospensione si può avere una fase di aspirazione contemporaneamente al soffiaggio (1S+1A).
- Una fase di risciacquo con acqua a perdere oppure con soluzione sterilizzante seguita da una fase di soffiaggio con aria sterile, per favorire lo sgocciolamento, o con gas sterilizzanti (1R+1S) o vapore per completare la sterilizzazione (1R+1V).
- Una fase di risciacquo con soluzione sterilizzante a perdere o in riciclo seguita da una seconda fase di risciacquo con acqua a perdere e da una fase finale di sgocciolamento.
- Una fase di soffiaggio con aria sterile per togliere dalle bottiglie residui o gas nocivi seguita da una seconda fase di soffiaggio con gas sterilizzanti (2S) o vapore al fine di sterilizzare il contenitore (1S+1V).
- Una fase di risciacquo con soluzione sterilizzante ad alta concentrazione seguita da una seconda fase a bassa concentrazione, da una terza fase di risciacquo con acqua sterile a perdere e da una fase finale di sgocciolamento.
- Una fase di risciacquo con soluzione sterilizzante a base di acqua ossigenata (H₂O₂), seguita da una fase di attivazione con vapore e da una terza fase di soffiaggio di aria sterile (1S) o di risciacquo con acqua sterile (1R).

Un'altra tipologia di sciacquatrice rotativa è una sciacquatrice-soffiatrice-sterilizzatrice può essere caratterizzata da pinze che afferrano le bottiglie anche se di vetro nel collo.

La presa avviene quando le bottiglie sono ancora guidate dalla stella di ingresso, onde garantirne il perfetto centraggio nelle pinze anche ad alte velocità.

L'apertura simultanea delle due leve della pinza permette una notevole forza e quindi la possibilità di trattare contenitori in vetro pesanti di qualsiasi forma e dimensioni. Gli ugelli di spruzzatura possono essere sia fissi che mobili.

Vi possono essere poi delle sciacquatrici-soffiatrici-sterilizzatrici di tipo rotativo caratterizzata da pinze che afferrano le bottiglie lungo il proprio asse, tra un piattello di appoggio inferiore, sul quale la bottiglia è condotta dalla stella di entrata, ed una campanella di centraggio superiore.



Fig. 6.76 - Sciacquatrice con presa per il collo (Promec Srl).

Questo tipo di pinza permette una presa molto sicura e, quindi, il trattamento di contenitori in plastica e in vetro di qualsiasi peso e forma o con collo di grande dimensione (ideale per vasetti e fiaschi).

Gli ugelli di spruzzatura possono essere sia fissi che mobili.

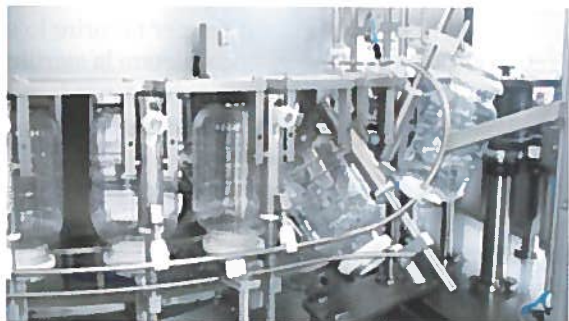


Fig. 6.77 - Pinze che afferrano le bottiglie lungo il proprio asse (Promec Srl).

Vi sono poi attualmente dei modelli di sciacquatrice-soffiatrice-sterilizzatrice di tipo lineare, per bottiglie sia in vetro che in plastica. La macchina è dotata di pinze, con presa per il collo o assiale, fissate a passo su di una catena portapinze in acciaio inossidabile e componenti antifrizione. Gli ugelli spruzzatori sono distribuiti anch'essi a passo su di un apposito collettore installato sulla ruota motrice e sono in asse con le bottiglie.

Caratteristica peculiare di questa macchina è l'elevato tempo di sgocciolamento, anche alle alte produzioni (oltre 60.000 BPH).



Fig. 6.78 - Sciacquatrice lineare (Promec Srl).

Come ultima tipologia possiamo indicare delle sciacquatrici sempre lineari, ma nella quale le bottiglie vengono spinte, tramite stelle o cinghioi, all'interno di una speciale guida detta Twist, conformata in funzione della forma delle bottiglie stesse. I contenitori, in posizione verticale con il collo verso il basso, scorrono sopra ad una o più serie di ugelli spruzzatori a getto rettilineo, tramite i quali avviene il risciacquo con acqua a perdere o soluzioni sterilizzanti.

Grazie alla sua conformazione lineare, questa macchina permette un ottimo trattamento di risciacquo nonché tempi di sgocciolamento lunghi a piacere.



Fig. 6.79 - Sciacquatrice lineare con guida speciale (Promec Srl).

Particolarmente idonea come preriscaldatrice-sterilizzatrice a vapore.

Le tipologie rotative possono poi essere a comando completamente elettronico. questo consente una regolazione da pannello operatore dei tempi di trattamento utilizzando elettrovalvole su ogni ugello, comandate elettricamente, al fine di eliminare i limiti caratteristici delle normali sciacquatrici meccaniche.

Nelle sciacquatrici tradizionali, infatti, le valvole sono azionate meccanicamente, tramite apposite camme soggette ad usura, ed è possibile variare il tempo di iniezione del fluido di risciacquo solamente variando manualmente la posizione di queste camme.

Le sciacquatrici elettroniche possono essere a singolo o doppio trattamento (in versione speciale anche triplo trattamento); i tempi di trattamento sono stabiliti in base alle dimensioni dei contenitori, al prodotto sterilizzante utilizzato ed al grado di pulizia e/o decontaminazione che si desidera ottenere.

Il vantaggio di utilizzare un sistema ad azionamento elettrico, rispetto a quello meccanico, è di poter impostare un tempo di iniezione predefinito per ogni bottiglia e di mantenerlo costante al variare della produzione oraria, e quindi della velocità della macchina, con evidente risparmio nel consumo dei fluidi di lavaggio utilizzati, nonché di eliminare l'usura tipica degli azionamenti meccanici. Nel caso di macchine a semplice trattamento, occorre impostare il solo tempo di spruzzatura, essendo il rimanente tempo a disposizione dedicato allo sgocciolamento.

Nel caso del doppio trattamento, invece, occorre impostare i tempi dei due distinti trattamenti, a cui corrispondono due distinte elettrovalvole, ed anche il tempo di sgocciolamento intermedio, ossia quello che intercorre tra le fasi di iniezione dei due fluidi.

La durata dello sgocciolamento intermedio può rimanere costante oppure essere variabile in funzione del formato bottiglia o anche proporzionalmente alla velocità della macchina.

La sequenza dei tempi di trattamento rimarrà, però, sempre la stessa, qualunque sia la velocità di rotazione della macchina.

L'elettronica ed il sistema di gestione sono costituiti da:

- Microprocessore centrale idoneo a gestire in tempo reale tutte le valvole, sia del primo che dell'eventuale secondo trattamento.
- Schede locali per ogni singola elettrovalvola, funzionanti a 16 bit per valvola. Le schede sono collegate elettronicamente in parallelo ed il loro tempo di apertura può variare da 0,1 a 10 s.

Per il comando delle schede è previsto un solo cavo bipolare che parte dal collettore centrale e collega, in serie, le schede stesse.

La semplicità dei collegamenti elettrici e la flessibilità del sistema sono le caratteristiche principali del nuovo sistema di azionamento elettrico.

6.7. BIBLIOGRAFIA

- A. Romani A., L. Scaringi L., A. Sciuolo A. 2002. Il vetro come materiale da imballaggio. Industrie delle Bevande XXXI Ottobre, 428, 2002.
- D.Lgs. 25 gennaio 1992, n. 105 – Attuazione della direttiva 80/777/CEE relativa alla utilizzazione e alla commercializzazione delle acque minerali naturali (G.U. n° 39 del 17/02/1992).
- D.Lgs. 25 gennaio 1992, n. 108. Attuazione della direttiva 89/109/CEE concernente i materiali e gli oggetti destinati a venire a contatto con i prodotti alimentari (G.U.S.G. n. 39 del 17 febbraio 1992).
- D.Lgs. 26 maggio 1997, n. 155 sull'igiene dei prodotti alimentari attuazione della Direttiva 93/43/CEE (G.U. supp. ord. n° 136 del 13/06/1997).
- D.M. della Sanità 12 novembre 1992, n. 542 – Regolamento recante i criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali (G.U. n° 8 del 12/01/1993).
- D.P.R. 25 agosto 1982, n. 777. Attuazione della direttiva (CEE) n. 76/893 relativa ai materiali e agli oggetti destinati a venire a contatto con i prodotti alimentari (G.U. n. 293 del 23 ottobre 1982).
- Dege N., 2011. Technology of Bottled Water, 3rd edition, Wiley Blackwell.
- Documentazione tecnica della Spett.le Bardi. Fidenza (PR).
- Documentazione tecnica della Spett.le GEA Procomac. Parma.
- Documentazione tecnica della Spett.le Kronos. Verona.
- Documentazione tecnica della Spett.le SIG Simonazzi. Parma.
- F. Mantelli F. 2001. Sostanze contaminanti nelle acque minerali? Una riflessione sulla base dei dati. NET Economia Ecologica, anno VII, n. 20, pag. 18-23, gennaio-marzo 2001.
- F. Tateo F. 2000. Detergenza e sanificazione nell'industria alimentare. Ed. AEB. Brescia.
- G.P. Fiorentino G.P., F. Mantelli F. 2001. Principali cause di alterazione dei requisiti di qualità delle acque minerali naturali. Boll. Chim. Igien. Vol. 52, pp. 45-53.
- G. Viggiani G.. 1994. Lotta biologica. Liguori Editore. Napoli.
- J.E. Rechcigl J.E., N. Rechcigl N.. 2000. Biological and Biotechnological Control of Insects. Pests. CRC Press, Boca Raton (FL): 374 pp.
- L. Campanella L., P. Contucci P., M.V. Russo M.V.. 2003 Fotodegradazione di contenitori in polietilene-terefalato (PET) per acque minerali, lab 3 marzo 2003 pp. 14-21.
- Mans, J. 2007. Bottling line is awash in new equipment. Packaging Digest, 44 (7), pp. 24-26.
- Mans, J. 2011. Contract packing carbonated beverages. Packaging Digest, 48 (2), pp. 30-32.
- McBrady, William J. 1987CLEANING, BOTTLE, WATER RINSE. Packaging Boston, Mass., 32 (5), p. 171.
- M. Pacini M.. 1994 Le bottiglie di PET, Industrie delle Bevande XXIII, (1994) aprile pp. 113-116.
- N. Helyer, N., K. Brown K., N.D. Cattlin N.D.. 2003. A colour Handbook of Biological Control in Plant Protection. 2003. Manson Publishing: 126 pp.
- O. Canales Vassello O. 2000.. PET tra design e qualità. Imbottigliamento febbraio 2000 pp. 84-88.
- P.G. Calà P.G., F. Mantelli F. 2003. Le acque minerali naturali: principali caratteristiche, tecniche di analisi, legislazione. Quaderni di Igiene pubblica e Veterinaria. Pubblicazione a cura della Regione Toscana, Dipartimento Diritto alla Salute. Firenze, settembre 2003, pag. 1-239.
- Queralt. J. 1999. Il secolo d'oro del packaging. Rassegna dell'imballaggio e confezionamento XX (1999) 27-37.
- Ramirez Camperos, E., Mijaylova Nacheva, P., Diaz Tapia, E. Treatment techniques for the recycling of bottle washing water in the soft drinks industry (2004) Water Science and Technology, 50 (2), pp. 107-112.
- Rizzo R.. 2006 Scienza e Tecnologia della acque minerali e delle bevande. Chiriotti Editore, Vol. V "Le tecnologie di preparazione, confezionamento e imballaggio delle acque minerali e delle bevande", Pinerolo (TO).
- Rizzo R., 1976. Tecnica dell'Imbottigliamento. Vol. I e II. Chiriotti Editori. Pinerolo (TO).
- Vine R., 2012 Commercial Winemaking: Processing and Controls, Springer Verlag
- Visvanathan, C., Hufemia, A.M.M. 1997. Exploring zero discharge potentials for the sustainability of a bottle washing plant. Water Science and Technology, 35 (9), pp. 181-190.
- W. Gould W.. 2001. Food plant sanitation. CTI Publications. Maryland. USA.

– PARTE TERZA –

OPERAZIONI FONDAMENTALI NELLA FABBRICAZIONE DEGLI ALIMENTI CONFEZIONATI

- ▶ Operazioni basilari nella preparazione e nella fabbricazione industriale degli alimenti.
- ▶ Il confezionamento degli alimenti. Realizzazione di una linea completa.

*Forza imperfetta è quella
di coloro che senza studio,
ma solo per dono di natura operano qualcosa
Seneca "De Ira"*

*La tecnica è un fatto profondamente umano,
legato all'autonomia e alla libertà dell'uomo.
Nella tecnica si esprime e si conferma
la signoria dello spirito sulla materia.*

S.S. Benedetto XVI

Enc. "Caritas in Veritate"

Capitolo settimo

OPERAZIONI BASILARI NELLA PREPARAZIONE E NELLA FABBRICAZIONE INDUSTRIALE DEGLI ALIMENTI

Svariate sono le materie prime e/o i semilavorati che vengono impiegati nell'industria alimentare, ognuno dei quali ha esigenze proprie di conservazione e stoccaggio per garantire un'adeguata qualità e sicurezza alimentare del prodotto finito.

Sotto questo aspetto le tipologie base di materie e semilavorati sono riconducibili a tre categorie:

- 1) liquidi
- 2) solidi
- 3) granulari

per ognuna delle quali devono essere studiate le caratteristiche di composizione, le proprietà chimiche, fisiche e chimico-fisiche, pH, Aw, presenza di nutrienti, possibilità di innesco o autoinnesco di reazioni chimiche in particolari condizioni ambientali, i tempi massimi di conservabilità e durabilità.

Oltre ai prodotti sfusi, spesso arrivano in stabilimento materie prime e semilavorati confezionati che necessitano anch'essi di ambienti adatti a preservare gli stessi prodotti e anche l'imballaggio terziario che li contiene.

7.1. LO STOCCAGGIO DI PRODOTTI LIQUIDI

7.1.1. I serbatoi

Le materie prime allo stato liquido o in matrice liquida arrivano di solito presso lo stabilimento trasportate da autocisterne dotate di sistemi automatici di scarico del prodotto, che normalmente immettono direttamente sulle linee di produzione o, più frequentemente, in batterie di serbatoi fissi.

A seconda dei prodotti e della loro matrice liquida si richiedono per tali serbatoi materiali, procedimenti di saldatura, finiture, caratteristiche di refrigerazione/riscaldamento e materiali di isolamento specifici e appropriati.

Diverse sono anche le tipologie di appoggio dei serbatoi che devono adattarsi all'ambiente in cui devono essere collocati.

Per quanto riguarda i materiali utilizzati per la costruzione di tali serba-

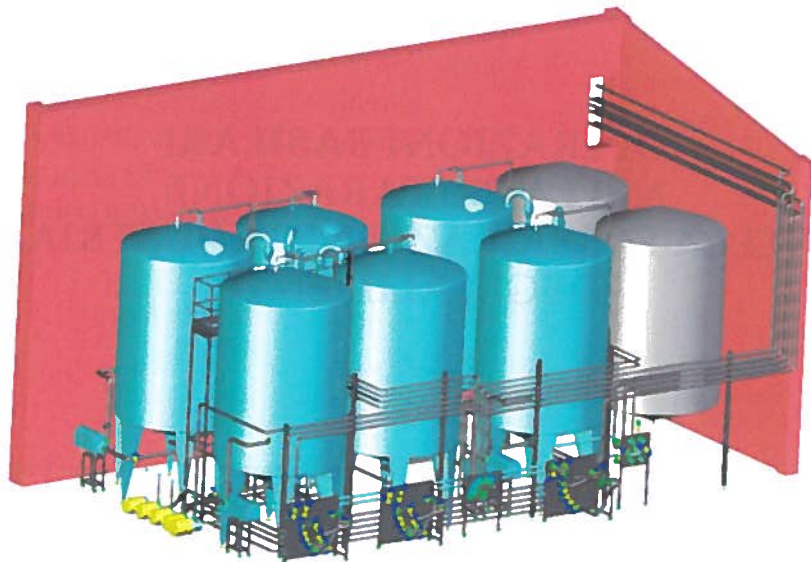


Fig. 7.1 - Serbatoi di miscelazione componenti (ADUE SpA).

toi, essi sono gli acciai inossidabili l'AISI 304 e l'AISI 316, anche nelle versioni maggiormente saldabili a basso contenuto di carbonio (L); a volte possono essere richieste anche leghe ad alto contenuto di titanio nell'AISI 316 (ad. es. AISI 316 Ti). Procedimenti di saldatura possibili per la realizzazione di tali serbatoi sono saldature TIG (WIG) senza apporto di materiale, al Plasma, MIG-MAG o ad elettrodo. Anche le finiture interne dei materiali possono essere realizzate conformemente a quanto richiesto dal prodotto trattato ed in base a prescrizioni di progettazione igienica con riferimento anche ai dettami delle EHEDG (contenute ad esempio anche nel doc.8 di libero accesso per tutti). Sono possibili finiture 2B lucido di laminatoio, BA lucido di laminatoio, fiorettato, satinature da grana 40-400, scotch brite, lucido a specchio, sabbiature e palinature.

Per quanto riguarda il posizionamento, i serbatoi sono di solito disposti in verticale ed appoggiati su 3-4 piedi, ma anche su basamenti autoportanti o basamenti in calcestruzzo armato. Sono impiegate anche selle di appoggio o telai autoportanti.

Per garantire una produzione ininterrotta delle linee, questi serbatoi devono essere dotati di misuratori di livello affidabili e allo scopo vengono impiegati, ormai generalmente, strumentazioni elettroniche di alta affidabilità e precisione per la misura dei livelli in serbatoio e delle loro variazioni.

Circa le forme possibili, sicuramente la forma più comune per un serbatoio alimentare è quella cilindrica verticale o orizzontale, ma non sono da escludersi anche serbatoi a sezione quadra.

Oltre alle tipologie classiche, nel settore alimentare vengono frequentemente impiegati anche particolari serbatoi astatici, che devono essere collaudati P.E.D.

Spesso i serbatoi sono dotati di sistemi di agitazione, in quanto la corretta miscelazione del prodotto è un aspetto fondamentale per evitare stratificazioni e

garantire temperature omogenee in tutta la massa inserita. Ogni agitatore deve essere studiato appositamente per il progetto specifico, tenendo conto del prodotto e della geometria del serbatoio. Particolare attenzione deve essere riservata al motoriduttore e alla struttura stessa dell'agitatore in modo da ridurre i consumi energetici ed evitare anche dannosi riscaldamenti locali ovvero stress meccanici al prodotto.

7.2. ASPETTI TECNICI DEI SERBATOI DI STOCCAGGIO PER ALIMENTI A MATRICE LIQUIDA

7.2.1. I serbatoi buffer dei liquidi alimentari

In molti processi di stoccaggio dei liquidi alimentari particolarmente importante è il controllo della temperatura. In questi casi è possibile utilizzare una camicia bugnata o una coibentazione per il controllo temperatura (fig. 7.2) specifica per le sue caratteristiche e performances. Tale sistema garantisce il mantenimento del prodotto alle temperature desiderate, evitando alterazioni del prodotto e riducendo al minimo i costi energetici.



Fig. 7.2 - Serbatoi coibentati per lo stoccaggio di zucchero (ADUE SpA).

Di solito i serbatoi per industria alimentare vengono realizzati per motivi di igiene in acciaio AISI 304L o AISI 316L affinché siano facilmente lavorabili e saldabili e al contempo garantiscano idonea protezione contro la corrosione, ben resistendo agli agenti sanificanti.

È possibile tuttavia in alcuni casi dotarsi di serbatoi in vetroresina specifici per l'industria alimentare, che devono possedere le seguenti caratteristiche per essere compatibili con molte tipologie di prodotti:

- elevata resistenza meccanica e strutturale con basso peso,
- ottima resistenza alle alte temperature,
- idoneità allo stoccaggio di prodotti alimentari come da D.M. 21-3-73 e successive modificazioni,
- aspetto traslucido che permetta l'immediata visualizzazione del contenuto,
- minima necessità di manutenzione e durata di esercizio più lunga possibile,
- essere di facile pulizia e possibilità di riparazione in caso di rotture o incrinature.

I settori di impiego nell'industria alimentare di questi serbatoi sono i seguenti:

- enologico,
- lattiero-caseario,
- acqua potabile e minerale,
- bevande.

I costi e il peso ridotto ne hanno consentito la diffusione e l'applicazione in quelle fasi del processo in cui sia possibile impiegarli in sostituzione dell'acciaio inossidabile.



Fig. 7.3 - Serbatoio asettico zona di riempimento per industria alimentare (ADUE SpA).

Le tipologie di serbatoi più frequentemente utilizzate nell'industria alimentare sono:

- serbatoi in pressione¹,
- serbatoi coibentati per liquidi refrigerati e riscaldati.

7.2.2. I serbatoi coibentati

Spesso allo stabilimento possono arrivare alimenti liquidi da conservare a determinate temperature, anche solo per brevi intervalli di tempo; in questi casi può essere sufficiente coibentare il serbatoio invece di realizzare strutture con sistemi attivi come quelli per serbatoi refrigerati/riscaldati.

La coibentazione può mantenere per qualche ora il prodotto nell'intorno della temperatura desiderata (sia essa più bassa o più alta di quella ambiente). A seconda delle necessità del processo si può coibentare un serbatoio con

- pannelli di poliuretano espanso,
- lana di roccia,
- lana di vetro.

Gli spessori del coibentante sono calcolati sulla base delle differenze di temperatura tra il fluido alimentare inserito e l'ambiente esterno.

7.2.3. I serbatoi refrigerati

Nell'industria alimentare sovente è necessario disporre di sufficienti scorte di magazzino di determinati prodotti liquidi, come ad esempio glucosio, succo di frutta, sciroppi o liquidi di governo, e, per esigenze di processo, alcuni liquidi devono essere refrigerati o preriscaldati già nel serbatoio di stoccaggio. Questo è possibile tramite un'intercapedine esterna riempita d'acqua che, a seconda della necessità, può essere scaldata o raffreddata. A volte l'apparato frigorifero può fornire anche una miscela di fluido refrigerato (55% acqua e 45% glicole propileno) che, fatto circolare nell'intercapedine del serbatoio mediante la pompa di circolazione, consente il raffreddamento del prodotto. Alcuni produttori di serbatoi propongono anche sistemi in cui l'apparato refrigeratore è già incluso nel piede della macchina. Ciò permette di avere la serpentina frigorifera a contatto diretto con l'esterno del serbatoio, consentendo a quest'ultimo di raffreddare uniformemente tutto il contenuto, anziché utilizzare piastre o serpentine immerse nel liquido. Tutto il sistema è coibentato con poliuretano isolante, rivestito ulteriormente all'esterno da un carter anch'esso in acciaio inossidabile, mentre il motore frigorifero è fissato nella parte inferiore che funziona anche da appoggio.

Questi serbatoi possono essere a cielo aperto o con boccaporto ermetico superiore.

Quasi tutti i serbatoi oltre i 150 lt sono dotati di termostato digitale che permette di impostare e mantenere la temperatura desiderata, nonché di termometro per seguire la temperatura che può scendere, durante il raffreddamento, fino a -20°C, come ad es. per grappe e distillati.

I serbatoi refrigerati sono quasi sempre coibentati e coprono un'ampia gamma di volumi, passando da 1.000 litri fino a 30.000 litri e oltre.

¹ Per i serbatoi in pressione si rimanda a quanto prescritto dalla normativa vigente.

Generalmente sono serbatoi di tipo verticale a sezione circolare, con parziale o integrale coibentazione con lana di roccia basaltica, corredati di:

- Boccaporto frontale;
- Condotta carico/scarico dal basso;
- Divosfere di lavaggio;
- Sfiato antinsetto;
- Valvola a farfalla per scarico prodotto;
- Unità frigorifera;
- Controllo e indicazione temperatura;
- Agitazione programmabile;
- Avviamento programmato dell'impianto frigo;
- Virola per circolazione di R404.

Oltre a questi componenti possono essere previsti anche degli accessori quali:

- Elettro-agitatore con organo di tenuta sanitaria;
- Termometro a quadrante inox;
- Rubinetto prelievo campione;
- Indicatore di livello a galleggiante;
- Boccaporto supplementare;
- Celle di carico con visualizzatore per il controllo del livello.

Ogni serbatoio può essere alimentato da due circuiti indipendenti (fondo e fasciame) con refrigerante R404, e deve essere realizzato in conformità alle normative UNI e CEI e alle Direttive Comunitarie.

Questi contenitori in acciaio inox termoregolati possono venire usati per qualsiasi esigenza inerente al raffreddamento o riscaldamento di liquidi alimentari come, ad esempio, la fermentazione controllata di vino o birra oppure lo stoccaggio di olio, latte e altre bevande.

Il motore refrigerante può essere già incluso nella base del serbatoio stesso. Ciò permette di avere la serpentina ad espansione diretta di gas a diretto contatto con l'esterno del serbatoio contenente il liquido, permettendo quindi a quest'ultimo di raffreddarsi uniformemente senza bisogno di utilizzare piastre o serpentine immerse nel liquido. Il tutto è poi coibentato con poliuretano isolante e rivestito ulteriormente all'esterno da un carter anch'esso in acciaio inossidabile, mentre il motore frigorifero può essere fissato nella parte inferiore che fa anche da piede.

Questi serbatoi possono essere a cielo aperto o con boccaporto ermetico superiore e se applicati alla vinificazione hanno la seconda uscita per lo scarico totale di fecce nel caso di fermentazioni controllate o di precipitazioni di tartrati.

I serbatoi possono essere dotati di termostato/termometro digitale che permette di impostare e mantenere la temperatura desiderata durante il ciclo di raffreddamento che può scendere fino ai -8°C (utilizzo con grappe e distillati) oppure -4°C nei processi standard.

A richiesta sono disponibili anche le versioni riscaldate oltre che raffreddate, quindi utilizzabili per la fermentazione malolattica e come fermentini per birra. Nei modelli dotati di resistenze elettriche (riscaldamento) è possibile riscaldare il contenuto del serbatoio fino a temperature di 30° .

In fase di riscaldamento è consigliato l'uso di agitatori per evitare la stratificazione del liquido

7.2.4. I serbatoi riscaldati

A seconda della dimensione possono essere incamiciati o rivestiti con serpentine elettriche.

Questi serbatoi sono equipaggiati con delle resistenze elettriche che consentono all'occorrenza di riscaldare il liquido, agendo sul materiale di rivestimento del serbatoio stesso.

Risultato analogo si può ottenere anche con un riscaldatore interno al prodotto, tuttavia di minore igienicità rispetto ai precedenti. Creati per favorire la ripartenza del processo fermentativo dei mosti, possono essere utili per tutti gli usi inerenti al riscaldamento di una massa di liquido come mosto, olio, acqua, succhi, anche se come detto il diretto contatto con il prodotto non favorisce l'igienicità di questa soluzione rispetto a quella con camicia esterna o resistenza elettrica.

Sono appositamente tarati e proporzionati all'utilizzo richiesto, sia per la quantità di liquido in cui immergerli, sia per le temperature che devono erogare senza il pericolo di deteriorare il liquido stesso, anche in caso di errore di impostazione dell'apposito termostato di cui sono dotati e che permette di ottenere la temperatura voluta.

Il materiale utilizzato è sempre acciaio inossidabile AISI 304, cioè assolutamente atossico e alimentare, ma si possono usare anche altri materiali specifici. A richiesta da molti costruttori vengono prodotti modelli fuori serie per temperature e utilizzi particolari.

7.2.5. Sistema tipico per l'approvvigionamento di liquidi alimentari

Lo schema tipico completo di un impianto di approvvigionamento per liquidi alimentari, nei suoi componenti essenziali, è mostrato nella fig. 7.4.

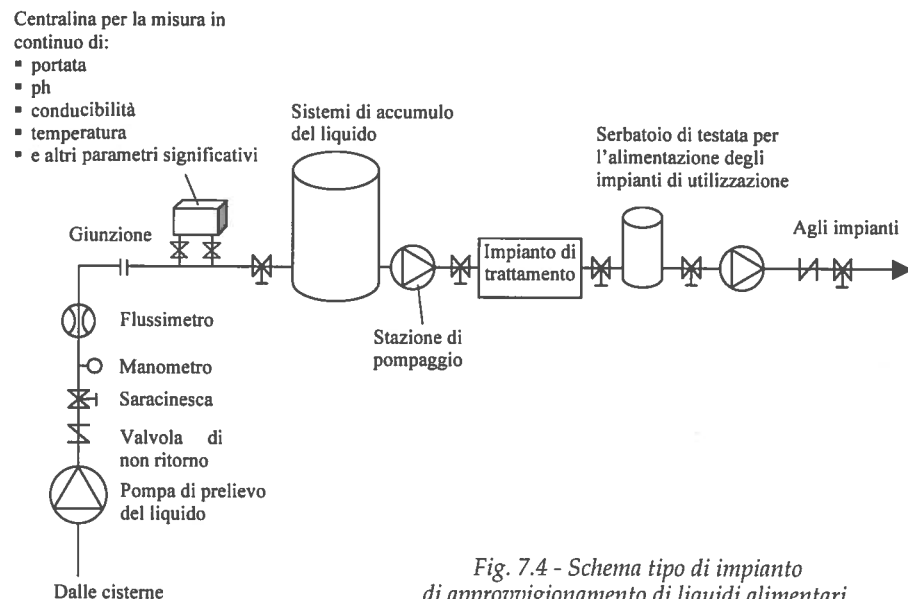


Fig. 7.4 - Schema tipo di impianto di approvvigionamento di liquidi alimentari.

Il liquido viene prelevato da una pompa (generalmente centrifuga) di adeguata portata e prevalenza e spinto alle opere di accumulazione a mezzo di un sistema di condotte con idonee caratteristiche costruttive e dimensionali. Sul tronchetto di adduzione è generalmente montata la strumentazione di misura e controllo consistente il più delle volte in un misuratore di portata, manometro, termometro, e centralina per la misurazione e registrazione di alcuni parametri caratteristici del liquido quale conduttività, pH, pressione gassosa e altri.

L'adduzione del liquido alle opere di accumulazione della capacità di centinaia o migliaia di mc (in genere serbatoi di acciaio inossidabile, più raramente di acciaio al carbonio vetrificato o in calcestruzzo armato), deve essere ben regolata perché le opere di accumulazione hanno il duplice scopo di riserva del liquido e di regolazione del flusso agli eventuali impianti di trattamento, chimico, fisico e/o chimico-fisico successivi. Il liquido pronto all'utilizzo viene infine stoccato in serbatoi generalmente di capacità limitata (serbatoi di testata di alcuni mc) che alimentano direttamente gli impianti utilizzatori.

L'impianto è naturalmente corredato di tutte le necessarie armature, quali valvole di non ritorno, saracinesche, filtri, valvole di sfiato dell'aria, scambiatori termici, e di eventuali apparecchiature speciali richieste dalle peculiarità del liquido e del processo.

Il dimensionamento e le calcolazioni per la progettazione di siffatto impianto possono essere eseguiti ricorrendo a metodologie dell'idraulica classica, avvalendosi se necessario del supporto di appositi software specifici, per altro disponibili sul mercato.

Sotto l'aspetto tecnologico grandissima importanza assumono i criteri di scelta dei materiali, delle armature e dei mezzi di esercizio installati nell'impianto; tale scelta naturalmente è imposta dalle caratteristiche idrauliche, chimico-fisiche e chimiche del liquido.

7.2.6. Lo stoccaggio di prodotti solidi

Le celle frigorifere

Le celle frigorifere nell'industria alimentare devono coprire diverse esigenze:

- Magazzini frigoriferi e sale di lavorazione prodotti alimentari.
- Celle frigorifere modulari su misura, per settore ittico e lattiero caseario.
- Centrali frigorifere, armadi e tavoli frigoriferi inox per GDO.
- Celle di stagionatura per salumi.
- Camere bianche per lavorazioni in contaminazione controllata.
- Sistemi per la registrazione delle temperature.
- Abbattitori di temperatura.

Al variare delle esigenze vengono create camere e celle ad hoc, che possono raggiungere in un predefinito tempo condizioni ambientali di temperatura, pressione e velocità dell'aria desiderate.

Il dimensionamento di queste celle è particolarmente delicato e va affidato a progettisti di esperienza.

7.2.7. Lo stoccaggio di prodotti granulari

Oltre allo zucchero, altri prodotti granulari molto diffusi nelle preparazioni alimentari sono le polveri, alcuni sali e composti organici. Per questi ultimi si rimanda alle numerose monografie specialistiche disponibili.

Circa la dissoluzione delle polveri, c'è da osservare che molti alimenti liquidi richiedono la dissoluzione di diverse tipologie di polveri con finalità specifiche.

Le vitamine aggiunte che ritroviamo in alcuni alimenti, ovvero altri componenti che forniscono valore aggiunto all'alimento di base, come ad es. i beta-glucani, possono essere aggiunti sotto forma di polveri.

Ovviamente le polveri devono essere ben disperse nel liquido per evitare fenomeni di "impaccamento" e successivamente omogeneizzate; per questo motivo, ancor più che nel caso dello zucchero, gli impianti di dissoluzione devono essere progettati e gestiti in modo accurato.

Sono in commercio sistemi di dissoluzione polveri basati sull'utilizzo di una valvola disperdente opportunamente alimentata da acqua in pressione e polveri, grazie alla sua geometria, discioglie la polvere in un tempo stimato minore rispetto al passaggio in tubazioni di ricircolo. Questa soluzione consente di ridurre i costi e le portate degli impianti di dissoluzione.

In generale per una efficace dissoluzione delle polveri tre aspetti devono essere considerati:

Diffusione in un film liquido

$$\frac{dm}{dt} = A \frac{D}{d} (C_s - C)$$

Andamento del coefficiente di diffusione:

$$D = \frac{RT}{6 \pi N \eta r}$$

Equazione di Gibbs

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

Dove:

dm/dt = tasso di dissoluzione

A = superficie esposta

d = spessore dello strato di diffusione

C_s = concentrazione all'interfaccia

C = concentrazione alla soluzione

D = coefficiente di dissoluzione

N = numero di Avogadro

η = viscosità del solvente

r = raggio delle particelle

Come si vede dalla prima formula l'incremento della superficie esposta aumenta la capacità di dissoluzione, così come l'incremento di temperatura che agisce sull'aumento del coefficiente di dissoluzione. L'agitazione meccanica in fluisce come incremento di entropia, che abbinata ad un aumento di temperatura, porta ad una migliore miscelazione dei componenti.

- Il processo industriale ad oggi maggiormente impiegato per la dissoluzione di polveri in acqua, si basa principalmente su due fattori:
 - Miscelazione.
 - Incremento della temperatura.

L'applicazione di queste due azioni avviene soprattutto a livello globale, trattando una quantità di prodotto per un tempo prefissato nel quale deve raggiungersi la miscelazione.

Un possibile sistema per omogeneizzare le polveri è l'uso di sistemi *High Shear*. Le applicazioni classificate come high shear si basano sul principio di miscelazione forzata delle polveri in soluzione, con la prerogativa di comprimere il materiale in zone di piccolo passaggio.

Il principio sfruttato è sempre quello del mescolamento del soluto tramite ricircoli, la differenza risiede solo nella tipologia di mescolamento che per queste tecnologie risulta essere dovuto a sistemi rotazionali con la possibilità di distruzione delle polveri stesse.

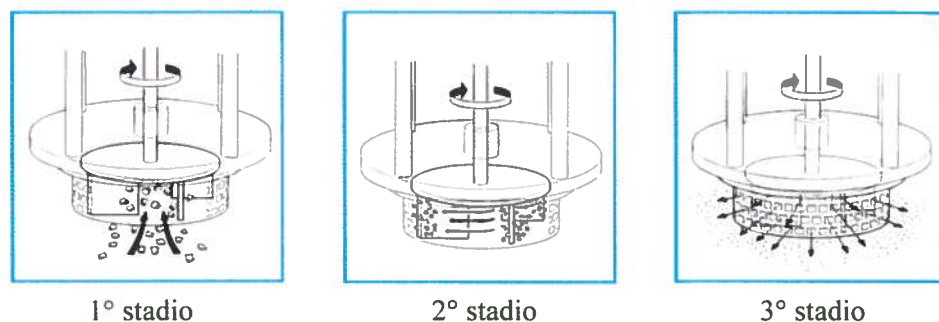


Fig. 7.5 - Sistema di miscelazione High Shear.

Le fasi caratteristiche di un sistema come questo sono:

- Soluti e solvente sono prelevati insieme assialmente dall'aspirazione generata dalla rotazione del rotore;
- Una volta aspirati soluto e solvente sono mandati radialmente dalle forze centrifughe che si sviluppano all'interno del rotore stesso che distrugge il soluto tramite l'azione delle pale dello statore esterno;
- La miscela uscente dal rotore viene allontanata da una normale miscelazione idraulica ad alta velocità.

Ulteriore possibilità di dispersione e soprattutto omogeneizzazione delle polveri in un liquido è data dall'uso di ultrasuoni.

Gli ultrasuoni sono onde meccaniche sonore con frequenze maggiori di 20 kHz. Come ogni altro fenomeno ondulatorio anche gli ultrasuoni sono soggetti a fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione e possono essere definiti tramite parametri quali:

- la frequenza (o la lunghezza d'onda)
- la velocità di propagazione
- l'intensità
- l'attenuazione.

Tali onde, se applicate a un liquido, lo comprimono e lo espandono fino a creare zone in cui si raggiunge la tensione di vapore caratteristica del fenomeno della cavitazione.

Oltre a sistemi di dissoluzione basati su tecnologie ad ultrasuoni è possibile generare l'effetto di cavitazione anche tramite un principio idrodinamico.

Le tecnologie di dissoluzione basate sulla *cavitazione controllata* puntano ad ottenere zone in cui l'implosione delle bolle avviene all'interno del flusso del solvente, ma non in contatto con nessuna delle parti meccaniche della macchina, in modo che le implosioni, con il loro rilascio di energia associato, favoriscano la miscelazione del soluto nel solvente, senza però danneggiare nessun componente strutturale.

La creazione di queste zone avviene in modo diverso da caso a caso, anche se il principio con cui sono ottenute è sempre riconducibile a quello già descritto, tramite cioè l'abbassamento della tensione di vapore del fluido al di sotto del valore limite.

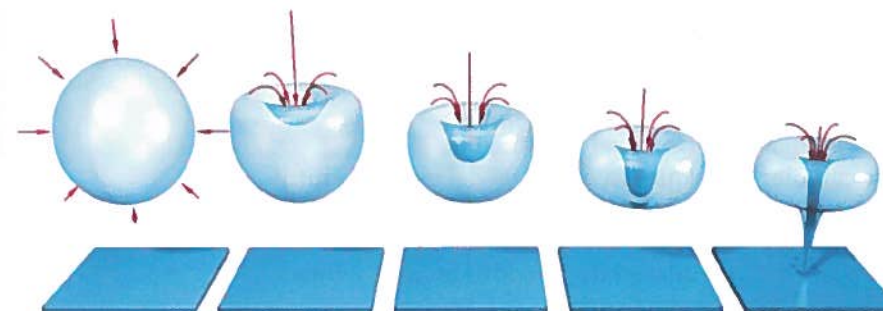


Fig. 7.6 - Principio di implosione delle bolle generate per cavitazione (<http://superioroiltech.com/technology.shtml>).

La cavitazione idrodinamica, come descritta, viene creata attraverso una trasformazione di energia, da pressione a cinetica, con conseguente abbassamento di pressione ed innalzamento della velocità, in modo da creare cavità di vapore.

Poiché poi tali cavità implodano, la restante energia viene trasformata da cinetica a pressione. Questo viene ottenuto attraverso una apposita restrizione.

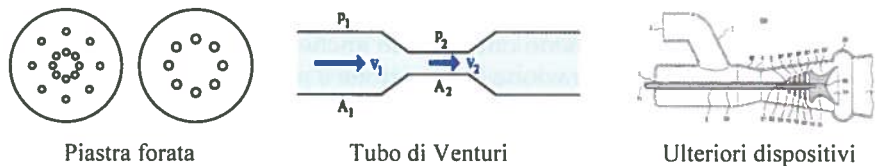


Fig. 7.7 - Dispositivi per cavitazione idrodinamica.

Diverse configurazioni sono state realizzate e brevettate per la realizzazione di cavitazione idrodinamica. In particolare:

- piastra forata;
- tubo di Venturi;
- ulteriori dispositivi rotanti.

Al variare del dispositivo scelto dovranno opportunamente dimensionarsi i sistemi al fine di garantire adeguata capacità produttiva e livello di dissoluzione delle polveri in funzione delle percentuali da disciogliere.

7.3. IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI PREPARATI A BASE DI FRUTTA

Una caratteristica fondamentale richiesta a questi impianti è la flessibilità produttiva in termini di:

- capacità produttiva,
- ricetta,
- cambio gusto,
- lavaggio e sanitizzazione,
- ciclo di produzione.

Il mercato perciò richiede impianti nei quali sia estremamente semplice e rapido:

- cambiare il gusto e perciò la ricetta,
- cambiare la sequenza delle fasi del ciclo produttivo,
- cambiare il sistema di confezionamento,
- lavare, o più in generale sanitizzare, facilmente le macchine,
- variare i quantitativi dei prodotti in lavorazione.

Per fare salva anche la qualità del prodotto è necessario:

- salvaguardare la pezzatura (in quei prodotti che prevedono l'utilizzo di vegetale e/o frutta in pezzi);
- evitare il più possibile il degrado derivante dai trattamenti termici ed ossidativi;
- ottimizzare l'omogeneità dei prodotti (in quei prodotti che contengano una fase liquida ed una fase solida);
- ottimizzare l'omogeneità di concentrazione, in particolare tra fase liquida e pezzi (processo di osmosi);
- garantire in queste condizioni la stabilità microbiologica del prodotto, una volta confezionato.

7.3.1. Tipologie d'impianto

Vengono utilizzati impianti continui e impianti batch.

I primi sono adatti per produzioni orarie elevate e allorché siano meno frequenti i cambio-gusto, mentre i secondi sono maggiormente indicati nei casi in cui sia necessario fabbricare piccoli lotti di produzione, oppure sia elevato il numero di cambio-gusto, oppure quando si voglia salvaguardare al massimo la pezzatura della frutta trattata.

Il ciclo tecnologico normalmente seguito negli impianti continui è costituito dalle seguenti fasi:

- carico degli ingredienti della ricetta,
- eventuale scongelamento di parte degli ingredienti,
- preriscaldamento, osmosi e omogeneizzazione della massa,
- disaerazione sottovuoto,
- evaporazione (eventuale),
- stoccaggio del prodotto (eventuale),
- alimentazione alla sezione di sterilizzazione e raffreddamento,

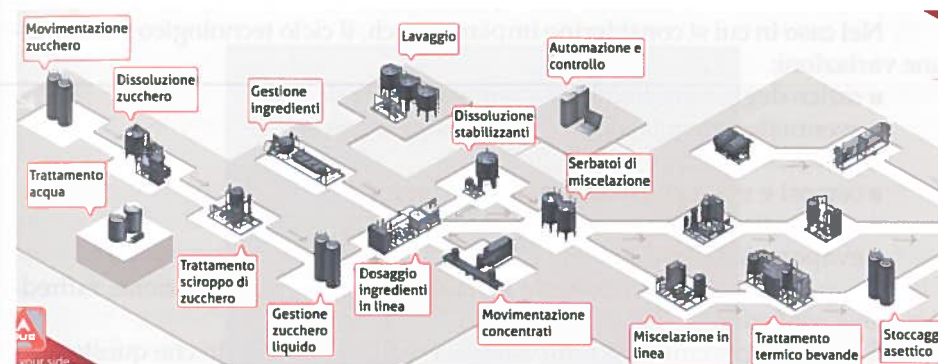


Fig. 7.8 - Linea bevande e nettari non gasate (ADUE S.p.A.).

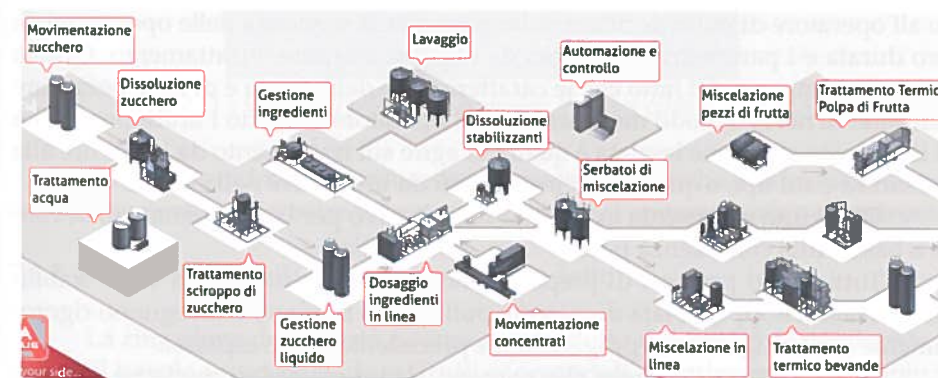


Fig. 7.9 - Linea bevande e nettari con pezzi (ADUE S.p.A.).

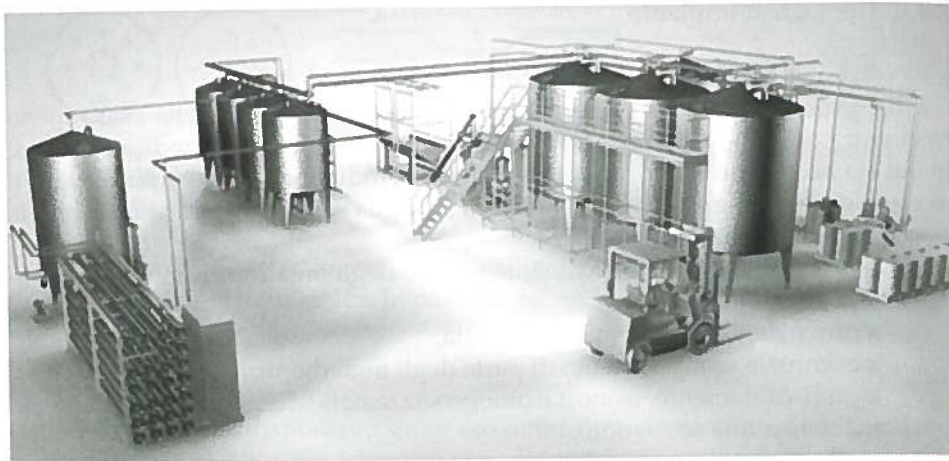


Fig. 7.10 - Sale sciropi ad alto livello di progettazione igienica, sia degli impianti che dei locali (ADUE S.p.A.).

Da qui poi il prodotto procede verso la sezione di sterilizzazione, raffreddamento e confezionamento.

Nel caso in cui si considerino impianti batch, il ciclo tecnologico subisce alcune variazioni:

- carico degli ingredienti che costituiscono la ricetta,
- eventuale scongelamento di parte degli ingredienti,
- preriscaldamento,
- osmosi e omogeneizzazione della massa,
- disaerazione sottovuoto,
- evaporazione (eventuale),

Da qui poi il prodotto procede verso la sezione di sterilizzazione, raffreddamento e confezionamento.

È molto importante che l'impianto sia realizzato in modo che queste operazioni avvengano automaticamente (così da poter garantire un'uniformità di caratteristiche del prodotto). L'impianto però deve permettere nello stesso tempo all'operatore di poter decidere volta per volta la sequenza delle operazioni, la loro durata e i parametri tecnologici da regolare durante il trattamento. Questa necessità è imposta dal fatto che le caratteristiche della frutta e di altre pezzature non sono in nessun modo modificabili dall'operatore, e perciò l'unica possibilità di intervento che viene lasciata è quella di agire sul trattamento da impartire alla pezzatura e sul tipo e quantità di ingredienti da introdurre nella stessa.

Di seguito si presenta lo schema complessivo per la produzione di bevande a base frutta con e senza pezzi.

Tutti questi processi di preparazione avvengono in un'area dello stabilimento (sala sciropi) dotata di estrema pulizia e di impianti che seguono rigorosamente i criteri igienici di progettazione precedentemente espressi.

Si mostrano nelle figure che seguono alcuni esempi di moderne sale sciropi.

7.4. PROCESSI DI PREPARAZIONE PER PRODOTTI SOLIDI

Diversi possono essere i processi di preparazione di prodotti alimentari solidi. Questi possono interessare vegetali e frutta come quelli di seguito riportati, oppure anche carni e prodotti ittici. Ogni filiera avrà le sue specificità e per semplicità di esposizione si è deciso in questo capitolo di trattare in particolar modo i prodotti solidi di origine vegetale (frutta e verdura).

7.4.1. Il lavaggio dei prodotti

La prima fase di lavorazione dei prodotti vegetali o frutta è la fase del lavaggio al fine di rimuovere corpi estranei al prodotto e procedere ad una adeguata pulizia della pelle. Oltre ai prelavaggi possibili durante lo scarico del prodotto e durante una eventuale sosta in piscine, un aspetto delicato riguarda il lavaggio approfondito della pelle senza danneggiare il prodotto stesso. Tramite un passaggio in rullini infatti in molti casi la pelle veniva ad essere rovinata e per tale motivo altri sistemi sono stati recentemente introdotti per evitare un danneggiamento eccessivo del prodotto. Come si può vedere da **fig. 7.11** un passaggio del prodotto è possibile anche all'interno di sistemi rotativi in immersione in modo da rendere più dolce anche il trasferimento del prodotto.

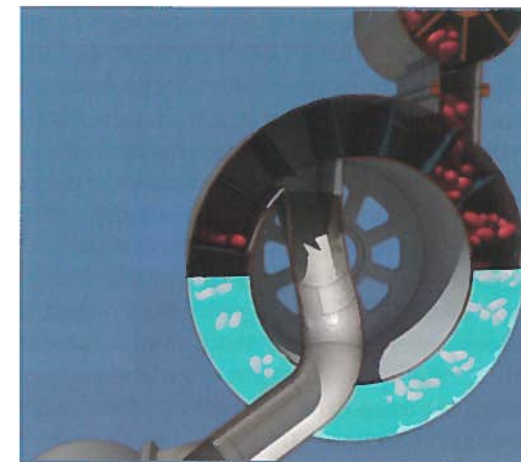


Fig. 7.11 - Sistema di pelatura di pomodori in acqua calda (CFT S.p.A.).

Da qui il prodotto può procedere verso sezioni anche automatiche di pelatura, che possono avvenire in svariati modi, che si andranno ora a descrivere.

7.4.2. La rimozione della parte esterna di prodotto

La rimozione della parte esterna del prodotto riguarda principalmente la pelle e il torsolo presente in alcuni frutti e/o vegetali. Prenderemo ad esempio in questo capitolo le pesche, trattando invece separatamente in un capitolo succes-

sivo prodotti come il pomodoro, soggetti anch'essi in alcuni casi a questi trattamenti.

7.4.2.1. La pelatura e detorsolatura meccanica

Le macchine di pelatura e detorsolatura realizzano diverse fasi di lavorazione in successione tra loro e interscambiabili.

Le pelatrici per frutta, quali mele e pere sono progettate e realizzate in acciaio inossidabile e alluminio per eseguire le operazioni di pelatura e detorsolatura, taglio in spicchi, in rondelle e chunk per frutta di diverse varietà, aventi calibro variabile a seconda della tipologia.

Le macchine possono anche essere attrezzate per lavorare frutta le cui dimensioni eccedono i limiti sopra indicati, ma si tratta ad ogni modo di soluzioni che vengono di volta in volta studiate in base alle esigenze specifiche.

Tali macchine operano ad oggi in maniera completamente automatica, orientando, pelando e detorsolando la frutta per arrivare poi a tagliarla in diversi formati fino a circa 100 frutti per minuto (a seconda del modello) con la garanzia di ottenere un prodotto di elevato contenuto qualitativo e lasciando nel contempo totalmente invariate le caratteristiche organolettiche della frutta.

La capacità di poter pelare le molteplici varietà di frutta, anche quelle meno regolari, nonché l'estrema rapidità nelle regolazioni e nei settaggi, costituiscono elementi di preferenza nella scelta di un modello di macchina rispetto ad un altro.

In ragione delle specifiche esigenze, le macchine possono essere attrezzate con il dispositivo adatto per il taglio in spicchi o per il taglio in rondelle, o su richiesta, è possibile installare elementi diversi che permettono il taglio in cubetti irregolari o addirittura in perfetti cilindri (per esigenze particolari di lavorazione): la sostituzione di una stazione con l'altra può essere realizzata generalmente in breve tempo e senza bisogno di particolari attrezzature.

Le macchine possono essere fornite con un solo gruppo di taglio oppure con solo pelatrice e detorsolatrice. Il taglio può essere a spicchi o a rondelle.

In pratica possono esservi tre formati di taglio: spicchi per ottenere da 2 fino a 16 parti uguali; rondelle con spessore regolabile, a partire da 3 fino a 15 mm; cubettoni di pezzatura irregolare. È possibile avere anche una doppia testa di pelatura per un profilo più delineato.

Queste macchine sono dotate di avanzate tecnologie di controllo e molteplici componenti hi-tech anche su capacità produttive modeste, quindi non solo riservate alle grosse linee di produzione.

Il ciclo di lavoro è completamente automatico, e sintetizzato come segue:

- caricamento frutta;
- orientamento frutta;
- pelatura e detorsolatura;
- taglio in spicchi e rimozione semi;
- taglio in rondelle.

La lavorazione della frutta può limitarsi anche alla sola fase di pelatura o detorsolatura.

Le soluzioni adottate devono consentire una riduzione al minimo degli scarti, ottima estetica del prodotto e certezza di non inquinamento del frutto lavorato, durante tutte le fasi del processo lavorativo.

Le macchine sono di solito dotate di impianto di lubrificazione centralizzato, ad inserzione temporizzata, per garantire le migliori condizioni di preservazione e di funzionamento, quadro elettrico di controllo con comando unico di marcia e arresto, pulsante autoritenuto di emergenza e pulsante per movimenti ad impulsi.

Pelatura e pelatura parziale

La pelatura, che è la funzione base di queste macchine, se è meccanica viene effettuata tramite un coltello rotante che corre sulla superficie della frutta. Su specifica esigenza è possibile installare uno speciale dispositivo che permette di ottenere una parziale pelatura del frutto.

Detorsolatura

La detorsolatura viene eseguita mediante un foro cilindrico che asporta soltanto il torsolo della frutta. I tubi detorsolatori sono disponibili in diverse grandezze per ottimizzare la resa in base alle dimensioni della frutta da lavorare.

Dispositivo di rimozione cuore centrale

I dispositivi di rimozione della cavità sferica del cuore della frutta lavorano dopo che la stessa è stata detorsolata, il gruppo è di solito regolabile a macchina in movimento. Naturalmente anche le dimensioni della lama per l'asportazione sono molteplici e varie in relazione ai diversi calibri di lavorazione.

Per le lavorazioni a spicchi e mezzi spicchi, il numero di parti ottenibili varia da 2 a circa 16 sulle macchine più evolute. Questi coltelli sono posizionati in modo radiale sul disco di taglio: le dimensioni degli spicchi conseguiti dipendono esclusivamente dal numero di coltelli impiegati.

Nel caso invece di ottenimento di rondelle e mezzorondelle, gli spessori variano generalmente da 3 a 15 mm e il disco di taglio è combinato con speciali spessori da inserire tra il disco e la lama in modo tale da ottenere diverse grandezze di taglio.

Dopo il taglio a rondelle la frutta viene scaricata dalla pelatrice mediante appositi nastri di evacuazione. Qualora si intenda ottenere spicchi di frutta, il prodotto finito viene evacuato tramite scivoli di acciaio inox.

7.4.2.2. La pelatura termofisica

In genere su pomodoro e vegetali viene eseguita una pelatura termofisica prima dei processi di preparazione e lavorazione del prodotto. Le macchine per la pelatura termofisica possono essere composte da una serie di componenti sotto riportati:

- *Un elevatore a facchini* in acciaio inox AISI 304, con struttura in tubolari di acciaio inox AISI 304, per l'alimentazione del pomodoro al valvolone di ingresso. Esso è sincronizzato con il valvolone di introduzione tramite una catena di trasmissione 3/4" triplex. L'elevatore è dotato di doghe e facchini inox

AISI 304 e sponde di contenimento prodotto in lamiera sagomata inox AISI 304.

- *Una valvola a stella di introduzione prodotto*, azionata da un motoriduttore di velocità con inverter, flangiato al corpo della valvola stessa. Le barre di tenuta in bronzo sono di facile estrazione semplicemente svitando un tappo laterale, senza dover smontare l'intero coperchio. L'operazione può essere eseguita quindi in pochi minuti. L'albero della valvola è passante con diam. 100 mm con cromatura a spessore sulla parte interna alla ruota a pale. Le tenute dell'albero di rotazione sono invece costituite da una tenuta meccanica in carbon-grafite. La valvola è costituita da un cilindro sulla cui superficie (solo da un lato) sono praticati due attacchi flangiati da DN65 per il recupero del vapore che fuoriesce dalla sezione di scottatura. Tale vapore viene convogliato al barilotto di recupero (montato inferiormente alla struttura) con una tubazione inox AISI 304 da DN100. Questa applicazione, presente anche sulla valvola intermedia, consente di separare ed estrarre la condensa dalle valvole evitando così che, per trafileggio, vadano a contatto con il prodotto dando luogo ad una diluizione del succo e ad una perdita di °Brix.
- *Una coclea di avanzamento prodotto*, in acciaio inox AISI 304, per la fase di scottatura a vapore diretto, azionata da un motoriduttore di velocità con Inverter flangiato al corpo cilindrico della coclea. Il cilindro (così come i corpi delle valvole) è in lamiera inox AISI 304 ed è collaudato per una pressione di 2 bar. Le tenute dell'albero della coclea sono costituite da una tenuta meccanica in carbon-grafite. La coclea è costruita completamente in acciaio inox con tubo di grosso spessore e con equilibratura dinamica con luce stroboscopica. I dischi di chiusura laterali sono in acciaio inox AISI 304 e sono serrati al corpo del cilindro. Sulla parte alta del cilindro sono previsti tre attacchi flangiati per la tubazione di immissione vapore. La tubazione di immissione vapore è munita di un by-pass con tre valvole a flusso avviato del medesimo diametro ed una valvola regolatrice pneumatica tipo aria-apre, munita di filtro a "Y" dello stesso diametro. La tubazione vapore è anche munita di una valvola di sicurezza bollata ISPEL, con indicazione del costruttore posta su una targa montata alla fine della tubazione stessa.
- *Una valvola a stella intermedia*, azionata da un motoriduttore di velocità, per il trasporto del pomodoro dalla sezione di scottatura alla sezione sottovuoto. Le caratteristiche tecnico-costruttive sono identiche alla precedente valvola di introduzione prodotto.
- *Un trasportatore a coclea sottovuoto*, azionato da un motoriduttore di velocità con Inverter. Caratteristiche tecniche identiche al precedente. Sulla parte alta del cilindro sono previsti due attacchi flangiati per la tubazione del vuoto. Questi attacchi sono collegati al condensatore con una tubazione munita di rubinetto a sfera.
- *Una valvola a stella di scarico prodotto*, azionata da un motoriduttore di velocità, per lo scarico del pomodoro sul successivo nastro pre-estrattore. Le caratteristiche tecnico-costruttive sono identiche alla precedente valvola introduzione prodotto.

- *Un impianto di formazione vuoto* costituito da uno/due condensatori a fascio tubiero in acciaio inox AISI 304, con fasciame inox AISI 304 e dotato di coperchi smontabili (bullonati) inferiore e superiore. I coperchi terminano con fondi bombati in acciaio inox AISI 304. All'interno è previsto un fascio tubiero con tubi inox AISI 304. La tubazione di aspirazione dal cilindro sottovuoto della pelatrice è in acciaio inox così come la tubazione che convoglia i gas aspirati alla successiva pompa vuoto. Il vuoto è assicurato da una/due pompe ad anello di liquido ad alta capacità
- *Un serbatoio in acciaio* inox AISI 304, montato sulla parte inferiore della struttura portante, per la raccolta delle condense. È costituito da un cilindro inox AISI 304 con fondi bombati alle estremità.
- *Una struttura portante* in tubolari di grosso spessore in acciaio inox AISI 304 150x150x5. La struttura è costituita da un primo piano con piano di calpestio in alluminio mandorlato e dotata di scaletta di accesso in tubolari inox. Il corrimano (sia del piano di calpestio, sia della scala) è costruito con tubolare inox, mentre il salvapiede inferiore è di lamiera sagomata. La pelatrice appoggia su due selle inclinate costruite con due profilati ad "U" in acciaio inox, saldate sulla superficie del cilindro scottatura. Per accedere al secondo piano è prevista una scala verticale con protezioni laterali, anch'essa in acciaio inox.
- *Un quadro elettrico principale* in acciaio inox. Il quadro elettrico comprende tutti i componenti necessari per l'attivazione dei motori elettrici montati a bordo macchina, ed in particolare il pannello touch screen dal quale è possibile attivare ogni funzione della macchina, visualizzare il numero di giri del valvolone introduzione, della coclea scottatura e di quella sottovuoto, visualizzare i tempi di sosta sottovuoto e sotto vapore, i tempi di pausa/lavoro dell'impianto di lubrificazione, visualizzare una serie di allarmi quali:
 - allarme scatto termico
 - allarme malfunzionamento vuoto
 - allarme bassa pressione vapore
 - allarme livello lubrificante.Sulla parte superiore deve essere montato un allarme visivo/sonoro.
- *Un nastro pre-estrattore* a rulli zigrinati in alluminio, azionato da un motoriduttore con inverter. Il nastro è costruito con un telaio in tubolari inox ed è dotato di spondine contenimento prodotto e tramoggia scarti in lamiera inox. Per la rotazione dei rulli viene usato un profilo rettangolare di gomma vulcanizzata, montato al di sotto dei rulli, che per attrito ne provoca la rotazione.

L'operazione di pelatura termofisica nei moderni sistemi può avvenire anche di continuo rispetto alla operazione di lavaggio descritta in fig 7.11. In questo caso si crea il vuoto direttamente nella camera di pelatura dove il prodotto viene convogliato. Tale camera può essere costituita da un cilindro di passaggio del prodotto che viene portato in condizioni di vuoto grazie ad una valvola rotativa. Questa condizione di vuoto è sufficiente per strappare la pelle da prodotto in modo dolce.



Fig. 7.12 - Valvola di scarico di una pelatrice sottovuoto per vegetali e frutta (CFT S.p.A).

Successivamente alla rimozione i vegetali scorrono su un carosello prima di arrivare ad un estrattore di pelli, che andrà ad espellere le pelli rimosse dal prodotto e a scaricare quindi il vegetale o la frutta pelati in una apposita zona (fig 7.13). Questo consente di avere una pelatura del prodotto senza mai avere punti in cui il prodotto è pizzicato, garantendo così un trattamento gentile del prodotto stesso.

A queste fasi di estrazione seguono poi operazioni di "sorting" sia manuale da parte degli operatori, che scartano i prodotti ritenuti non conformi, sia automatiche da parte di un selettore ottico (fig. 7.14).

Il prodotto dopo questa fase può procedere verso operazioni successive come la cubettatura o la realizzazione della polpa. Verrà poi confezionato e trattato in volume per non danneggiare i pezzi così realizzati. Diverso invece è l'approccio fin da subito per prodotti che saranno triturati per i quali i processi di



Fig. 7.13 - Sistema per la rimozione di pelli dai pomodori (CFT S.p.A).



Fig. 7.14 - Nastro elevatore per pomodori pelati (CFT SpA).

pelatura non avvengono come finora riportati ma la separazione dei residui dal succo avviene dopo la fase di triturazione.

Nel caso di fig. 7.15 l'impianto per pelatura termofisica può anche lavorare come scottatore per prodotti senza una vera pelle e destinato a sbucciare con spazzole.

La velocità di trasferimento del prodotto è completamente controllata, dall'ascensore all'ultima valvola a stella, per mantenere la massima integrità del



Fig. 7.15 - Impianto per pelatura termofisica a vapore (CFT SpA).

prodotto. Ciò significa grande flessibilità e controllo del processo.

Elevata efficienza di sbucciatura a causa di un basso livello di prodotto all'interno del recipiente di riscaldamento e del flusso parallelo che garantisce un riscaldamento uniforme.

Una camera a vuoto di dimensioni adeguate consente una rottura ottimale della pelle. Un separatore appropriato garantisce l'assenza di pelle nel circuito condensatore e nelle torri di raffreddamento.

7.4.3. La scottatura

La scottatura di verdura, frutta, legumi, pasta e frutti di mare avviene prima del processo di inscatolamento e congelamento. Per alcuni prodotti sensibili, la scottatura può sostituire la cottura; infatti, può essere in alcuni casi l'unico metodo possibile di cottura.

Questo processo può essere fatto con uno *scottatore a tamburo rotante*. La scottatura contribuisce alla conservazione delle vitamine e delle proprietà nutrizionali del prodotto oltre a mantenere la brillantezza e naturalezza del colore e un aspetto attraente.

Il trattamento a breve termine con vapore o acqua calda permette di eliminare batteri e funghi dal prodotto, rendendolo più sicuro per il consumatore e di conseguire i seguenti risultati.

- Ammorbidimento - i prodotti scottati richiedono minor tempo per la preparazione finale.
- Disattivazione degli enzimi - la scottatura rallenta o ferma l'azione degli enzimi che può causare la distruzione del colore, del sapore e dell'aroma del prodotto.
- Alcuni prodotti nel processo di scottatura acquisiscono colori più vivi. La rimozione parziale di aria dal prodotto contribuisce ad aumentare la vita commerciale del prodotto inscatolato o surgelato. Riduce anche il volume del prodotto.
- Rimozione parziale dell'acqua che facilita il successivo eventuale congelamento del prodotto nelle linee di produzione di frutta, verdura, legumi e anche frutti di mare.

Gli scottatori a tamburo sono progettati per la scottatura a ciclo continuo a vapore o ad acqua di verdura, legumi, frutta e frutti di mare a elevate prestazioni. Queste macchine permettono la scottatura a vapore o con acqua, rendendo possibile con una sola macchina la produzione di una vasta gamma di prodotti.

Lo *scottatore* è composto da una camera cilindrica orizzontale isolata termicamente, montata su una struttura solida (responsabile dell'affidabilità e stabilità dell'intero impianto anche di ampie dimensioni), trasmissione, sistema per la dispersione di vapore e acqua calda e sistema di controllo.

La scottatura del prodotto è effettuata grazie al suo costante rotolamento e mescolatura all'interno della camera di lavoro, assicurando una cottura uniforme su tutta la superficie, evitando l'incollaggio tipico di alcuni tipi di cibi come riso e pasta.

Il tempo di scottatura è determinato dalla velocità del passaggio del prodotto attraverso la camera di lavoro ed è controllato variando l'angolo di inclina-

zione del tamburo e la velocità di rotazione. La regolazione fine di questi parametri permette l'affinamento del tempo di scottatura per impedire che l'alimento "cuocia troppo".

Un nastro di alimentazione permette un'immissione costante del prodotto all'interno della camera di scottatura. Il prodotto è scaricato per mezzo di un dispositivo speciale progettato per impedire che si producano 'zone morte'. Al fine di favorire un raffreddamento e una scottatura rapida, il prodotto è immerso all'interno del tamburo o del nastro di raffreddamento. A seconda del tipo di prodotto può essere applicato il raffreddamento ad acqua o ad aria. Prima della scottatura può essere prevista una fase di triturazione della frutta o del vegetale se questo non deve conservare l'aspetto solido, ma essere poi pompato e concentrato o lavorato come liquido.

7.4.4. Triturazione

La triturazione rilascia enzimi pectolitici, principalmente presenti nella buccia che si attivano in presenza di O_2 e degradano le sostanze peptiche e di conseguenza viene diminuita la consistenza del prodotto.

La triturazione avviene di solito con un sistema a martelli e con dispositivi intercambiabili che consentono di variare la dimensione dei piccoli pezzi in uscita dal trituratore e renderli comunque pompabili.

Il *gruppo di triturazione - raffinazione* serve per ottenere un succo che viene inviato ad un sistema di disaerazione e poi ad un analizzatore automatico di pH e di °Brix (residuo rifrattometrico). Nel caso si voglia eseguire anche la valutazione del colore si preleva una parte di succo e si effettua la misura con colorimetro tristimolo Gardner. I trituratori tradizionali sono costituiti da un cilindro rotante alloggiato in una camera che porta pettini fissi; il cilindro a sua volta porta



Fig. 7.16 - Mulino a martelli per la triturazione di frutta e vegetali (CFT S.p.A.).

altri pettini, complementari ai primi, che ruotando provocano la spaccatura dei frutti. Generalmente le spaziature fra i denti dei pettini sono abbastanza grandi (15-25 mm).

Ultimamente si è diffuso l'impiego di mulini a martelli che permettono una triturazione molto più fine del pomodoro e quindi un più rapido successivo riscaldamento.

È interessante osservare come l'evoluzione dei sistemi di raccolta meccanizzata influisca anche sulle lavorazioni della frutta e dei vegetali. I frutti raccolti meccanicamente presentano una quantità decisamente maggiore di inerti in quanto non vi è più una selezione da parte del personale dedicato alla raccolta, e questo è causa di problemi durante la fase di triturazione. Per questo motivo vengono maggiormente curate le fasi preliminari di cernita dei frutti freschi e si adottano sistemi di triturazione meno sensibili alla presenza di inerti solidi. In impianti di recente costruzione la triturazione avviene all'interno del gruppo di scottatura facendo passare il frutto o il vegetale attraverso lame fisse, in quanto l'impiego di coltelli mobili sarebbe causa di numerosi guasti causati da ghiaia e pietrisco.

Al termine della triturazione è quindi necessario procedere ad un processo di inattivazione enzimatica attraverso principalmente due tecniche: hot break e cold break. Come vedremo non sono da escludersi tecniche miste o innovative che consentano un minore uso di acido ascorbico soprattutto per la conservazione del colore originale della frutta o dei vegetali.

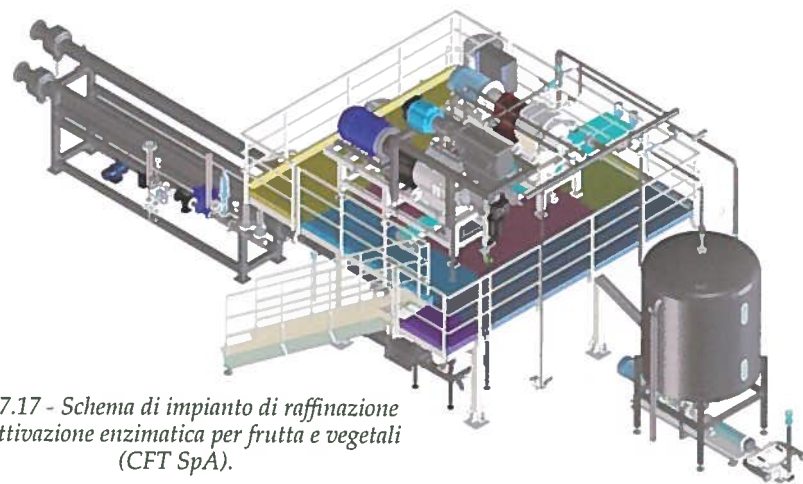


Fig. 7.17 - Schema di impianto di raffinazione e inattivazione enzimatica per frutta e vegetali (CFT SpA).

7.4.5. Processi di inattivazione enzimatica

La macchina di inattivazione enzimatica del prodotto può essere configurata secondo le esigenze della linea in cui sarà inserita. Per prima cosa il prodotto entra intero o eventualmente denocciolato nell'estrattore a freddo, dove viene prima tagliato, e se necessario, ammorbidito, quindi passa nella sezione di estra-

zione della purea. Da qui procede verso il vero e proprio impianto di inattivazione enzimatica dove la purea estratta, a temperatura ambiente viene pompata all'interno dell'inattivatore enzimatico ad anello chiuso: in pochi secondi la purea fredda, miscelata con la purea ad alta temperatura contenuta nella tubazione di ricircolo, passa da temperatura ambiente ad alta temperatura e si ottiene l'inattivazione enzimatica.

A valle di questo sistema si trova un disaeratore con possibilità di regolazione automatica del °Brix tramite evaporazione: la purea esce dal circuito di ricircolo regolato da una valvola pneumatica ed entra nel disaeratore, l'ambiente di disaerazione può variare da un vuoto spinto ad una pressione prossima a quella ambiente per ottenere solo la disaerazione della purea con la possibilità di recupero condensa/aromi tramite il condensatore a superficie.

È possibile, se necessario, l'installazione di un piccolo disaeratore, solo con funzioni di disaerazione, senza possibilità di evaporazione, senza regolazione del °Brix, senza recupero condensa e senza condensatore a superficie, funzionante solo con pompa del vuoto.

Per puree che necessitano la raffinazione spinta con fori di 0,4 / 0,5 mm può essere inserita una macchina tra l'impianto di inattivazione e il disaeratore.

L'inserimento del sistema di inattivazione enzimatica in una linea necessita a monte, di un nastro di alimentazione frutta o vegetali interi oppure denocciolatrice (per frutta con nocciolo) mentre a valle, di una tubazione di trasferimento al riempimento asettico o ad un eventuale pastorizzatore.

Per quanto riguarda la purea di frutta il primo riscaldamento (inattivazione enzimatica) di solito non influisce significativamente sulla viscosità, a differenza del pomodoro, il cui elevato contenuto in enzimi pectolitici ha importanti influssi su questo parametro. La concentrazione e la pastorizzazione sono invece quelle operazioni unitarie in cui il danno termico può essere significativo: infatti, la concentrazione di purea di frutta spesso viene effettuata con evaporatori a circolazione forzata con conseguenti importanti alterazioni del colore e fenomeni d'imbrunimento.

Le scottatrici, generalmente per prodotti "pompabili", sono degli scambiatori a fascio tubiero orizzontale, con tubi di circa 60-70 mm di diametro, riscaldati a vapore. Le testate sono facilmente apribili e ispezionabili per potere eseguire rapidamente le operazioni di pulizia. Nelle testate sono ricavate delle nicchie che collegano i diversi tubi del fascio, creando un preciso percorso. Al fine di avere una temperatura di uscita costante e di evitare surriscaldamenti, l'immissione di vapore nella camera esterna al fascio deve essere controllata mediante un termostato.

Fino a qualche decennio addietro il tipo di scottatura impiegata era quella cold-break in cui il triturato era portato fino alla temperatura di 65°-70°. Il fine di questa procedura era essenzialmente quello di favorire il distacco della buccia nella successiva fase di estrazione, poiché il calore attiva gli enzimi pectolitici rendendoli in grado di causare una rapida demolizione dei legami fra esocarpo (buccia) e mesocarpo. Questo tipo di trattamento garantiva un conveniente mantenimento del colore e delle sostanze sapide a discapito tuttavia della consistenza

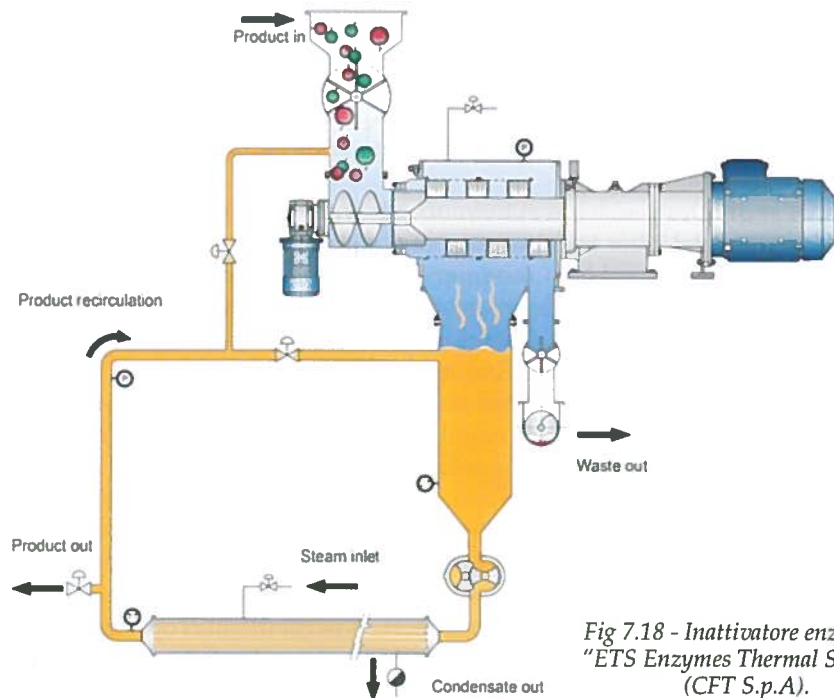


Fig 7.18 - Inattivatore enzimatico "ETS Enzymes Thermal Shocker" (CFT S.p.A).

del succo. Infatti le temperature indicate in precedenza favoriscono al massimo la demolizione delle sostanze pectiche e quindi si hanno dei derivati di scarsa consistenza; per ovviare a questo fatto è necessario quindi inattivare gli enzimi pectolitici, responsabili della demolizione delle sostanze pectiche e della conseguente perdita di consistenza.

Attualmente vengono impiegati congiuntamente trituratorie a martelli e trattamenti ad alta temperatura detti hot-break; la maggiore triturazione ottenuta coi martelli da un lato consente una maggiore inattivazione enzimatica per la maggiore resa termica (maggiore superficie di scambio per unità di volume di triturato), ma dall'altro determina l'esplicitarsi di una più intensa attività pectolitica. È evidente che se intercorre un tempo notevole fra la triturazione e il riscaldamento, il danno diventa ancor maggiore.

Affinché l'inattivazione termica degli enzimi pectolitici abbia un effetto ottimale sul mantenimento della consistenza iniziale della frutta o del vegetale fresco, è necessario che il superamento delle temperature intermedie (45-80°C), alle quali l'attività enzimatica è massima, avvenga nel lasso di tempo più breve possibile. La temperatura che generalmente viene raggiunta è di 100°C, che consente l'inattivazione della pectin-metilesterasi in tutta la massa trattata, benché tale inattivazione avvenga a 82°C; infatti il controllo della temperatura è fatto sul succo o sulla parte esterna dei pezzi e non garantisce sull'effettivo raggiungimento della temperatura d'inattivazione in tutta la massa.

Lo scambiatore deve essere molto efficiente e consentire un passaggio mol-

to rapido nella fascia di temperatura prima indicata; a questo scopo si utilizza una miscelazione del prodotto appena triturato con prodotto già scottato, che diventa esso stesso il mezzo riscaldante. L'efficacia del sistema dipende dalla possibilità di ottenere un contatto intimo ed immediato e dal corretto rapporto tra le quantità dei due triturati. A livello impiantistico si ricorre al ricircolo del prodotto riscaldato nella vasca sotto il tritatore in rapporto di circa 12-15 parti per 1 parte di prodotto fresco.

Uno degli inconvenienti maggiori è costituito dalla riduzione dell'efficacia dello scambio termico in seguito a deposito di materiale vegetale leggero (fibre, residui di foglie, ecc.) nel fascio tubiero e in particolare modo dove si ha perdita di carico maggiore (curve).



Fig. 7.19 - Impianto completo di inattivazione enzimatica per frutta e vegetali "Zenith Chrono" (CFT S.p.A).

Il tempo di sosta nella scottatrice è dell'ordine di alcuni minuti (3-4) e all'uscita si ha un prodotto destinato a rimanere a temperature molto elevate per un tempo rilevante, con evidenti danneggiamenti delle proprietà organolettiche (aroma, gusto e colore) per evaporazione delle sostanze volatili e per accelerazione delle reazioni di ossidazione e demolizione delle sostanze termolabili.

7.4.6. Raffinazione e raccolta del succo

Il triturato viene inviato al gruppo di *passatura/raffinazione*. Questa fase ha lo scopo di separare le bucce e i semi già distaccati dalla polpa per azione degli enzimi pectolitici, provvedendo nello stesso tempo all'estrazione del succo e di

conseguenza all'eliminazione di materiale estraneo o di frammenti di parti guaste. Bucce e semi sono raccolti attraverso un nastro trasportatore a coclea per essere utilizzati come emendante per i campi. Il gruppo di passatura/raffinazione è costituito da due o tre testate contenenti setacci cilindrici in lamiera forata, con fori (luci di passaggio) progressivamente più piccoli, attraverso i quali viene forzata la massa triturata.

La spinta del triturato contro le pareti del setaccio fisso è effettuata attraverso battitori calettati sull'albero rotante interno alla testata. Nei modelli più recenti i setacci, anziché cilindrici, sono tronco-conici, in modo da consentire un'agevole modificazione dello spazio fra superficie filtrante e gruppo di battitura anche con la macchina in movimento, facendo scorrere il gruppo rotante (anch'esso tronco-conico) all'interno del gruppo fisso. I battitori sono montati in modo da imprimere un avanzamento a coclea al triturato e mantenere sempre pulita la superficie del setaccio.

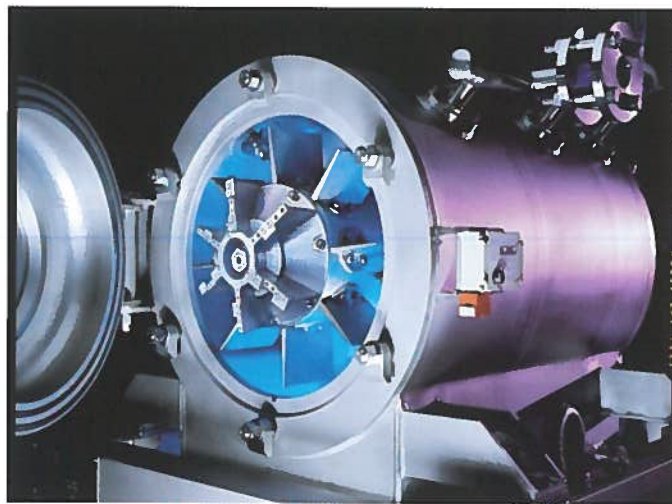


Fig. 7.20 - Estrattore a freddo "Giubileo" (CFT S.p.A.).

Il primo setaccio, normalmente chiamato *passatrice*, ha fori dell'ordine di 1,2 mm e consente la rimozione dei semi, dei piccioli, delle parti verdi e cicatrizzate particolarmente consistenti e di buona parte della buccia.

Del tutto analogo e talvolta mosso dallo stesso motore è il secondo gruppo chiamato *raffinatrice*: generalmente più piccolo, poiché viene sottoposto ad un lavoro meno oneroso, porta un setaccio con luci di passaggio di 0,8 o 0,6 mm, consentendo l'eliminazione dei frammenti di semi e bucce e di altre particelle sfuggite alla raffinatrice. La *forata fine* viene utilizzata quando si applica anche il terzo stadio (super raffinatrice), altrimenti si usa la più fine. La super raffinatrice, provvista di un setaccio con fori di 0,4 mm, provvede ad eliminare completamente tutte le impurità residue del succo. Questo stadio, ormai quasi mai utilizzato, è generalmente azionato da un motore autonomo di ridotta potenza. Il succo proveniente dal gruppo di raffinazione viene raccolto in una vasca di acciaio inox

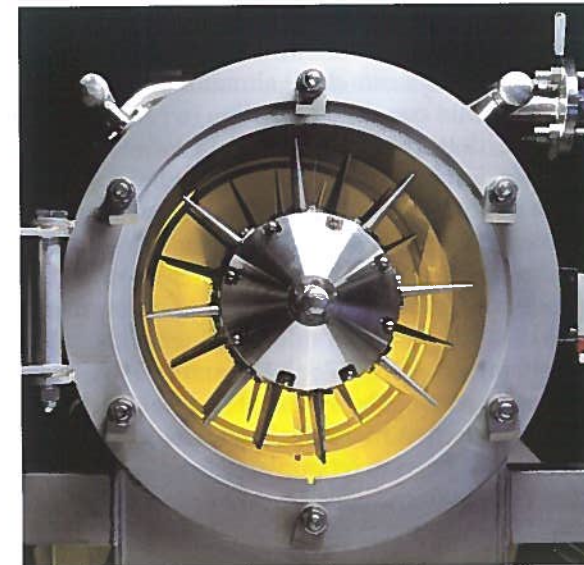


Fig. 7.21 - Raffinatrice a caldo "Giubileo" (CFT S.p.A.).

che serve da polmone per alimentare la successiva fase di concentrazione. Tale vasca deve avere una capacità adeguata alle potenzialità dell'impianto di concentrazione, consentire una corretta gestione della miscelazione e la regolazione dei livelli di massima e di minima per evitare che si abbiano fenomeni di alterazione microbiologica che possono anche essere causa di anomale concentrazioni di acido lattico nei prodotti finiti.



Fig. 7.22 - Passatrice doppio-corpo per succo di pomodoro (CFT S.p.A.).

7.5. LA STABILIZZAZIONE DEGLI ALIMENTI

Il processo di *condizionamento* degli alimenti prevede due fasi al suo interno che possono essere svolte con diverso ordine in funzione di motivazioni economiche e tecnologiche, delle caratteristiche del prodotto e di resistenza termica dei contenitori: il **confezionamento e la stabilizzazione**.

La definizione di stabilizzazione microbiologica è quasi sempre collegata all'ambito alimentare.

Si intende per alimento (o prodotto alimentare, o derrata alimentare) qualsiasi sostanza o prodotto parzialmente trasformato o non trasformato, destinato ad essere ingerito, o di cui si prevede ragionevolmente che possa essere ingerito, da esseri umani (regolamento CE n. 178/2002, art. 1).

Con il termine Sicurezza Alimentare (Food Safety) si intende la ragionevole certezza che l'alimento non nuoccia al consumatore, quando preparato e/o consumato secondo i modi previsti (commissione del Codex Alimentarius).

Con il termine Alterazione (Spoilage), o Deterioramento (Perishing, nella sua accezione negativa), si intende una percepibile modificazione di un alimento, dovuta a qualsiasi causa, che lo rende insalubre o non più idoneo all'uso umano. L'alterazione può essere il risultato di un'azione microbica o enzimatica, quali ad esempio irrancidimento lipidico, putrefazione, fermentazione o proliferazione fungina

7.5.1. Tecniche di conservazione tradizionali

Benché la loro definizione non sia comunemente precisata, si intendono *non convenzionali* le tecnologie di stabilizzazione di applicazione relativamente recente (non utilizzate a livello industriale prima del XXI secolo²).

La più utilizzata oggi è il calore ad alta temperatura.

Si definisce tradizionalmente *pastorizzazione* il processo di inattivazione irreversibile delle forme microbiche alterative e/o patogene inattivabili a temperature $T < 100^{\circ}\text{C}$ (anche quando il trattamento dovesse essere svolto a $T > 100^{\circ}\text{C}$).

Si definisce tradizionalmente *sterilizzazione* il processo di inattivazione irreversibile di tutte le forme microbiche alterative e/o patogene e di tutte le spore batteriche termofile, inattivabili a temperature $T > 100^{\circ}\text{C}$ (anche quando il trattamento dovesse essere svolto a $T < 100^{\circ}\text{C}$).

Con il termine **Sterilità Commerciale (Commercial Sterility)**, si intende lo stato in cui un alimento si trova ad essere, se conservato in un contenitore ermetico che ha ricevuto un trattamento antimicrobico almeno equivalente a quello dell'alimento stesso, privo di microrganismi alterativi e/o patogeni capaci di accrescersi nel prodotto alle normali condizioni di temperatura ambiente.

7.5.2. Teoria e processi per il trattamento termico di sterilizzazione

La fase finale della tecnologia di stabilizzazione degli alimenti confezionati è rappresentata da un trattamento termico atto a rendere l'alimento conservabi-

² Norme FDA (Food Code 2005).

le per un tempo più o meno lungo, indipendentemente o dipendentemente dalle condizioni di conservazione. Questo trattamento termico prende il nome di pastorizzazione o sterilizzazione, non tanto in conseguenza delle condizioni adottate per realizzarlo, quanto per gli effetti che esso ha sui microrganismi e sugli enzimi in grado di alterare l'alimento. Il sostenere che i trattamenti di pastorizzazione sono quelli che si effettuano a temperature inferiori ai 100°C , mentre i trattamenti di sterilizzazione sono quelli che si effettuano a temperature superiori, può fornire una indicazione, ma non è esaustivo dei meccanismi che si generano.

Un trattamento termico effettuato a 75°C per 15" ha un effetto, decisamente diverso ai fini della conservabilità del prodotto, a seconda che venga realizzato ad esempio sul latte o sul succo di limone. Nel primo caso, ovviamente a parità di modalità di confezionamento, il prodotto avrà una conservabilità limitata nel tempo e fortemente dipendente dalle condizioni di conservazione, nel secondo caso si otterrà un prodotto con durata superiore a sei mesi, indipendentemente dalle condizioni di conservazione (purché si tratti di condizioni ordinarie). In altre parole si tratterà, nel primo caso di una semiconserva e nel secondo caso di una conserva.

Appare pertanto logico definire pastorizzazione quel trattamento termico che distrugge la maggior parte delle forme vegetative dei microrganismi presenti nell'alimento e sicuramente tutte le forme patogene e provoca l'inattivazione degli enzimi. È ovvio che il prodotto finito debba esser conservato nelle condizioni più idonee a limitare la crescita microbica (quindi: dipendenza dall'ambiente esterno) e che la sua conservabilità sia limitata nel tempo.

Un prodotto sterilizzato è per contro un prodotto nel quale a mezzo di adatto trattamento termico sono stati distrutti tutti i microrganismi e le spore batteriche (ed inattivati tutti gli enzimi) o meglio tutti gli agenti microbici che potrebbero riprodursi se il prodotto venisse esposto a condizioni ottimali per il loro sviluppo (in particolare la temperatura). Non si tratta quindi di un prodotto sterile, tanto è vero che si parla di "sterilità commerciale". Mentre lo scopo della pastorizzazione è la distribuzione delle forme vegetative, quello della sterilizzazione è la distruzione anche delle spore che come è noto sono molto più termoresistenti.

In ogni modo dal punto di vista teorico i due processi possono essere trattati in modo analogo. I parametri del trattamento termico per ottenere una corretta sterilizzazione o una corretta pastorizzazione dipendono da diversi fattori:

- La natura dell'alimento (pH, presenza di grassi, attività dell'acqua, etc.);
- La resistenza termica dei microrganismi o delle spore;
- La conducibilità termica dell'alimento;
- Il contenitore (tipo, dimensione, condizioni di quiete o agitazione, etc.);
- Il mezzo riscaldante;
- La carica microbica iniziale.

Il pH dell'alimento rappresenta in particolare un fattore critico: esistono ad esempio alcune spore estremamente termoresistenti che sopravvivono al processo di sterilizzazione commerciale, ma se l'alimento ha un basso pH esse non costituiscono alcun pericolo ai fini della conservazione.

Ai fini del trattamento termico gli alimenti si dividono in due grandi gruppi: prodotti ad elevata acidità, con $\text{pH} < 4,5$ e prodotti a bassa acidità con $\text{pH} > 4,5$. Poiché nei prodotti ad elevata acidità i microrganismi sporigeni non possono svilupparsi, il trattamento termico ha solamente lo scopo di inattivare le forme vegetative (lieviti e muffe). Per quanto concerne invece gli alimenti a bassa acidità il processo termico si basa invece sulla distruzione delle spore, ed in particolare di quelle di un microorganismo target quale ad esempio il *Clostridium botulinum*. È questo un microorganismo patogeno, sporigeno, mesofilo, anaerobio obbligato che vive sui substrati con pH superiore a 4,5 e le cui spore sono termoresistenti. Convenzionalmente per trattamento di sterilizzazione industriale si intende quel trattamento termico in grado di ridurre di 12 cicli logaritmici una popolazione di spore di *C. botulinum*. In sostanza quindi per il processo di sterilizzazione due gruppi di fattori risultano essenziali: 1) la resistenza termica del microorganismo e tutti quei fattori in grado di modificarla, 2) l'energia termica, intesa come quantità e tempo di applicazione e tutti quei parametri che ne regolano la penetrazione all'interno dell'alimento.

Fortunatamente buona parte delle reazioni che avvengono negli alimenti obbediscono a cinetiche ben definite. La distruzione termica dei microrganismi, di molti nutrienti e degli enzimi obbediscono a cinetiche del primo ordine esprimibili matematicamente:

$$\frac{dN}{d\theta} = -kN$$

dove:

N = numero di microrganismi;

θ = tempo;

k = costante.

Integrando l'espressione tra i limiti N_0 al tempo $\theta_0 = 0$ e N al tempo θ , si ottiene:

$$\log N = \log N_0 - \frac{\theta}{D}$$

Dove:

$$D = \frac{2,3}{k}$$

ed è detto "tempo di riduzione decimale" e rappresenta, ad una determinata temperatura letale mantenuta costante, il tempo necessario per la riduzione di un ordine di grandezza della popolazione microbica iniziale.

In realtà nel caso di conserva classica, cioè di un prodotto confezionato in un contenitore ermetico, il riscaldamento e il raffreddamento non possono essere istantanei per cui il prodotto passa attraverso una serie di temperature letali: si rende pertanto necessario conoscere la velocità di distribuzione dei microrganismi alle diverse temperature letali. Bigelow ha espresso matematicamente la relazione tra D e la temperatura:

$$D = a \cdot e^{-bT}$$

in cui a e b sono delle costanti e T è la temperatura del trattamento. Sulla base di tale equazione è possibile conoscere per un determinato microorganismo il valore di D a qualsiasi temperatura T , conoscendo il D_1 ad una temperatura di riferimento T_1 :

$$\log \frac{D_1}{D} = \frac{T - T_1}{Z}$$

Il parametro Z ha le dimensioni di una temperatura e rappresenta quell'incremento di temperatura che determina un'accelerazione di 10 volte della velocità di distruzione termica del microorganismo.

La ricerca dei parametri θ e T per la sterilizzazione di un alimento richiede da un lato la conoscenza della curva di distruzione termica del microorganismo test in quel substrato e dall'altro la curva di penetrazione del calore all'interno del contenitore. Dalle due curve procedendo per punti è possibile ottenere una terza curva, l'integrazione della quale rappresenta il valore di

$$\log \frac{N_0}{N}$$

e quindi il numero di riduzioni decimali della popolazione microbica iniziale per unità di volume.

Mentre per le spore dei microrganismi termoresistenti Z è dell'ordine di 10°C , per la maggior parte delle reazioni chimiche in grado di danneggiare il prodotto è dell'ordine di 20°C - 30°C . In altri termini uno stesso aumento della temperatura accelera molto di più la velocità di distruzione dei microrganismi che non la velocità delle reazioni chimiche che danneggiano il prodotto. Se ne deduce facilmente che un processo di sterilizzazione è tanto migliore quanto più viene condotto a temperature elevate e per tempi brevi. Se però è relativamente facile effettuare un trattamento **HTST (High Temperature Short Time)** per un prodotto fluido allo stato sfuso, è materialmente impossibile effettuarlo su di un prodotto solido confezionato o meno, per il motivo sopracitato che non risulta possibile effettuare un riscaldamento e un raffreddamento istantaneo.

Per le conserve classiche quindi il processo HTST rappresenta una meta, allo stato attuale irraggiungibile, ma al raggiungimento della quale sono concentrati tutti gli sforzi della moderna tecnologia. Il fattore limitante è rappresentato quindi dalla velocità di trasmissione del calore non tanto dal mezzo riscaldante al contenitore, in special modo se il mezzo riscaldante è costituito da vapore in condensazione, quanto dalla parete del contenitore al punto più freddo del prodotto all'interno del contenitore.

La velocità di trasmissione del calore dipende da tre fattori:

- Il ΔT tra la parete del contenitore, o tra il mezzo riscaldante ed il punto più interno più freddo;
- La natura fisica del prodotto;
- Le dimensioni del contenitore.

L'invenzione dell'*autoclave*, consentendo maggiori ΔT tra fluido riscaldante e prodotto rispetto a sistemi a tunnel, ha consentito, a parità di effetto sterilizzante, sensibili riduzioni dei tempi di trattamento con conseguente mi-

grioramento qualitativo dei prodotti trattati. L'autoclave classica ha però una limitazione dovuta al fatto che al di sopra di temperature del fluido riscaldante dell'ordine dei 115°C-120°C si producono surriscaldamenti del prodotto posto a contatto della parete, con scadimento della qualità.

Impianti per il trattamento in massa dell'alimento saranno ancora maggiormente efficaci nel raggiungimento in breve tempo della temperatura desiderata, garantendo anche un minor consumo energetico.

7.5.3. Impianti per il trattamento di stabilizzazione di prodotti liquidi

Per il conseguimento della sterilità commerciale, a latte e bevande vengono applicati trattamenti termici che sono costituiti dalla combinazione di due aspetti:

- Temperatura di riscaldamento (mediante sistemi diretti o indiretti).
- Sosta (tubo progettato con caratteristiche particolari, che mantiene in temperatura il prodotto per un certo numero di secondi).

La combinazione temperatura/sosta varia ampiamente a seconda del pH del prodotto.

- Latte (bassa acidità) Temperature teoriche: 137°C. Reali: 150°C. Sosta: 4÷6 sec
- Bevande (alta acidità) Succhi/Nettari/Bevande pH<4,2: 95°(105) C/15÷30 s, Succhi/Bevande pH>4,2 (pomodoro, etc):122C/30s Bevande alta acidità pH>4,5 (Soia, te da foglia, etc):138C/4s

Per applicare queste temperature per i tempi prestabiliti è possibile fare ricorso a tecnologie sfruttanti uno scambio termico diretto o indiretto.

Nel caso "diretto" il fluido riscaldante (vapore) si miscela con il prodotto da riscaldare. Importante implicazione di questa tecnica è la necessità di avere Vapore culinario idoneo al contatto con gli alimenti, che dovrà essere successivamente rimosso.

La tipologia invece di scambio termico "indiretto" prevede che il fluido riscaldante (acqua) trasferisca calore a mezzo parete metallica al prodotto. L'acqua surriscaldata è a sua volta riscaldata da vapore (in questo caso non culinario).

Ognuna di queste tecnologie ha propri campi di applicazioni e vantaggi e svantaggi che sono riepilogati nella seguente tabella:

	Diretti	Indiretti
Fluido Riscaldante	Vapore	Acqua surriscaldata
Riscaldamento	Per contatto / miscelazione con il prodotto	Scambio termico attraverso parete metallica
Peculiarità Tecnologiche	ri-concentrazione in camera sottovuoto	Sporcamento superfici
Prodotti	latte ed equivalenti Soia	Latte ed equivalenti Soia Bevande
Famiglie	Iniezione Infusione	A Piastre Tubolari

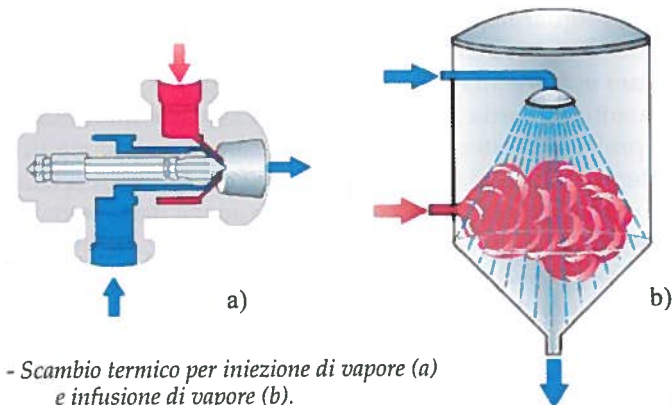


Fig. 7.23 - Scambio termico per iniezione di vapore (a) e infusione di vapore (b).

Le due tipologie di impianti che consentono di avere uno scambio termico diretto sono quelle a iniezione e infusione di vapore nel prodotto. Si vedranno poi in seguito campi di applicazione di entrambe le tecnologie che prevedono comunque una eliminazione successiva del vapore introdotto.

Lo scambio termico in modo "indiretto" può avvenire invece grazie a sistemi a piastre o a tubolari come quelli sotto riportati. In entrambi i casi il fluido vettore (acqua calda surriscaldata) non entra mai a contatto con il prodotto, ma scambia il calore con il prodotto tramite il corpo metallico delle piastre o dei tubolari.

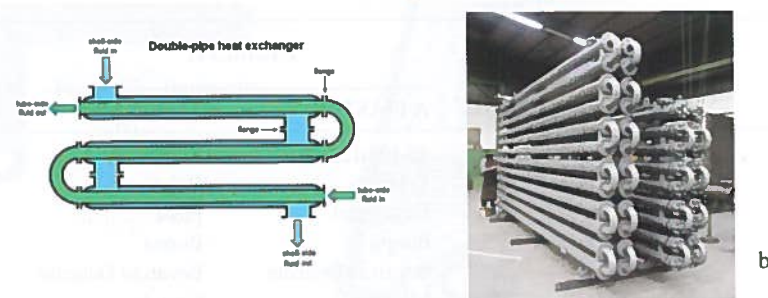
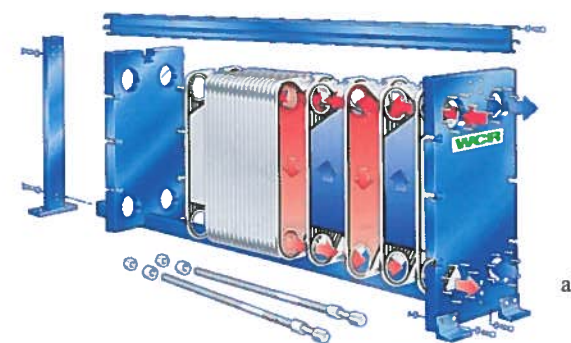


Fig. 7.24 - Scambio termico indiretto a piastre (a) e con tubolari - multitubo (b).

Per quanto riguarda i prodotti liquidi per i quali questi sistemi sono impiegati, l'utilizzo di sistemi diretti o indiretti dipende dalle caratteristiche del liquido da trattare e dai vantaggi ottenibili impiegando una tecnologia rispetto all'altra. Per quanto riguarda latte e prodotti a base latte da trattare con tecnologia UHT sono preferibili sistemi diretti, poiché consentono di raggiungere più rapidamente la temperatura di sterilizzazione (vicina a 150°C) senza degradare il prodotto oltre che dal punto di vista sensoriale anche della variazione di colore (molto sensibile per il latte).

Per bevande a bassa acidità (latte di soia, alcuni tè, etc...) dove le temperature richieste sono comunque alte (attorno ai 130-140°C) i sistemi da preferire sono invece quelli indiretti, poiché il loro costo sia di investimento che di esercizio è minore rispetto a quelli diretti e l'effetto di un minore gradiente termico in fase sia di salita che di discesa non influisce in questo caso in modo pesante sulle caratteristiche del prodotto, meno sensibile del latte sia dal punto di vista sensoriale che della variazione di colore.

Per bevande ad alta acidità (come succhi, nettari etc...) l'utilizzo di sistemi indiretti è obbligato, in quanto sistemi diretti non sono appropriati per processi di sterilizzazione che prevedano bassi valori di temperatura (minori di 122°C) o addirittura processi di pastorizzazione (attorno ai 95°C). Per questi prodotti la scelta ricadrà tra una delle tipologie di sistemi indiretti.

Le caratteristiche dei vari processi sono inoltre differenti e possono essere riassunte dalle tabelle sottostanti relative a processi su latte e bevande.

	Diretti		Indiretti	
	INIEZIONE	INFUSIONE	A PIASTRE	TUBOLARI
Temperature Massime (°C)	150	150	140	150
Carico Termico	basso	molto basso	elevato	molto elev.
Costi Energetici	alti	molto alti	molto bassi	bassi
Sensorialità	aroma "piatto"	aroma "piatto"	cotto	cotto
Colore	ottimo	ottimo	buono	alterato
Volumi Morti	limitato	limitato	importante	grande
Inconvenienti	(stabilità enzimatica)	(stabilità enzimatica)	possibili spore	viraggio colore

	INDIRETTI	
	A PIASTRE	TUBOLARI
Temperature^	95-105-122	95-105-122
Carico Termico	Relativo	Relativo
Costi Energetici	Bassissimi	Bassi
Sensorialità	Buona	Buona
Colore	Bevande Delicate	Bevande Delicate
Volumi Morti	Minimo	Grande
Durate Sessioni	Buone	Ottime

7.5.4. Impianti stabilizzazione in massa per bevande

Gli impianti per la stabilizzazione in massa di bevande e alimenti liquidi possono includere tre sottoprocessi:

- Trattamenti termici composti a sua volta da:
 - Preriscaldamento per recupero.
 - Riscaldamento.
 - Raffreddamento.
- Omogenizzazione (opzionale per alcune bevande/alimenti).
- Degasazione Praticamente sempre.

Come descritto in precedenza i trattamenti termici possono esser effettuati tramite sistemi a piastre o sistemi tubolari.

7.5.5. Sistemi a piastre

I processi sfruttanti piastre a loro volta possono essere separati in due tipologie dipendenti dalle caratteristiche del prodotto da trattare.

Si possono avere *processi con piastre a canale standard* per prodotti piatti o con polpe o fibre in percentuale inferiore al 7-8% o a canale largo per liquidi contenenti appunto valori superiori al 7-8% di fibre o polpe.

Sistemi a canale standard presentano ovviamente una più alta efficienza e sono da considerarsi tra tutte le tipologie di scambiatori indiretti la soluzione più economica in assoluto.

Sistemi a canale largo invece hanno comunque una buona efficienza per tipologie di polpe e fibre di dimensioni limitate, ma in percentuale superiore al 7-8% in massa sono da preferire rispetto a soluzioni tubolari in quanto più economiche con il vantaggio inoltre rispetto al canale stretto di avere limitate perdite di carico.

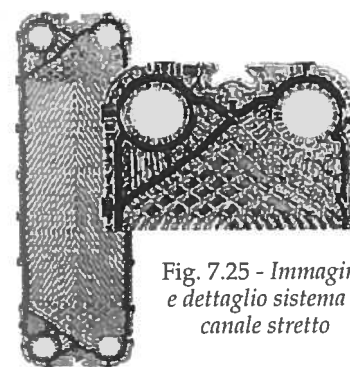
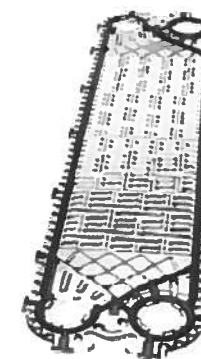


Fig. 7.25 - Immagine e dettaglio sistema a canale stretto



Piastra a "canale largo"

Fig. 7.26 - Rappresentazione di piastre a canale largo.



Fig. 7.27 - Impianto di sterilizzazione a piastre per succhi "Olympic P" (CFT S.p.A).



Fig. 7.28 - Impianto per trattamento di pastorizzazione in massa a piastre (ADUE S.p.A).

7.5.6. Sistemi a tubolari

I sistemi a tubolari sono adatti come mostrato nella tabella precedente per grandi produzioni e soprattutto nel caso in cui nella bevanda/alimento vi siano pezzi o fibre di dimensioni importanti, che non riescono ad essere processati nemmeno con un sistema a piastre a canale largo.

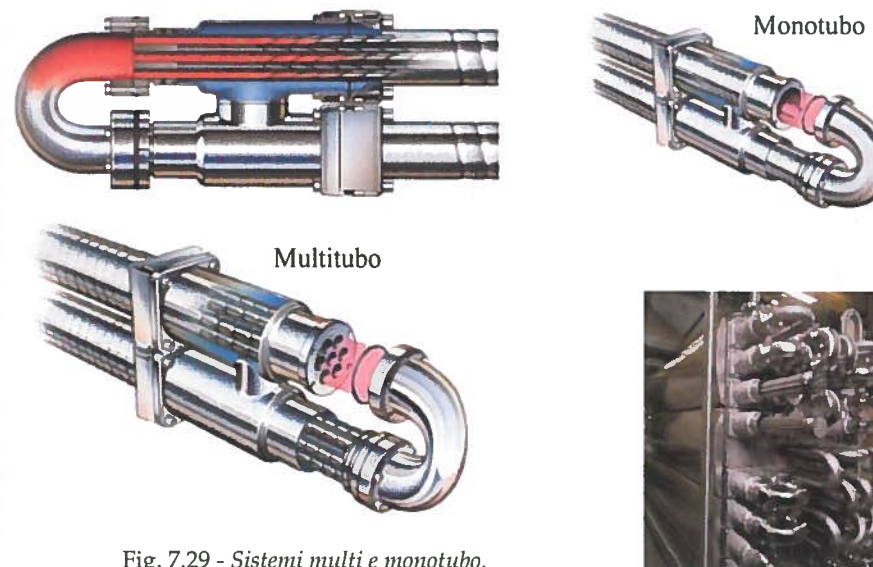


Fig. 7.29 - Sistemi multi e monotubo.

Anche nei sistemi a tubolare esiste una distinzione: è possibile infatti utilizzare scambiatori tubolari multitubo o monotubo.

Gli scambiatori multitubo sono più efficienti dal punto di vista termico essendo maggiore rispetto al sistema monotubo la superficie di scambio termico con il fluido vettore (acqua surriscaldata) che di solito scorre in controcorrente. Questi sono adatti tuttavia solamente per prodotti con dimensioni delle pezzature inferiori a 10*10*10mm o a prodotti con pezzi.



Fig. 7.30 - Sistema di sterilizzazione bevande base frutta con scambiatori tubolari (CFT S.p.A.).

7.5.7. Omogeneizzazione della bevanda/alimento

Prodotti da omogeneizzare:

- Nettari e prodotti a base frutta
- Bevande con presenze di oli essenziali
- Prodotti formulati con polverulenti

Possibili obiettivi della omogeneizzazione

- Stabilizzazione del prodotto (diminuire sedimentazioni e separazioni)
- Conferire maggior viscosità
- Migliorare le caratteristiche sensoriali

7.5.8. Degasazione

La degassazione della bevanda/alimento può avvenire o sulla parte acqua andando a carbonare in controcorrente togliendo la parte di ossigeno e azoto (se poi la bevanda dovrà essere ulteriormente carbonata) oppure sempre più spesso si procede ad una degassazione tramite trattamento in vuoto, a mezzo di pompe a vuoto d'aspirazione.

Benefici del trattamento sotto vuoto:

- Rimozione aria ed ossigeno.
- Deodorizzazione, miglior gusto, nessun off-flavours.
- Minor sporcamento impianto "downstream".



Fig. 7.31 - Sistema di degasatura a vuoto (ADUE S.p.A).

7.5.9. Impianti completi per la stabilizzazione delle bevande in massa

Alla luce di quanto descritto in precedenza per le singole tecnologie adottabili per la stabilizzazione in massa di alimenti liquidi o con piccole pezzature disperse nel liquido, si riporta l'applicazione impiantistica di tali tecnologie che prevedono attualmente quasi sempre sistemi di recupero energetici. Tali sistemi di recupero consentono una maggiore efficienza energetica nel trattamento a scapito a volte di mantenimenti del prodotto ad elevate temperature, che possono in alcuni casi degradarne le caratteristiche. Per tali motivazioni sono più spesso adottati nel settore delle bevande ma possono in alcuni casi essere applicati anche nel settore del latte da bere.

Impianto trattamento Uht ad iniezione con recupero di calore tubolare

Tale impianto presenta come tecnologia principale per la stabilizzazione un trattamento di iniezione di vapore seguito da un trattamento di condensazione di tale vapore precedentemente inserito, ma vede applicati anche una serie di trattamenti a tubolari per il preriscaldamento e raffreddamento del prodotto prima e dopo il trattamento principale, applicando i concetti del recupero energetico. Dalla fig 7.32 è possibile vedere tutti i flussi del prodotto e dei fluidi di servizio necessari per il processo.

Si descrive di seguito il processo dividendo quella che è la linea prodotto, dalla linea dei fluidi di servizio e da quella del CIP.

LINEA PRODOTTO: Il prodotto parte dal serbatoio principale a 20°C e subisce un preriscaldamento rigenerativo sino a 80°C, dopo il passaggio in un primo scambiatore di calore tubolare; poi entra all'interno dell'iniettore e viene miscelato con il vapore culinario a 174°C dove si ha un mix a 150°C. All'uscita dall'iniettore la miscela vapore-prodotto, attraversa un tratto di tubazione corrispondente all'holding tube (impiegando circa 4-6 secondi); infine all'uscita dal degasatore, il latte, ritorna a 80°C. Una pompa centrifuga, di rilancio, provvede a portare il prodotto dal degasatore verso l'omogeneizzatore dal quale esce ad una temperatura prossima agli 80°C. A questo punto un secondo scambiatore di calore tubolare viene impiegato per raffreddare il prodotto, portandolo in definitiva a circa 45-40°C. Una valvola modulante, infine, provvederà ad inviare il prodotto verso la macchina riempitrice, presso la quale il latte verrà confezionato ad una temperatura pari a 20°C.

LINEA ACQUA DI SERVIZIO: L'acqua di servizio entra, alla temperatura delle rete idrica, dal lato sinistro del layout. Una pompa centrifuga aspira l'acqua e la lancia verso lo scambiatore di calore tubolare. Allora l'acqua si ritrova qui a raffreddare il prodotto che arriva a 80°C e in uscita si è riscaldata a circa 60°C. A questo punto la stessa viene riutilizzata per preriscaldare, mediante un altro scambiatore del tipo tubo in tubo, il prodotto in ingresso. Ma l'efficacia a 60°C è molto modesta.

Per aumentare l'efficacia tra i due scambiatori di calore tubolari è presente uno scambiatore a piastre di servizio. Qui il vapore non culinario cede calore all'acqua innalzando ulteriormente la sua temperatura da 60 sino a 100°C. Si nota che è presente anche la soluzione costruttiva, in cui parte del calore viene inseri-

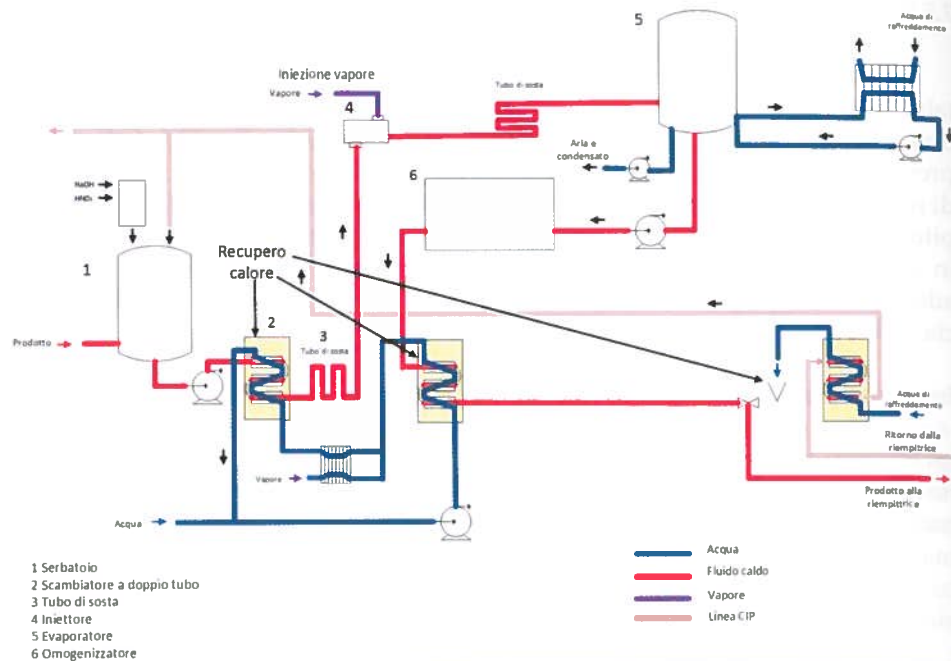


Fig. 7.32 - Impianto trattamento Uht ad iniezione con recupero di calore tubolare.

to direttamente nel condotto dove circola acqua, per favorire un rapido aumento di temperatura. Nello scambiatore di calore tubolare a sinistra, quindi, viene realizzato il preriscaldamento del prodotto sfruttando la rigenerazione dell'acqua di servizio. Infine, è evidente che, siccome si tratta di un anello aperto allora l'acqua fredda in ingresso va a reintegrare e a compensare eventuali ammanchi o può uscire dal sistema.

LINEA CIP: dal serbatoio vengono inserite prima una sostanza basica e poi dopo opportuni risciacqui una sostanza acida, seguita da risciacqui. Infine si sterilizza il tutto con acqua ad alta temperatura. Il percorso dell'acqua sterilizzata è identico a quello della linea principale, all'andata, ma siccome il CIP viene eseguito in anello chiuso, allora si ha che partendo da destra del layout, abbiamo acqua alla temperatura di sterilizzazione che deve essere raffreddata. Uno scambiatore tubolare è installato sul ramo di ritorno (return from filling) per raffreddare l'acqua usata per il CIP con acqua fredda prelevata dalla rete, che poi viene scaricata. Il percorso dell'acqua sterile termina in un reject tank (v. estremità sinistra del layout).

LINEA RAFFREDDAMENTO ACQUA CONDENSATORE: il degasatore presenta al suo interno un condensatore. All'interno di quest'ultimo scorre acqua fredda di processo la quale deve poter scambiare calore con l'esterno, poiché subisce un riscaldamento all'interno della torre di degasazione. A tale scopo è previsto un circuito dedicato che mediante uno scambiatore a piastre raffredda l'acqua che circola all'interno del condensatore. Grazie alla presenza di una pompa, l'acqua raffreddata viene re-inviata all'interno del condensatore presente nel-

la torre di degasazione. L'anello percorso è un anello chiuso. In basso a sinistra si può notare la linea della pompa del vuoto che preleva aria e fluidi condensati dalla torre di degasazione, accompagnandoli verso l'esterno.

Impianto trattamento Uht ad iniezione con recupero di calore a piastre

Nella figura sottostante è ripotato il caso invece di impianto completo per il trattamento uht ad esempio di latte con iniezione di vapore e recupero energetico a piastre.

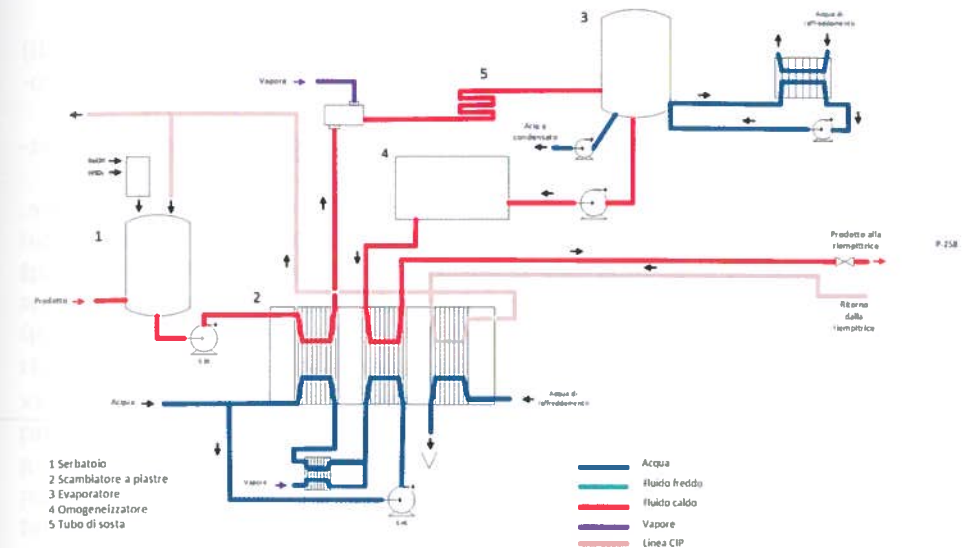


Fig. 7.33 - Impianto trattamento Uht ad iniezione con recupero di calore a piastre.

Questo layout è simile a quello precedente, ma con la differenza che ora è previsto un recupero di calore mediante lo scambiatore a piastre. È la soluzione adottata più frequentemente nella pratica industriale, rispetto l'opzione con scambiatori del tipo tubolare, analizzati prima.

I motivi risiedono in una migliore efficienza e una compattezza caratteristica degli impianti che utilizzano le piastre.

Il ciclo funziona nel modo seguente:

Il prodotto viene lanciato da una pompa verso un primo stadio di preriscaldamento rigenerativo, situato all'interno dello scambiatore di calore a piastre principale (v. estremità sx).

Quindi il prodotto (latte), preriscaldato da 20°C a 80°C, raggiunge l'iniettore di vapore, all'interno del quale, viene direttamente a contatto con vapore curilinario il quale viene immesso ad una temperatura di 174°C.

In uscita si ottiene un mix di prodotto a 150°C.

Quest'ultimo dopo l'iniezione di vapore attraversa il tratto di tubazione, concepito per realizzare la sosta termica (holding tube), generalmente impiegando un tempo pari a 4-6 secondi.

Successivamente entra nel condensatore dove avviene la separazione della quota parte di vapore, che si era miscelata al prodotto nella fase di iniezione.

In uscita dal degasatore si avrà nuovamente prodotto latte, senza presenza di vapore, alla temperatura di 80°C.

Attraverso l'utilizzo di una pompa centrifuga, il prodotto (latte) viene inviato in primo luogo all'omogeneizzatore e successivamente all'interno dello scambiatore di calore a piastre principale (v. zona centrale).

Nello scambiatore viene realizzato un raffreddamento (secondo stadio dello scambiatore a piastre) che consentirà al prodotto di essere inviato alla zona di riempimento alla temperatura richiesta.

L'acqua di raffreddamento, che si trova alla temperatura di rete (20 gradi) proveniente dal ramo di sx, viene pompata nello scambiatore e raffredda il prodotto portandolo a 40-45°C.

Da questo momento in poi il prodotto esce dallo scambiatore a piastre, attraversa la valvola modulante, ed entra nella riempitrice.

Gli scambiatori a piastre, presenti in questo tipo di impianto, sono due. Il primo, analizzato fino ad ora, è detto primario ed è uno scambiatore concepito per il trattamento di fluidi alimentari (in tal caso il latte). Il secondo, sul quale ci concentriamo ora, è detto secondario ed è uno scambiatore di processo, nel senso che viene attraversato da fluidi di servizio, non destinati ad usi alimentari, ovvero acqua proveniente dalla rete idrica e vapore tecnologico. Nello scambiatore a piastre secondario, l'acqua, proveniente dalla rete (ramo sx del layout), che si è riscaldata sino a 60°C, durante la fase di raffreddamento del prodotto, viene qui ulteriormente riscaldata. Lo scopo è quello di andare a preriscaldare il prodotto che entra nel primo stadio dello scambiatore di calore principale, utilizzando quest'acqua di servizio. L'acqua di servizio, esce dal scambiatore a piastre primario a circa 60°C. Arriva allo scambiatore secondario e viene ulteriormente riscaldata sino a 100°C circa, grazie al vapore tecnologico. In questo caso, abbiamo una soluzione impiantistica particolare in cui non si ha un ricircolo chiuso ed il vapore oltre a scambiare in maniera indiretta viene direttamente iniettato al fine di aumentare la temperatura. Successivamente al riscaldamento l'acqua, ritorna nello scambiatore a piastre primario e va a preriscaldare il prodotto, portandolo da 20°C a 80°C. L'acqua in uscita risulta essersi raffreddata passando dai 100°C a circa 40-50°C. Da qui in poi si ha un ricircolo dell'acqua, mediante controllo con valvole a 4 vie (non rappresentate in figura) che va a gestire i flussi in questo anello aperto, al fine di compensare eventuali aggiunte o rimozioni di acqua: spillando direttamente dalla rete idrica.

Per quanto riguarda la linea CIP il funzionamento è simile allo schema precedente, in figura è mostrato il gruppo di raffreddamento della linea CIP raffigurato nella parte destra dello scambiatore principale

Schema Uht a piastre con recupero di calore a piastre

In questo impianto adatto principalmente per bevande a bassa o alta acidità ma non per latte UHT il prodotto viene trattato esclusivamente da un sistema a piastre che prevede al suo interno diversi passaggi.

In questo caso la bevanda finita e già addizionata di tutti i suoi componen-

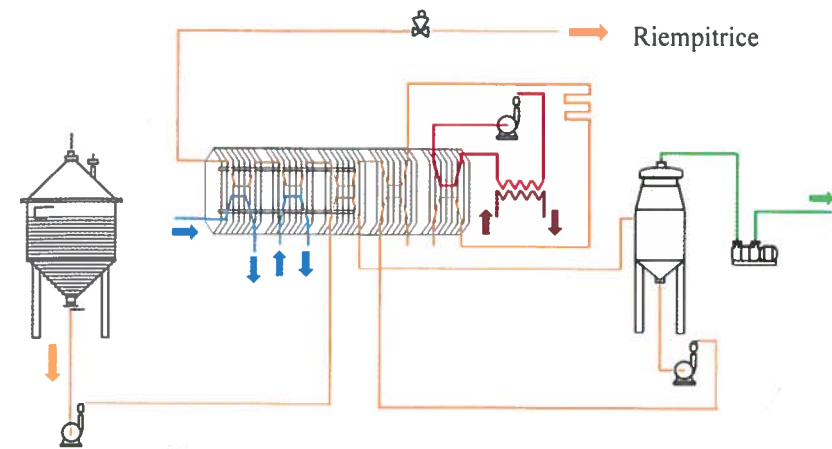


Fig. 7.34 - Impianto Uht a piastre con recupero di calore a piastre.

ti procede grazie all'azione di una pompa centrifuga dal serbatoio principale disposto a sinistra verso il sistema complessivo di scambio a piastre. Ai fini di un recupero del calore il prodotto si preriscalda passando in controcorrente con un fluido opposto che deve raffreddarsi (il prodotto stesso che ha subito già l'operazione di stabilizzazione termica). Dopo questa fase di preriscaldamento la bevanda dovrà essere deaerata, come visto in precedenza, grazie a un sistema con pompa a vuoto. Per le bevande a volte è richiesta l'omogeneizzazione (ad esempio nei casi di nettari di frutta) ma in questo caso non è stata inserita perché se si parla ad esempio di succhi di frutta, come nel caso del succo d'arancia, la presenza di fibre ne limita l'applicazione.

Il prodotto deaerato e preriscaldato ritorna poi verso la zona di scambio termico con sistema a piastre, dove prima avviene un ulteriore preriscaldamento con il prodotto in controcorrente in uscita dalle piastre e poi avviene il passaggio in controcorrente con acqua calda surriscaldata, a sua volta generata da un secondo scambiatore di calore a piastre (in questo caso non alimentare) dove entra vapore ed esce condensa (colore bordeaux in fig. 7.34).

Terminata la fase di trattamento termico principale il prodotto sosterrà per i tempi previsti dal processo nella tubazione di sosta termica, dopodiché procederà verso la zona dello scambiatore a piastre dove avviene il passaggio in controcorrente con il prodotto da preriscaldare. Raffreddatosi leggermente, prima di uscire e procedere verso la riempitrice il prodotto dovrà essere ulteriormente raffreddato da acqua fredda in controcorrente in modo che si riesca ad arrivare al riempimento a temperatura ambiente.

Al variare delle tempistiche e delle temperature in gioco questo sistema riesce a pastorizzare o sterilizzare bevande con diverso ph (sia low che high acid) ma come detto non è la scelta ottimale per il latte UHT avendo gradienti termici sia in salita che in discesa non elevati. Questo rischia di danneggiare il colore ed il sapore del prodotto. Per le bevande invece rispetto alle altre tipologie rappresenta una ottima scelta sia per quanto riguarda i costi di investimento che per i costi di esercizio.

7.6. LA PASTORIZZAZIONE DELLE BEVANDE IN VOLUME (CON CONTENITORE)

È un trattamento termo-fisico consistente nel portare la bevanda o l'alimento liquido ad una temperatura intorno ai 63°C per un'ora, oppure al di sopra degli 85°C per pochi minuti, in modo da distruggere i microrganismi eventualmente presenti che potrebbero provocare successivamente alterazioni o fermentazioni.

Questo trattamento non ha alcuna influenza sulle spore che però, in virtù delle avverse condizioni che trovano nel contenitore (ambiente di CO₂, pH acido, ecc.), non hanno la possibilità di svilupparsi facilmente.

Come si è detto la bibita può essere pastorizzata prima di essere messa nel contenitore, durante il riempimento e nel contenitore: con l'ultimo procedimento si è garantiti anche contro eventuali inquinamenti dei contenitori e dei tappi.

La pastorizzazione in volume richiede che i contenitori siano sufficientemente robusti perché le sollecitazioni che ne derivano non sono trascurabili.

7.6.1. Misura dell'efficacia delle operazioni di pastorizzazione

Grazie al lavoro di molti specialisti, l'efficacia della pastorizzazione è stata sperimentalmente definita secondo le condizioni di applicazione.

Si stabilisce sperimentalmente in laboratorio una curva di "efficacia biologica della pastorizzazione relativamente al liquido da trattare", controllando la distruzione della flora batterica caratteristica di quel liquido, eventualmente ad esso aggiunta artificialmente.

Se ne trae una curva semilogaritmica del tipo di fig. 7.35.

Nel caso della birra, cui il diagramma si riferisce, si vede che elevando la temperatura di 7°C, diminuisce di 10 volte il tempo necessario per ottenere gli stessi effetti biologici.

Tale curva sperimentale permette di definire l'U.P. ossia la *unità di pastorizzazione*, come l'effetto di pastorizzazione ottenuto sul liquido in oggetto durante un minuto primo di permanenza alla temperatura di 60°C.

La permanenza ad una determinata temperatura per un certo tempo provoca una determinata distruzione biologica o un determinato "effetto di pastorizzazione"; questo effetto, espresso in U.P., è il prodotto della "velocità di distruzione biologica" per il tempo di applicazione.

Essendo l'effetto di pastorizzazione a 60°C per un minuto primo eguale ad 1 U.P. per definizione, deriva che:

$$1U.P. = VDB_{60^{\circ}C} \times 1'$$

e reciprocamente:

$$VDB_{60^{\circ}C} = 1U.P. / 1' = 1$$

$$U.P. = VDB \times TEMPO$$

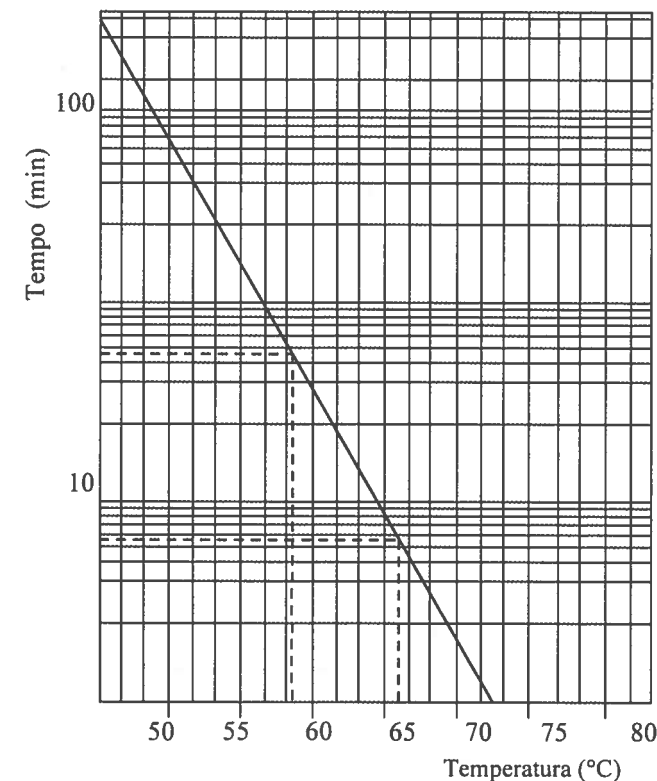


Fig. 7.35 - Curva di "efficacia biologica".

Calcolando per ciascuna temperatura la V.D.B. corrispondente, è possibile stabilire delle tabelle che forniscono per ogni temperatura le unità di pastorizzazione realizzate in un minuto primo (tab. 7.I).

°C	U.P.	°C	U.P.	°C	U.P.	°C	U.P.
46	0.010	56	0.27	66	7.20	76	196
47	0.014	57	0.37	67	10.00	77	268
48	0.019	58	0.52	68	14.00	78	373
49	0.027	59	0.72	69	19.00	79	519
50	0.037	60	1.00	70	27.00	80	720
51	0.052	61	1.40	71	37.00		
52	0.072	62	1.90	72	52.00		
53	0.10	63	2.70	73	72.00		
54	0.14	64	3.70	74	100		
55	0.19	65	5.20	75	119		

Tab. 7.I - Unità di pastorizzazione realizzate in un minuto primo.

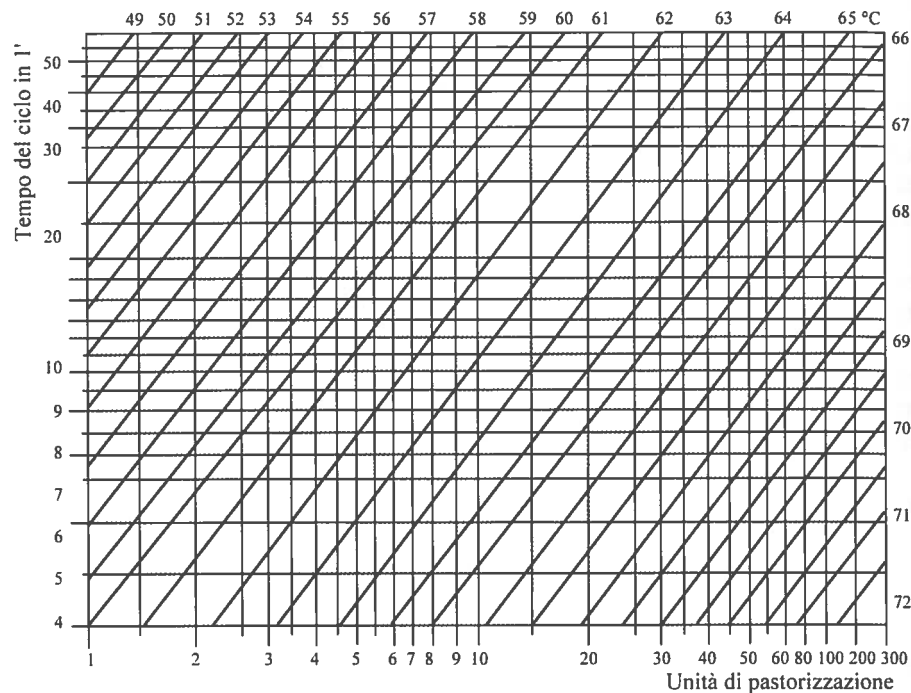


Fig. 7.36 - Diagramma per la determinazione dell'effetto di pastorizzazione in funzione dei tempi del ciclo di pastorizzazione.

Questo valore in definitiva è quello dell'effetto di pastorizzazione per minuto o del "potenziale di letalità".

Scelto il potenziale di letalità, si può tracciare il diagramma per la determinazione dell'effetto di pastorizzazione in funzione dei tempi del ciclo di pastorizzazione (fig. 7.36).

7.6.2. Calcolo delle unità di pastorizzazione

Per la pastorizzazione in volume, il ciclo termico che subisce una bevanda è del tipo di fig. 7.37.

Il suo andamento è giustificato dalla necessità di evitare sollecitazioni termiche troppo spinte ai contenitori in fase ascendente, considerando che in genere le bibite vengono imbottigliate a temperature prossime a 0°C, ed in fase discendente nel caso di contenitori in vetro.

Esso viene fissato in base alle caratteristiche della bibita e dell'impianto (temperatura di ingresso e di uscita dal pastorizzatore), ma deve essere costantemente controllato in esercizio, perché eventuali anomalie in uno dei due parametri che lo definiscono (temperatura e tempo) comportano conseguenze molto gravi.

Temperature più basse o tempi più brevi riducono l'effetto di pastorizzazione con conseguente possibilità di alterazione della bevanda nel tempo; tem-

perature troppo alte o tempi troppo lunghi possono peggiorare il gusto della bevanda con la distruzione di alcune "punte di sapore" e tensionare eccessivamente i contenitori con conseguente elevatissimo numero di rotture.

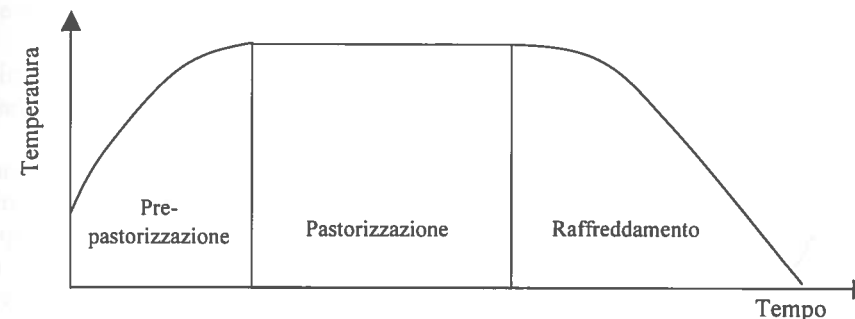


Fig. 7.37 - Ciclo termico subito dal prodotto per la pastorizzazione in volume.

Il ciclo termico effettivo in un pastorizzatore può essere rilevato sperimentalmente mediante un termografo ossia un registratore di temperatura in cui una punta scrivente indica la temperatura con la sua posizione su un diagramma mosso da un congegno ad orologeria³.

L'organo sensibile è una sonda posta a circa 25 mm dal fondo della bottiglia, nella zona che impiega il maggior tempo a raggiungere le temperature di pastorizzazione.

Ottenuto il diagramma di pastorizzazione, in qualche caso in coordinate circolari (fig. 7.38), e riportatolo in coordinate lineari, ingrandendo opportunamente le scale (fig. 7.39), si può leggere facilmente la temperatura corrispondente a ciascun minuto di trattamento.

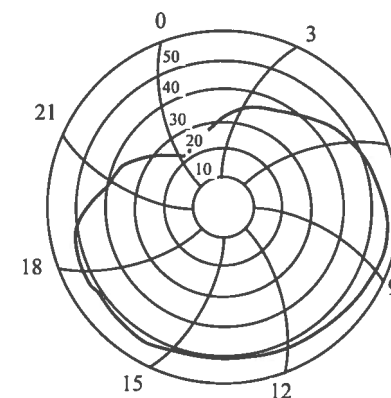


Fig. 7.38 - Diagramma di pastorizzazione in coordinate circolari.

³ Molto precisi e pratici si sono dimostrati anche i termografi a termistori con sonde viaggianti e scrivente esterna. Il loro costo è tuttavia più elevato rispetto ai tipi tradizionali.

Su un asse parallelo a quello delle temperature si riporta la scala delle velocità di distruzione biologica scelta in modo tale da far rientrare nel grafico la curva di letalità.

L'area limitata dalla curva di letalità e l'asse dei tempi rappresenta graficamente l'efficacia totale del trattamento; tale area può essere misurata con un planimetro.

Non sempre è tuttavia necessario calcolare con assoluta precisione le unità di pastorizzazione; per la pratica di uso si presta molto meglio il seguente metodo grafico.

Supponiamo che la curva di letalità e il diagramma di pastorizzazione siano ancora quelli della fig. 7.39 e scomponiamo l'area racchiusa dalla curva di letalità in figure geometriche semplici. Avremo il triangolo ABE che rappresenta l'effetto di pastorizzazione durante il salto di temperatura da 50° a 60°C. La sua superficie è eguale al semiprodotto della base per l'altezza ovvero:

$$\frac{5,8}{2} \times 1 = 2,9 \text{ U.P.}$$

Il rettangolo BEFC rappresenta l'effetto di pastorizzazione provocato dallo stazionamento a 60°C durante l'intervallo di 14,5' e la sua superficie è pari a:

$$14,5 \times 1 = 14,5 \text{ U.P.}$$

Il trapezio EFHG rappresenta l'effetto di pastorizzazione al di sopra dei 60°C prodotto dal salto a 63,5°C, lo stazionamento a 63,5°C per 6,5' e la discesa da 63,5 a 60°C.

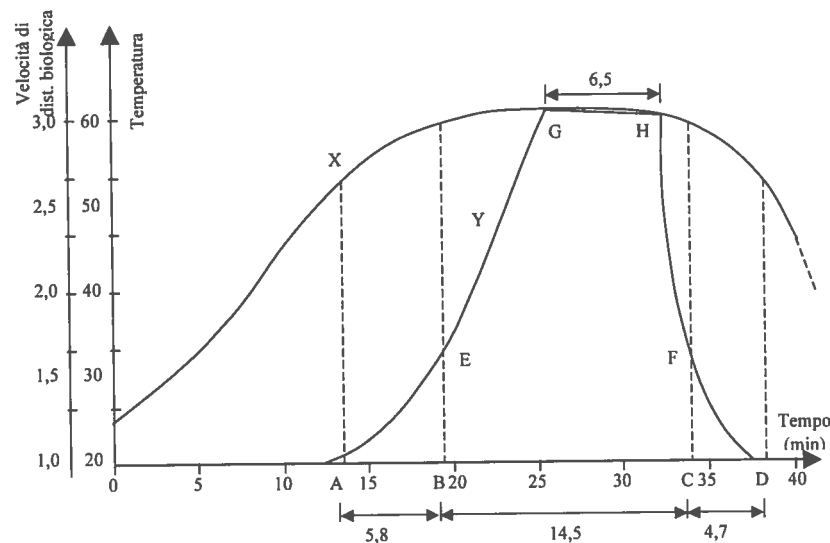


Fig. 7.39 - Diagramma di pastorizzazione in coordinate lineari con ingrandimento delle scale.

La sua superficie è eguale alla semisomma dei tempi a 60°C e a 63,5°C moltiplicata per l'altezza corrispondente alla differenza delle velocità di distruzione a 63,5° e 60°C ossia:

$$\frac{(6,5+14,5)}{2} \times (3,2-1) = 23,1 \text{ U.P.}$$

Il triangolo CDF rappresenta l'effetto di pastorizzazione durante la discesa da 60° a 50°C. La sua superficie è:

$$\frac{4,7}{2} \times 1 = 2,35 \text{ U.P.}$$

Quindi l'effetto totale della pastorizzazione è dato dalla somma:

$$2,9 + 14,5 + 23,1 + 2,35 = 42,85 \text{ U.P.}$$

La rapidità del metodo consiste nel calcolare queste superfici prelevando gli elementi necessari direttamente sul diagramma registrato dal termografo mobile.

In sostanza l'operazione di integrazione viene scomposta in una sommatoria di termini finiti i cui elementi si suppongono lineari, introducendo un'approssimazione dovuta alla linearizzazione della funzione.

Una raccomandazione esplicita è che lo strumento registratore unisca, ad eccellenti proprietà meccaniche, attese le particolari condizioni in cui deve lavorare, una precisione molto spinta ed una inerzia di misura molto bassa.

In fig. 7.40 si riportano, ad esempio, due curve ottenute da cicli di pastorizzazione analoghi di cui però uno con temperatura massima di 60°C ed uno con temperatura di 62,5°C.

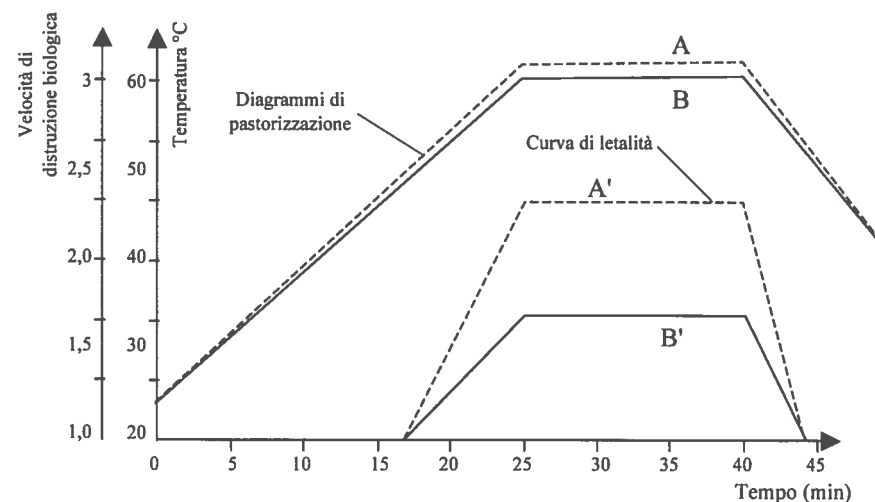


Fig. 7.40 - Curve ottenute da cicli di pastorizzazione con temperatura massima di 60°C e temperatura massima di 62,5°C.

Nella stessa fig. 7.40 sono rappresentate le relative curve di letalità, dalle quali si nota che l'influenza di una leggera variazione di temperatura comporta una notevolissima differenza sull'effetto della pastorizzazione.

Una imprecisione nella misura potrebbe quindi portare ad aumentare o diminuire la temperatura di pastorizzazione di quel tanto da danneggiare la bibita, conferendole un gusto di "cotto", o da non pastorizzare convenientemente il prodotto.

Il potenziale di letalità, ovvero l'effetto della pastorizzazione, può variare molto a seconda del prodotto da trattare e per uno stesso prodotto a seconda delle condizioni operative al contorno. È opportuno quindi, prima di stabilire il ciclo di pastorizzazione cui una bevanda deve essere sottoposta, effettuare prove atte a stabilirne sperimentalmente la curva di letalità.

L'esperienza ha dimostrato che 30-40 U.P. sono sufficienti a dare ampie garanzie per la quasi totalità delle bibite con contenuto zuccherino pari a 12 Bx.

In linea di principio è opportuno non eccedere troppo in sicurezza, sia per quanto riguarda il tempo che le temperature di pastorizzazione, per non compromettere le qualità organolettiche del prodotto.

Nella fig. 7.41 sono riportati a titolo indicativo i cicli termici di alcuni liquidi.

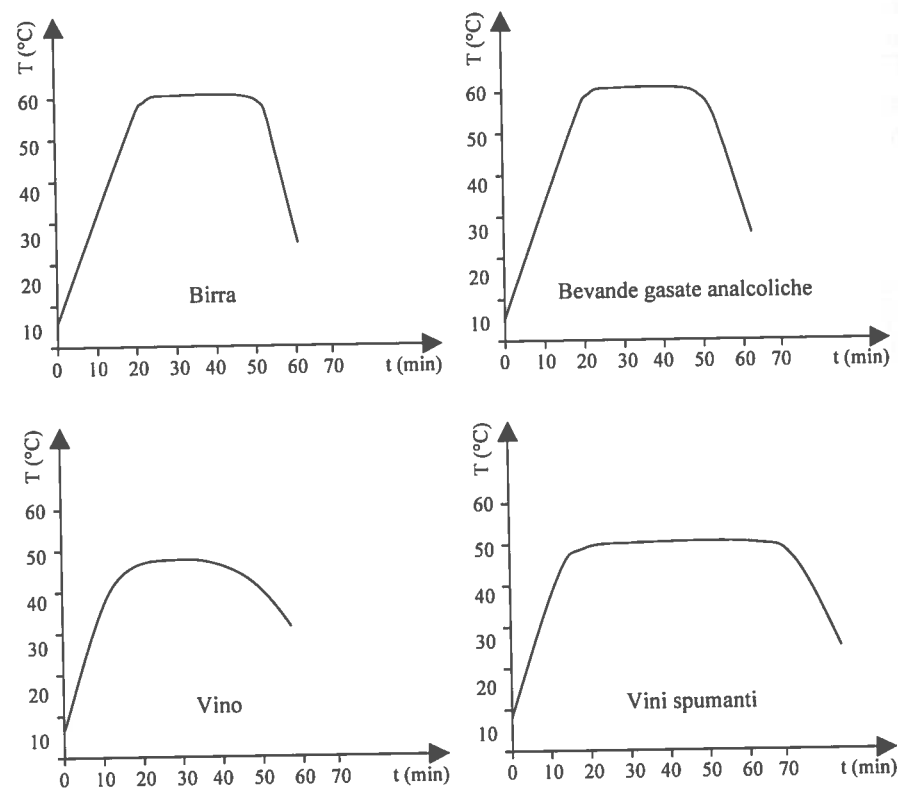


Fig. 7.41 - Cicli termici tipici di alcuni liquidi.

7.6.3. I pastorizzatori a tunnel

Principio di funzionamento

Il pastorizzatore a tunnel è il tipo di macchina più adatto per la pastorizzazione in volume ed è quindi molto diffuso nelle industrie delle bevande. Per le caratteristiche di affidabilità, praticità e semplicità di esercizio è largamente impiegato anche nelle industrie conserviere. Concettualmente è una macchina molto semplice (fig. 7.42) e consiste in un lungo tunnel in cui le bottiglie, avanzanti alla velocità stabilita in virtù del ciclo termico da realizzare, vengono investite da spruzzi di liquido a temperatura differenziata, detto anche "medio di pastorizzazione", che di solito è acqua con opportune caratteristiche chimico-fisiche cui sono aggiunti agenti sterilizzanti e composti sequestranti.

Lo schema tecnico-funzionale della macchina è rappresentato nella sezione longitudinale di fig. 7.43.

Le bottiglie, muovendosi a velocità costante su un tappeto mobile, seguono un ciclo termico indotto dal medio proveniente dalla serie di spruzzatori posti in alto, alimentati da pompe centrifughe aspiranti nelle sottostanti vasche di raccolta.



Fig. 7.42 - Pastorizzatore a tunnel.

Ogni serie di spruzzatori fa capo ad un collettore e determina all'interno della macchina una "zona isoterma", delimitata dalla rispettiva vasca.

L'ampiezza delle zone dipende dal ciclo termico da realizzare e dalla capacità produttiva della macchina; il numero di esse è in stretta relazione con la resistenza delle bottiglie agli shock termici.

In genere si hanno 4 zone:

- zona di preriscaldamento a recupero di frigoriferie,
- zona di riscaldamento intermedio (prepastorizzazione),
- zona di pastorizzazione,
- zona di raffreddamento (in tre o quattro sezioni per ridurre l'altezza dei gradienti termici in discesa).

L'ultima vasca di raffreddamento è alimentata da acqua corrente attraverso l'ultima serie di spruzzi. Se non è disponibile acqua corrente in quantità sufficiente, è opportuno riciclare l'acqua dell'ultima vasca filtrandola con particolare cura e abbassandone la temperatura in torri di refrigerazione.

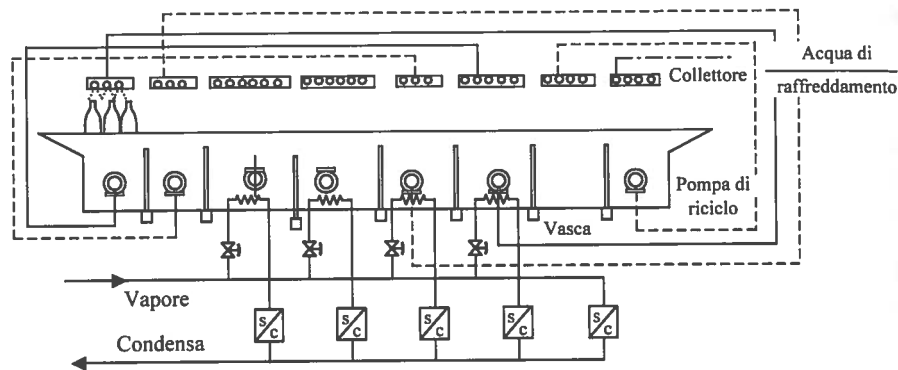


Fig. 7.43 - Schema tecnico-funzionale del pastorizzatore a tunnel.

La fig. 7.44 rappresenta l'andamento delle temperature nelle varie zone isoterme nel senso dell'avanzamento delle bottiglie e il ciclo di pastorizzazione del prodotto, ossia le temperature indotte in bottiglia.

Il ciclo termico di queste macchine è in genere del tipo a "recupero di calore": l'acqua corrente di raffreddamento, raccolta nell'ultima vasca, viene filtrata e, attraverso una pompa, alimenta la penultima vasca. L'acqua della prima vasca di raffreddamento alimenta la seconda vasca di preriscaldamento, quella della seconda vasca di raffreddamento la prima di preriscaldamento e così via. L'acqua di pastorizzazione e quella di prepastorizzazione vengono continuamente riciclate. La temperatura dell'acqua di prepastorizzazione è la più elevata, ma tale temperatura non viene mai raggiunta in bottiglia, data l'esigua lunghezza di questa zona; lo scopo della prepastorizzazione è di creare un salto termico sufficiente affinché la bottiglia raggiunga la temperatura di pastorizzazione già all'inizio della zona di pastorizzazione, fissando così con certezza l'inizio della fase più importante del trattamento. Il salto termico tra le zone di preriscaldamento, prepastorizzazione e pastorizzazione dipende dalle dimensioni e dal volume delle bottiglie, nonché dal ciclo che è necessario realizzare. Nelle zone di raffreddamento il salto termico non dovrebbe superare i 12°C.

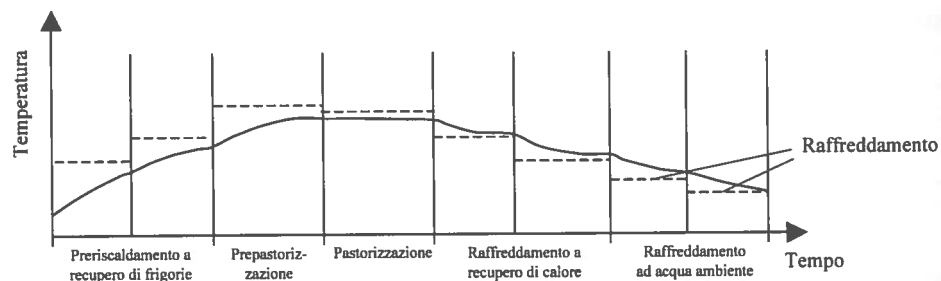


Fig. 7.44 - Andamento delle temperature nelle varie zone del pastorizzatore a tunnel.

L'avanzamento delle bottiglie nei pastorizzatori a tunnel

L'alimentazione di bottiglie al pastorizzatore avviene per mezzo di un trasportatore a più piste, affiancato trasversalmente alla testata d'ingresso della macchina (fig. 7.45).

Da questo trasportatore le bottiglie, superando per spinta le piastrine di acciaio inox o bronzo, passano sul piano mobile della macchina.

La velocità dei nastri deve essere proporzionata con sufficiente approssimazione alla quantità di bottiglie da trattare, perché se è troppo lenta risulta insufficiente a caricare la macchina, se è troppo veloce può provocare una pressione molto elevata e un eccessivo strisciamento tra le bottiglie e quindi rotture e cadute delle stesse.

All'avvio della macchina è opportuno azionare i nastri di ingresso, lasciando fermo il piano mobile della macchina, finché le bottiglie non hanno completamente riempito i nastri e formato un fronte unico. Si regola poi la velocità del piano in modo che esso sia completamente occupato dalle bottiglie, il che agevolerà il caricamento uniforme della macchina, determinando il completo utilizzo della superficie mobile. Con un fronte compatto di bottiglie, le oscillazioni di temperatura saranno più contenute e si avrà una minor dispersione di acqua all'esterno delle zone isoterme, essendo questa trattata dalle stesse bottiglie.

Anche la fuoriuscita di vapore e la produzione di fumane⁴ risulterà ridotta.

È importante che la regolazione della sponda laterale dei trasportatori di adduzione abbia configurazione tale che la spinta delle bottiglie non sia assorbita dai fianchi del pastorizzatore, ma piuttosto diretta nel senso di marcia del piano mobile.

Il piano mobile può essere:

- a vite;
- con travi con catene;
- a griglie mobili.

Il primo e il secondo tipo, già per macchine di media potenzialità produttiva, risultano ormai desueti per le notevoli complicazioni cinematiche che comportano e i relativi problemi di manutenzione. Basti dire che il tappeto è formato da una serie di barre scanalate trasversalmente, fissate da ambo i lati a catene gemelle azionate da una coppia di ruote mosse dallo stesso motoriduttore, la cui potenza, a seconda della grandezza della macchina, varia da 2 a 5 kW (fig. 7.46).

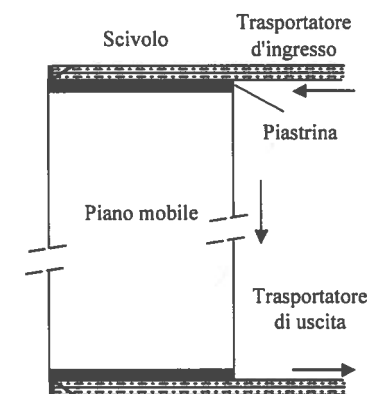


Fig. 7.45 - Trasportatore tabletop di alimentazione bottiglie al pastorizzatore.

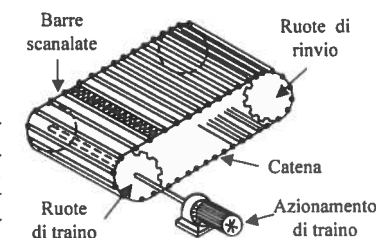


Fig. 7.46 - Piano mobile con travi a catena.

⁴ Le fumane non si disperdono nell'ambiente perché le moderne macchine sono tutte dotate di cappe aspiranti in ingresso e in uscita. Tuttavia è buona regola ridurne l'entità per contenere al minimo le dispersioni di calore.

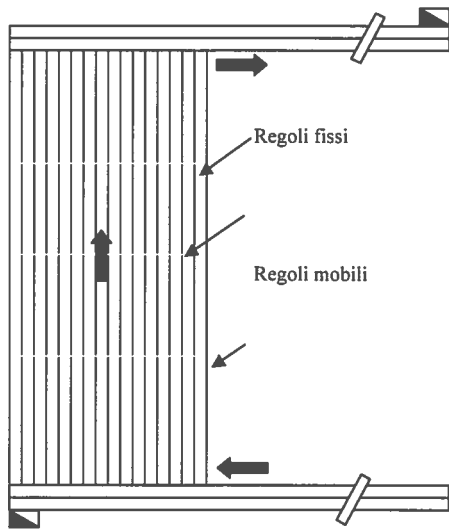


Fig. 7.47 - Piano mobile a "passo del pellegrino".

collegati tra loro da due serie di barre trasversali poste sotto il piano di appoggio delle bottiglie.

Iniziando a contare i listelli da una delle due pareti laterali della macchina, quelli corrispondenti ai numeri pari sono collegati ad una serie di sbarre trasversali, mentre i listelli dispari sono collegati ad un'altra serie di barre trasversali distinte dalle precedenti.

Queste barre trasversali, dette anche pettini dalla loro particolare forma, sono distanziate tra loro di circa 1.500 mm. Per brevità ogni serie di listelli viene chiamata "griglia".

Delle due griglie costituenti il piano d'appoggio delle bottiglie, una è rigidamente fissata alla struttura della macchina, mentre l'altra può muoversi in tutto il piano ortogonale alla griglia stessa.

Il movimento della griglia mobile è un moto ellittico scomponibile in:

- Sollevamento ed avanzamento.
- Discesa e ritorno.

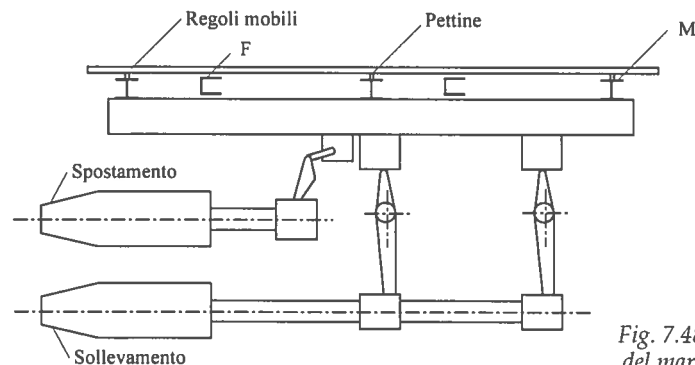


Fig. 7.48 - Manovellismo del martinetto idraulico.

I limiti principali di questo sistema di azionamento del piano mobile sono da imputarsi prima di tutto all'anomala e rapida usura dei vari organi cinematici compresa la stessa catena, le guide su cui essa scorre, la deformazione delle travi, ecc.

Nel tipo a griglia mobile, oggi generalmente adottato, l'avanzamento delle bottiglie avviene senza strisciamento per mezzo di una serie di lame fisse intervalate da un'altra serie di lame mobili (regoli), le quali molto lentamente e per piccoli avanzamenti discreti spostano le bottiglie (fig. 7.47).

Il piano è costituito da griglie formate da listelli o regoli di acciaio inossidabile, paralleli e disposti nel senso di avanzamento delle bottiglie. Essi sono

I due moti sono trasmessi da martinetti idraulici attraverso manovellismi del tipo rappresentato in fig. 7.48.

I regoli mobili a mezzo dei pettini sono fissati alle travi M disposte in senso trasversale e collegate tra loro all'esterno del tunnel da altri profilati.

I regoli fissi a mezzo di un'altra serie di pettini, sono collegati alle travi F. L'incastellatura di ciascuna griglia mobile poggia su quattro rulli R alla estremità delle leve di sollevamento e scorre su questi rulli spinta da martinetti di spostamento.

L'avanzamento delle bottiglie avviene secondo lo schema di fig. 7.49:

1. Posizione di riposo delle bottiglie.
2. La griglia mobile si sposta verticalmente verso l'alto. Tutte le bottiglie vengono sollevate sopra la griglia fissa e poggiano solamente sui listelli che formano la griglia mobile.
3. La griglia mobile, con tutte le bottiglie che poggiano su di essa, avanza di alcuni millimetri.
4. La griglia mobile si abbassa, i listelli che la costituiscono scendono tra i listelli della griglia fissa e quindi tutte le bottiglie poggiano su quest'ultima.
5. Mentre le bottiglie poggiano sulla griglia fissa, la griglia mobile abbassandosi ritorna nella posizione in cui era prima dello spostamento ed il ciclo ricomincia.

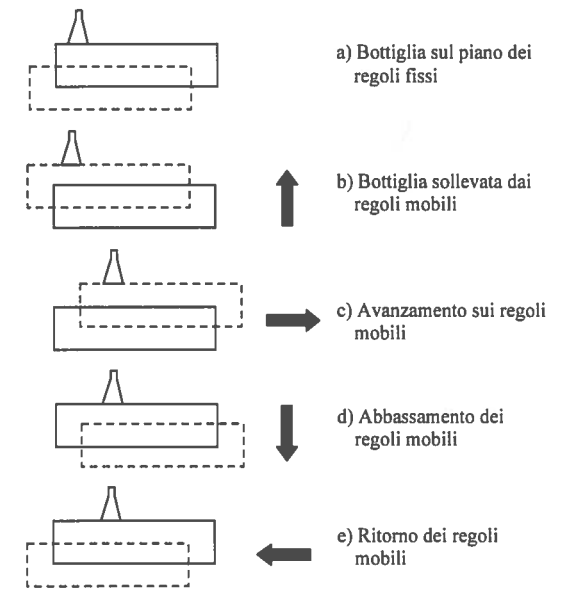


Fig. 7.49 - Avanzamento bottiglie.

I martinetti idraulici sono azionati da una centralina oleodinamica Due regolatori di flusso, uno per il sollevamento ed uno per lo spostamento, servono a regolare la velocità dei rispettivi movimenti e la regolazione normalmente può effettuarsi con continuità anche durante il funzionamento.

Le elettrovalvole servono ad invertire i movimenti e sono comandate da bobine preferibilmente alimentate in corrente continua. La regolazione dello spostamento orizzontale delle griglie mobili è contenuta normalmente entro gli 80 mm e può essere regolata mediante due pulsanti di fine-corsa.

In maniera del tutto analoga avviene il sollevamento, che è regolato in modo da assicurare l'innalzamento del piano mobile rispetto a quello fisso in tutti i punti a pieno carico: tuttavia una corsa eccessiva può portare a dannosi forzamenti sui pettini portaregoli.

Nelle figg. 7.51a, 7.51b, 7.51c, 7.51d, con riferimento alla fig. 7.50 sono riportate le linee di pressione oleodinamica nelle varie fasi.

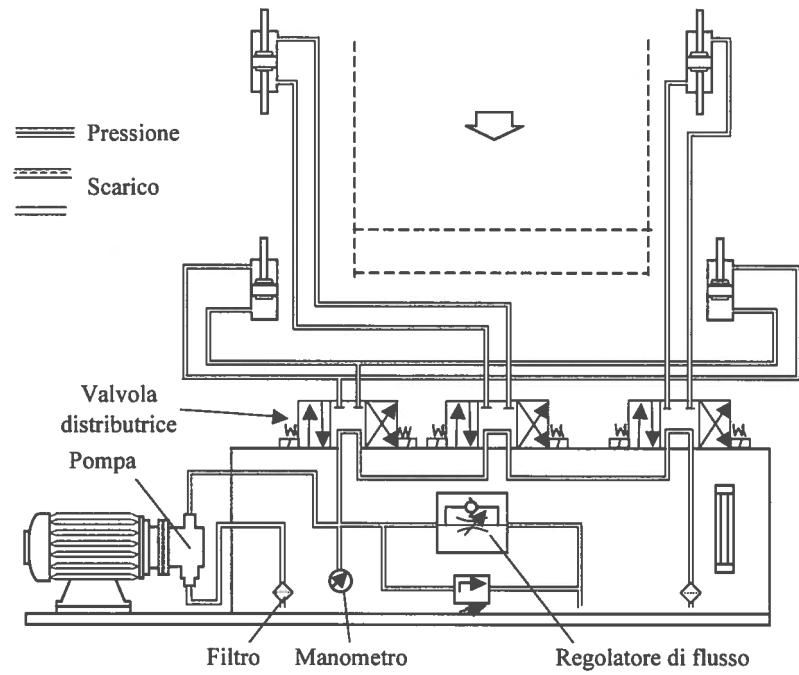


Fig. 7.50 - Fase di riposo.

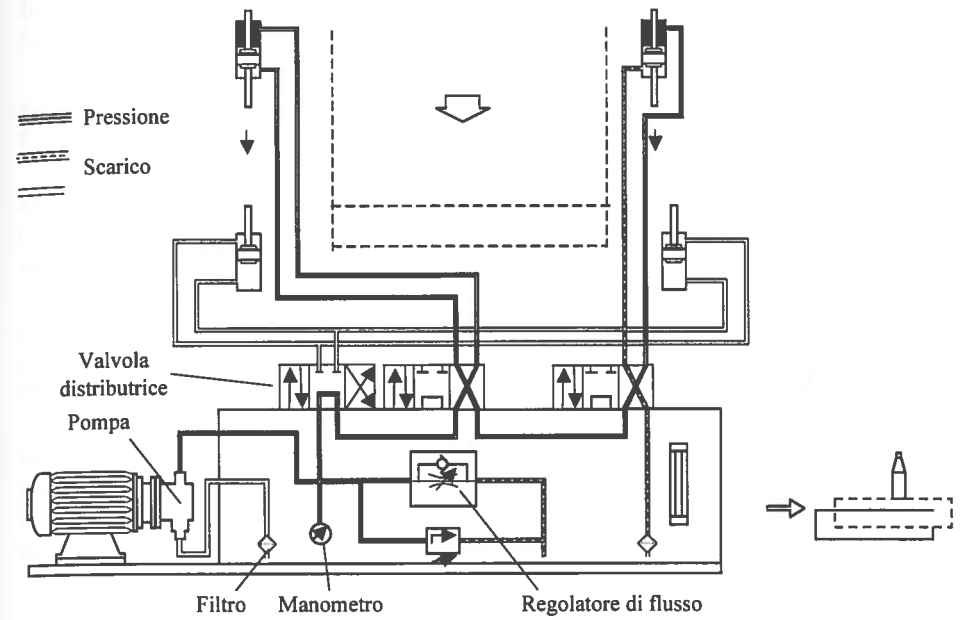


Fig. 7.51b - Fase 2: di avanzamento.

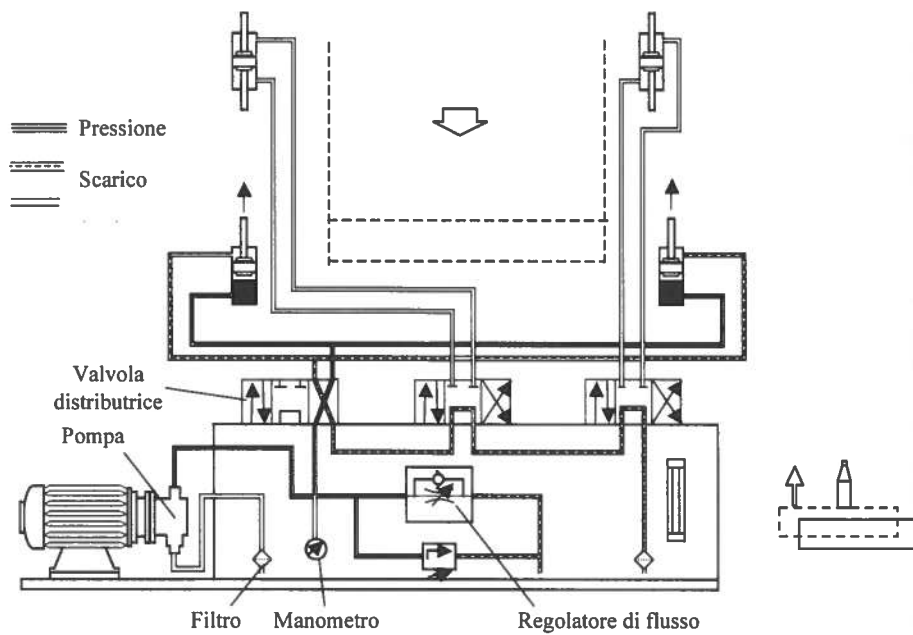


Fig. 7.51a - Fase 1: di sollevamento.

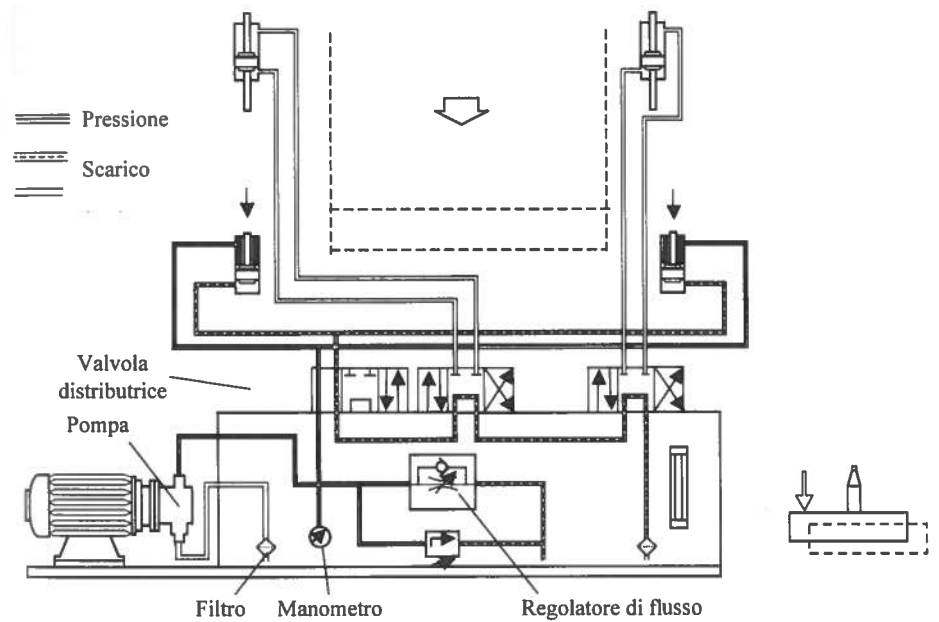


Fig. 7.51c - Fase 3: di abbassamento.

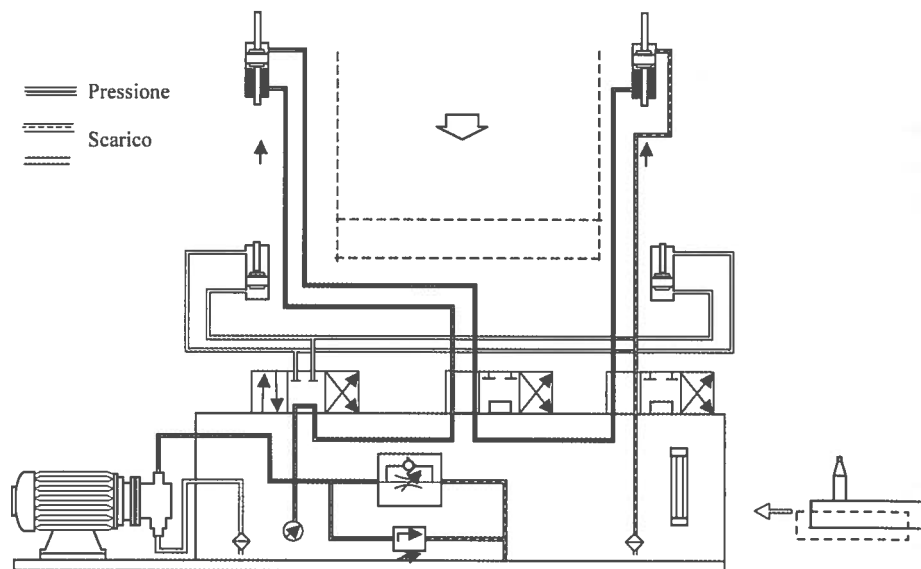


Fig. 7.51d - Fase di ritorno.

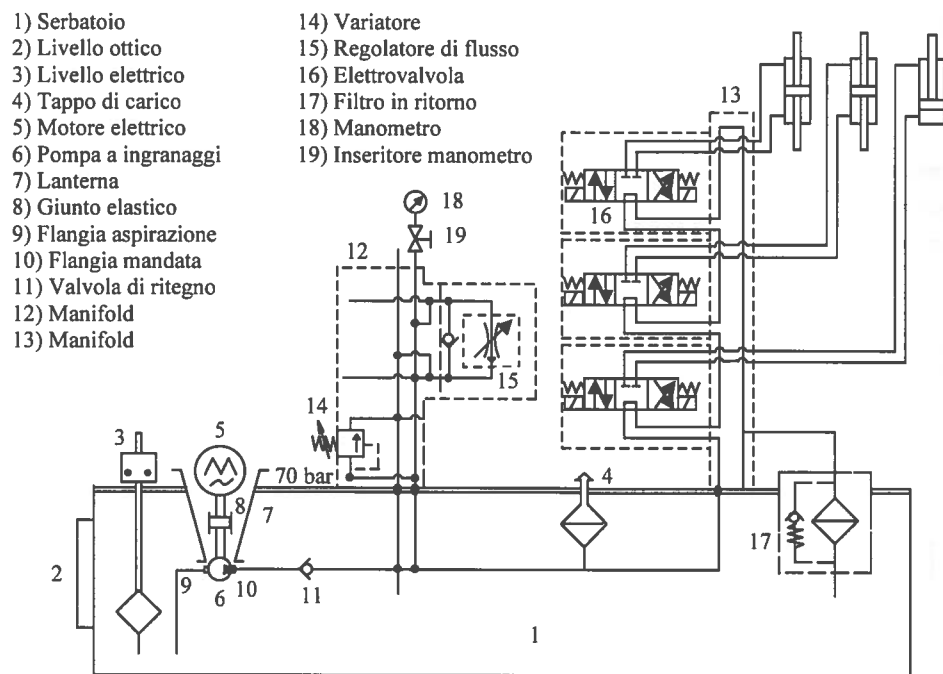


Fig. 7.51e - Schema generale della centralina oleodinamica.

Il circuito idraulico del medio di pastorizzazione

Lo scambio termico

Gli elementi essenziali del circuito idraulico del medio di pastorizzazione sono: le vasche di contenimento, i filtri, le pompe di riciclo, i tubi degli spruzzi, le tubazioni di collegamento (fig. 7.52).

Le vasche di contenimento sono costruite in lamiera d'acciaio al carbonio verniciato o inox, con spessore minimo di 3 mm e non presentano caratteristiche costruttive particolari. Dovendo contenere un liquido generalmente aggressivo è opportuno che siano zincate, smaltate a fuoco internamente, ovvero in AISI 316.

La loro capacità non deve essere troppo elevata perché un grosso volume termico, oltre ad essere antieconomico, comporterebbe tempi piuttosto lunghi per il raggiungimento delle temperature prefissate in fase di avvio. Essa non deve essere troppo bassa per evitare difficoltà al funzionamento delle pompe di circolazione ed instabilità nel valore delle temperature. Devono essere facilmente accessibili ed ispezionabili e tali da consentire una facile pulizia interna, attesa la possibilità di accumulo di consistenti quantità di vetri e depositi organici di bibita, causati dalla rottura di bottiglie. Ciascuna vasca è normalmente provvista di boccaporti da almeno 40x60 cm, con funzioni di passo d'uomo.

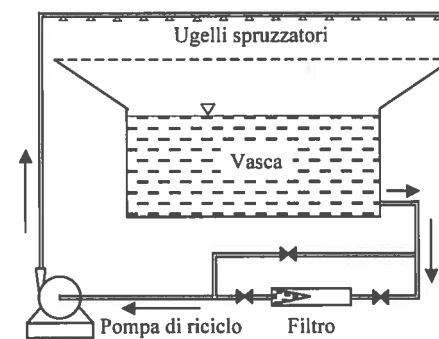


Fig. 7.52 - Circuito idraulico.

Essendovi un naturale trasporto di liquido da una vasca all'altra per effetto del movimento delle bottiglie, tutte le vasche sono in comunicazione tra loro mediante tubazioni o fori di diametro sufficientemente piccolo da assicurare la costanza dei livelli senza turbare l'equilibrio termico; tuttavia ciascuna vasca è provvista di sfioro di troppo pieno.

Le pompe sono di tipo centrifugo monostadio azionate da motori asincroni trifasi. Data la natura e la temperatura del liquido, di solito non presentano caratteristiche costruttive particolari; molto usate sono le pompe a tenuta meccanica o con premistoppa lubrificato dallo stesso liquido; lo stillicidio è regolato da apposite ghiere.

Sulle tubazioni di aspirazione delle pompe sono previsti dei filtri a rete per evitare che agli spruzzatori possa arrivare fanghiglia o sedimenti di varia natura che ne provocherebbero l'ostruzione, compromettendo seriamente l'efficacia della pastorizzazione.

Gli elementi spruzzatori sono costituiti da tubi a sezione circolare o quadrata sulla cui superficie laterale sono praticati dei fori filettati nei quali sono avvistati degli ugelli del tipo rappresentato in fig. 7.53.

I fori di uscita del liquido devono essere abbastanza grandi per impedire otturazioni e intasamenti e dare nel contempo un getto costante per il riscaldamento e il raffreddamento uniforme del prodotto.

I tubi spruzzatori a loro volta sono collegati ai collettori con innesti rapidi che ne rendono facile e rapida la sostituzione, anche durante il funzionamento.

La pressione del liquido nei getti si aggira intorno alle 2 atm con portata di circa 8.000 l/ora.

Il riscaldamento del liquido dei vari bagni avviene mediante appositi scambiatori posti nelle vasche di prepastorizzazione, pastorizzazione e nella prima e seconda zona di raffreddamento, alimentati con vapore o acqua surriscaldata.

Gli scambiatori, a tubi singoli o fasci tubieri, preferibilmente in acciaio inox⁵ devono essere costruiti in modo da essere facilmente ispezionabili e disincrostati, perché dopo un certo tempo, dipendente dalla durezza temporanea dell'acqua di pastorizzazione e dal tipo di bevanda, si formano sulle superfici esterne dei tubi incrostazioni che limitano la capacità di scambio.

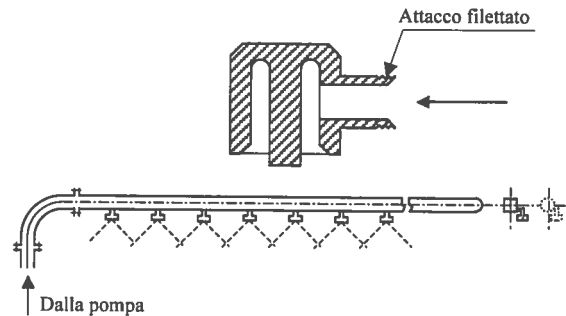


Fig. 7.53 - Ugelli spruzzatori.

Non è consigliabile la disincrostazione meccanica per picchettaggio, ma è preferibile quella chimica, immergendo per alcune ore i tubi in una soluzione composta da:

- 100 litri di acqua fredda,
- 10 litri di acido muriatico commerciale al 30%,
- 700 grammi di aldeide formica al 35%,

ed effettuare successivamente un lavaggio in controcorrente.

In alcuni tipi di pastorizzatori lo scambio viene effettuato inserendo degli scambiatori a tubi riuniti sulla tubazione di mandata della pompa per meglio sfruttare il principio della controcorrente.

⁵ Non è consigliabile l'impiego di scambiatori costruiti con acciai tradizionali data l'aggressività del medio, inquinato fatalmente dagli acidi contenuti nella bevanda, nonché scambiatori con tubi in rame e anelli in acciaio perché, in corrispondenza della giunzione tra i due metalli, si forma una coppia elettrolitica con conseguente corrosione del rame.

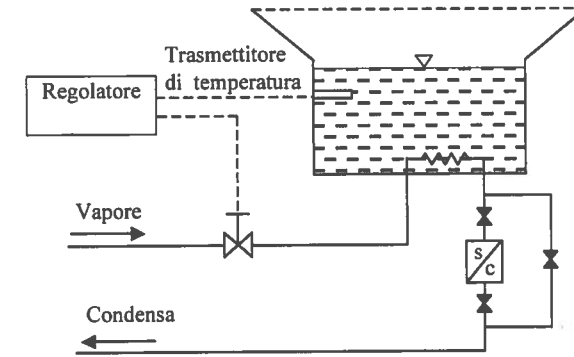


Fig. 7.54 - Schema di regolazione della temperatura.

La regolazione della temperatura, che avviene secondo lo schema di principio di fig. 7.54, è affidata a strumenti che oltre alla regolazione, provvedono anche alla registrazione dell'andamento del processo.

Questi strumenti normalmente vengono montati sulla macchina in corrispondenza delle varie zone, tuttavia è consigliabile che siano sistemati su quadri di controllo centralizzato sottoposti alla sorveglianza di personale specializzato.

Un sistema classico di regolazione della temperatura è il seguente. Un trasmettitore di temperatura, montato sulla vasca o sulla tubazione di mandata della pompa di riciclo, invia un segnale proporzionale alla temperatura ad un regolatore-registratore cui è asservita una valvola posta sulla tubazione di ingresso del vapore. Il segnale di temperatura ne determina il grado di apertura.

Il trasmettitore di temperatura è un apparecchio il cui compito è di trasformare le variazioni di temperatura in corrispondenti variazioni di pressione d'aria, secondo un rapporto lineare costante.

L'elemento sensibile dell'apparecchio (fig. 7.55) è costituito da un tubo metallico a coefficiente di dilatazione noto, entro il quale è saldata ad un estremo una barra di acciaio indilatabile.

Il movimento relativo di queste due parti, dovuto alle variazioni di temperatura e amplificato dalla leva 1, agisce su una valvoletta a tre vie, alimentata con aria compressa a circa 1,2 atm.

Se la temperatura aumenta, l'estremo libero della leva 1 si abbassa ruotando attorno al fulcro 2 e apre l'immissione dell'aria al soffiello metallico contrastato da una molla tarata. Questo allora si solleva facendo oscillare verso l'alto la leva 3, che ruotando intorno al fulcro 4, riporta la leva 1 alla sua posizione media in cui immissione e scarico della valvoletta a tre vie sono entrambe chiuse.

A questo punto tutto il sistema è in equilibrio e la pressione esistente nella camera del soffiello rappresenta esattamente la temperatura.

Se la temperatura diminuisce, la leva 1 si solleva ed apre la via di scarico attraverso l'asta cava di comando della valvoletta. La pressione sul soffiello

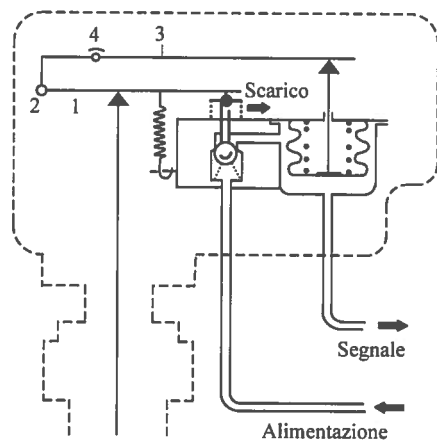


Fig. 7.55 - Elemento sensibile.

to diminuisce fino ad una nuova posizione di equilibrio come descritto in precedenza.

La precisione di questi trasmettitori è molto elevata: l'errore di misura è inferiore allo 0,5% della portata di scala; la rapidità di risposta è quella di un ottimo termometro.

Il funzionamento del regolatore-registratore appare dalla fig. 7.56. Il segnale pneumatico proveniente dal trasmettitore giunge allo strumento ed agisce su una camera contenente un soffiutto metallico 1 contrastato da una molla tarata 2.

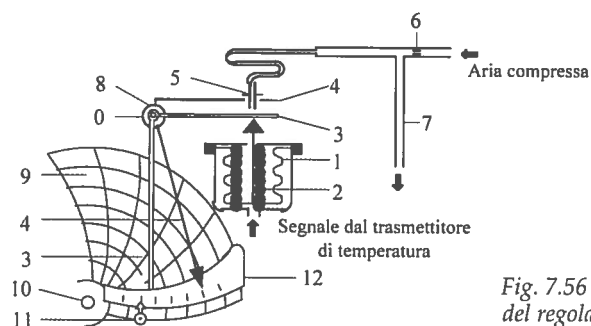


Fig. 7.56 - Funzionamento del regolatore-registratore.

I movimenti del soffiutto vengono fortemente amplificati da una apposita leva 3, munita di pennino scrivente che si muove sulla carta diagrammata 9 dotata di moto circolare impresso da un sistema ad orologeria 10.

Sullo stesso asse 0 sul quale ruota la leva del pennino è montata una leva solidale con l'indice di regolazione sulla quale è fissata una valvoletta 5 ad aria compressa, alimentata da una tubazione con foro calibrato 6.

Quando la leva del pennino oscilla in prossimità della valvoletta, ne varia il grado di apertura modificando la pressione del segnale secondario che va ad agire attraverso la tubazione 7 su una valvola pneumatica cui è affidata la funzione di regolazione.

Quando, a regime, le variazioni di temperatura sono contenute entro limiti piuttosto ristretti ed avvengono con una certa lentezza, basta lo strumento così come è stato descritto, senza l'ausilio di un relais ad azione integrativa-differenziale. Allorché si prevedano ampie ed improvvise escursioni termiche, l'adozione di un relais differenziale diventa indispensabile,

Un'unica, ma essenziale precauzione da adottare per questo tipo di regolazione è che l'aria di alimentazione venga filtrata accuratamente, sia asciutta ed esente da olio, in quanto il circuito comprende fori di qualche decimo di mm di diametro, che possono otturarsi con facilità.

Sono stati adottati con successo anche sistemi elettronici per il controllo della temperatura; i regolatori elettrici sono equipaggiati con un piccolo potenziometro ed emettono un segnale elettrico variabile per salti piccolissimi in funzione delle variazioni di temperatura.

Tali segnali opportunamente amplificati possono comandare o posizionare servomotori o valvole motorizzate che assumeranno tante posizioni intermedie quanti sono i gradini potenziometrici, ottenendosi in definitiva una regolazione di tipo modulante.

Attualmente, al fine di rispondere alle più sofisticate esigenze degli imbotigliatori, in termini di qualità del trattamento termico dei prodotti e di risparmio energetico, è stato messo a punto un nuovo sistema denominato TCC (Sistema di controllo del trattamento termico di pastorizzazione).

La filosofia di questo nuovo sistema, si differenzia da quella dei sistemi già noti sia per l'approccio al problema sia per la sua soluzione.

La zona di trattamento termico viene suddivisa in sottozone, ognuna delle quali è dotata di sistema autonomo di controllo e regolazione della temperatura dell'acqua degli spruzzi (fig. 7.57).

Tradizionalmente, infatti, la correttezza del trattamento termico di pasto-

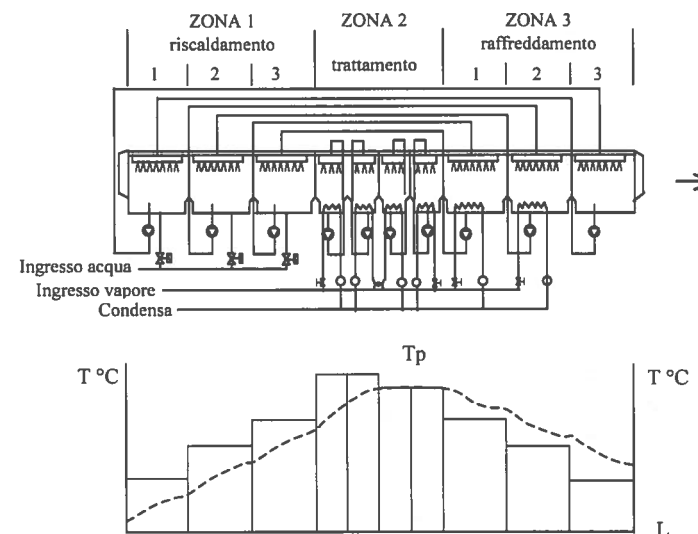


Fig. 7.57 - Sottozone del TCC.

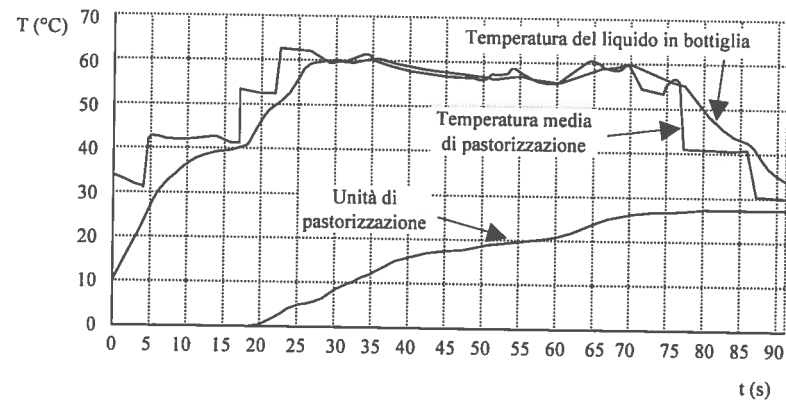


Fig. 7.58 - Sistema di controllo tradizionale.

rizzazione è misurata attraverso il numero di Unità di Pastorizzazione (U.P.) accumulate dal prodotto, ma non viene posta alcuna attenzione al modo nel quale queste U.P. vengono accumulate. Nel sistema di controllo tradizionale (fig. 7.58) la temperatura del prodotto viene continuamente corretta per ottenere il numero di U.P. desiderato. Le U.P. possono essere accumulate tutte a temperatura inferiore rispetto alla temperatura di pastorizzazione.

Si parte dal presupposto che il prodotto debba essere riscaldato alla tempe-

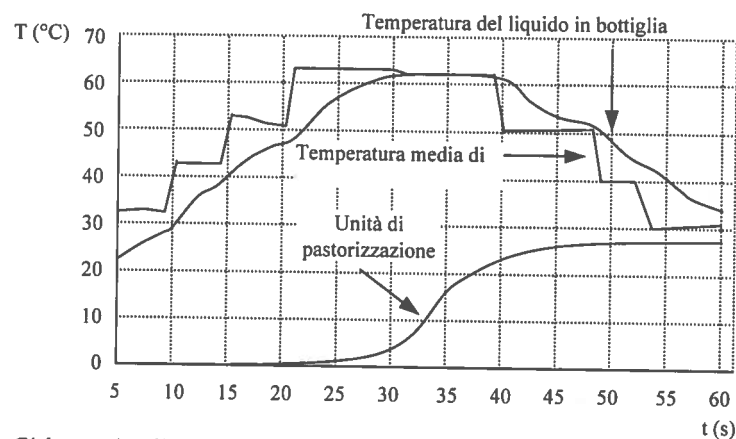


Fig. 7.59 - Ciclo termico di una bottiglia ottenuto con funzionamento regolare del pastorizzatore.

ratura di pastorizzazione, debba rimanere a tale temperatura per il tempo necessario e debba successivamente essere raffreddato. Inoltre, queste tre operazioni debbono essere svolte con estrema regolarità sia durante il normale funzionamento della linea, sia durante eventuali rallentamenti o inevitabili fermate della stessa. Quando tutto questo si verificasse, si otterrebbe come conseguenza anche un corretto accumulo di U.P. (fig. 7.59).

Per ottenere questo risultato, le zone di prepastorizzazione e di pastorizzazione sono suddivise in sottozone, ognuna delle quali dotata di sistema autonomo di controllo delle temperature dell'acqua degli spruzzi.

Un computer provvede alla registrazione ed elaborazione dei dati termici di tutte le bottiglie che entrano nel pastorizzatore.

Quando una bottiglia ha superato la temperatura di 50 °C circa, questa viene fatta riscaldare alla temperatura di pastorizzazione, viene fatta permanere a quella temperatura per il tempo necessario e viene poi fatta raffreddare senza soluzione di continuità, indipendentemente dal fatto che la linea di imbottigliamento sia ferma o in moto.

Quando la linea, dopo una fermata, riparte, le bottiglie che hanno già completato il trattamento, non vengono più riscaldate e procedono verso l'uscita del tunnel concludendo la fase di raffreddamento.

Le conseguenze di questo tipo di gestione del ciclo (fig. 7.60) sono le seguenti:

1. Il prodotto viene riscaldato e raffreddato una sola volta durante l'intero trattamento termico.
2. Il prodotto raggiunge sempre la prevista temperatura di pastorizzazione.
3. Il prodotto permane alla temperatura di pastorizzazione per un tempo compreso tra un minimo ed un massimo stabiliti.
4. Il riscaldamento tra i 50-55 °C, la temperatura di pastorizzazione ed il relativo raffreddamento avvengono senza soluzione di continuità e nel minor tempo possibile.
5. Il numero di Unità di Pastorizzazione accumulate si mantiene in ogni condizione entro limiti perfettamente accettabili.

Dal punto di vista della riduzione dei consumi energetici, l'approccio teorico e i risultati sperimentali hanno fornito indicazioni estremamente incoraggianti.

Il motivo di questo evidente risparmio è facilmente spiegabile dal fatto che il prodotto subisce in ogni caso un trattamento termico assai simile a quello ideale, quindi l'energia ceduta dal pastorizzatore al prodotto rimane pressoché costante in tutte le condizioni.

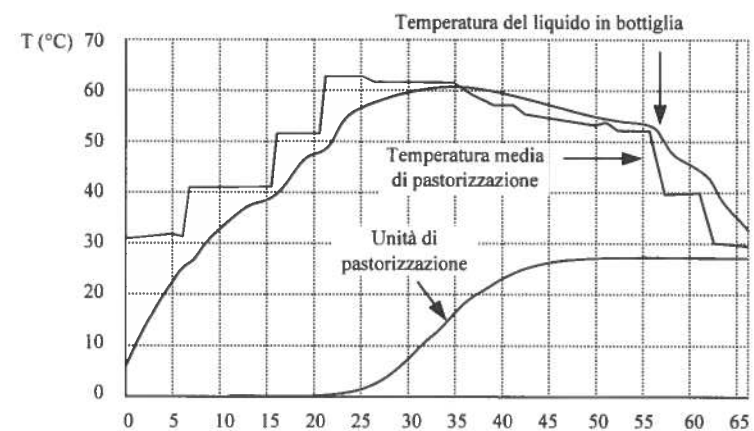


Fig. 7.60 - Ciclo termico di una bottiglia ottenuto con funzionamento discontinuo della linea e con sistema di controllo e regolazione TCC.

Quella che fatalmente viene perduta, è solamente l'energia necessaria per modificare la configurazione del pastorizzatore dal punto di vista termico, per adeguarlo alle diverse esigenze.

7.7. BIBLIOGRAFIA

- Arrojo S., Benito Y. 2008. A theoretical study of hydrodynamic cavitation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15(3): 203-11.
- Asadi M., Beet-Sugar Handbook, 2007. New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc
- Ashurst Philip R. 2012. Production and Packaging of Non-Carbonated Fruit Juices and Fruit Beverages. Springer ed.
- Behrend, O., Ax K., Schubert H. 2000. Influence of continuous phase viscosity on emulsification by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry* 7(2): 77-85
- Dankwerts, P. V. 1951. Significance of Liquid-Film Coefficients in Gas Absorption. *Industrial Engineering Chemistry*, 43: 1460-1467
- David Jairus R.D., Graves Ralph H. 1996. Aseptic Processing and Packaging of Food and Beverages: Desktop Reference for Food Industry Practitioners, CRC Press ISBN 9780849380044
- Euromonitor International, 2007. Report on Soft Drinks Global Trends and Opportunities. Euromonitor International Inc.
- Feng H, Barbosa-Canovas G and Weiss J., 2011. Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing, Springer New York (USA)
- Friso D. 2013. Ingegneria dell'industria alimentare. Operazioni unitarie del food engineering. Macchine e impianti Editore CLEUP, ISBN 8867871374
- Guerra L., Romagnoli G., Vignali G. Extraction of Golden Delicious apple puree: Experimental comparison of three different methods. *Journal of food engineering* 110 (2), 169-174
- Kravtchenko T.P., Renoir J., Parker A., Brigand G., 1999. A novel method for determining the dissolution kinetics of hydrocolloid powders *Food Hydrocolloids* 13: 219-225
- Manfredi M., Vignali G. 2014. Life cycle assessment of a packaged tomato puree: a comparison of environmental impacts produced by different life cycle phases. *Journal of Cleaner Production* 73, 275-284
- Manfredi M., Vignali G. 2015. Comparative life cycle assessment of hot filling and aseptic packaging systems used for beverages. *Journal of Food Engineering* 147, 39-48
- Marabi A, Major G, Raemy A, Bauwens I, Claude J, Burbidge A, Wallach R., Saguy IS, 2007. Solution calorimetric: a novel perspective into the dissolution process of food powders. *Food Research International* 40: 1286-1298.
- Mason TJ, Peters D., 2002. Practical Sonochemistry: Power Ultrasound Uses and Applications, 2nd edition Chichester: Ellis Horwood Publishers
- Nernst, W. Z., (1904). Theorie der Reaktionsgeschwindigkeit in heterogenen Systemen. *Zeitschrift für Physikalische Chemie* 47: 52-5.
- Rizzo R., 2005. Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande. Vol. 2 - "Le bevande", Chirriotti Editori, Pinerolo (TO).
- Rizzo R., 2006. Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande. Vol. 5 - "Le tecnologie di preparazione e imballaggio delle acque minerali e delle bevande". Chirriotti Editori, Pinerolo (TO).
- Singh R Paul, Heldman Dennis R., 2013. Introduction to Food Engineering. Fifth edition, Academic Press, Elsevier, San Diego (USA)
- Sito web azienda ABL Srl: http://www.ablcavezzo.it/pdsrx_ita.htm (consultato il 27/05/2017)
- Sito web azienda Aduè SpA: www.adue.it (consultato il 27/05/2017).
- Sito web azienda CFT SPA: <http://www.cft-group.com/> (consultato il 27/05/2017).
- Sito web azienda Gaetano Buscetto: <http://www.buscetto.it/it/> (consultato il 27/05/2017)
- Sito web stazione Sperimentale per le conserve alimentari (SSICA): <http://www.ssica.it/>
- Sun, D.-W. (ed.) 2005. Emerging Technologies for Food Processing. London, UK: Academic Press, Elsevier Science, 792 pp.
- Toledo Romeo T. 2012. Fundamentals of Food Process Engineering. Second edition, Chapman & Hall, New York (USA).

*La civiltà è l'atto creativo di una umanità giovane
che si desta dal suo stato di psichicità primordiale.
La civilizzazione, all'opposto, è la senilità della cultura
che prelude ad un irreversibile torpore.*

G.F. e R.R.

Capitolo ottavo

IL CONFEZIONAMENTO DEGLI ALIMENTI REALIZZAZIONE DI UNA LINEA COMPLETA

Nel termine *confezionamento* confluisce in tutti i suoi aspetti la vasta tematica dell'isolamento dell'alimento rispetto all'ambiente esterno e alla sua protezione dalle insidie degli shock termici, meccanici, microbiologici e da inquinanti chimici e fisici che ne possono alterare la qualità intrinseca, estetica ed organolettica. Il confezionamento avviene in quattro fasi: la preparazione del contenitore, il riempimento, la chiusura dello stesso e l'abbigliamento.

Le tecniche seguite sono strettamente connesse alla natura dell'alimento: solido, in pezzi o pezzature, in fase secca o liquida, con gas o senza, in polvere o in granuli.

Affrontare in dettaglio e singolarmente ciascuna specificità esula dai fini che si pone il testo; d'altra parte per esse sono disponibili ottime monografie. Affronteremo il caso tecnicamente e tecnologicamente più complesso rappresentato da alimenti liquidi o solidi in fase liquida con aggiunta di gas.

8.1. LE TECNICHE DI RIEMPIMENTO: ASPETTI TEORICI

L'operazione di riempimento dei contenitori rappresenta la fase centrale e, per molti aspetti, più delicata di tutto il processo di condizionamento degli alimenti confezionati.

Dalla "perfezione" di questa operazione dipendono molte delle qualità intrinseche e la shelf-life del prodotto, in particolare quelli in matrice liquida.

Il riempimento può avvenire in ambiente igienicamente non controllato o in ambiente asettico; tuttavia, indipendentemente dalle condizioni ambientali nelle quali si svolge l'operazione, le tecniche di riempimento si possono ricondurre alla "tipologia di misurazione" del flusso del prodotto nel contenitore:

- Riempimento volumetrico
- Riempimento a livello
- Riempimento a peso

Oltre alla tipologia di misurazione eseguita, è possibile avere un flusso azionato solo da forza di gravità o da una forza motrice esterna. Si può parlare quindi di:

- *flusso libero per gravità;*
- *flusso in pressione*

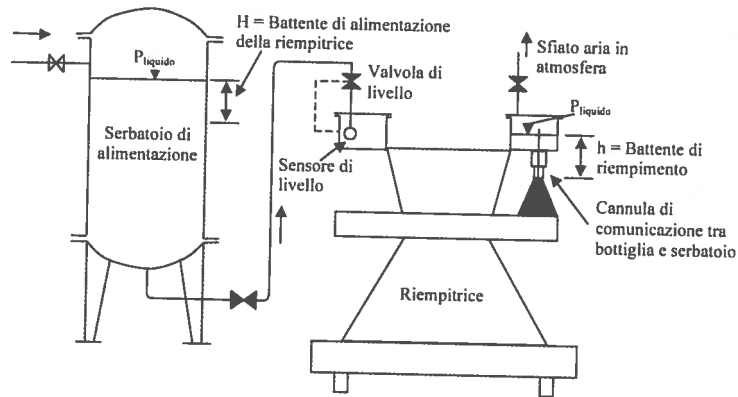


Fig. 8.1 - Riempimento per gravità.

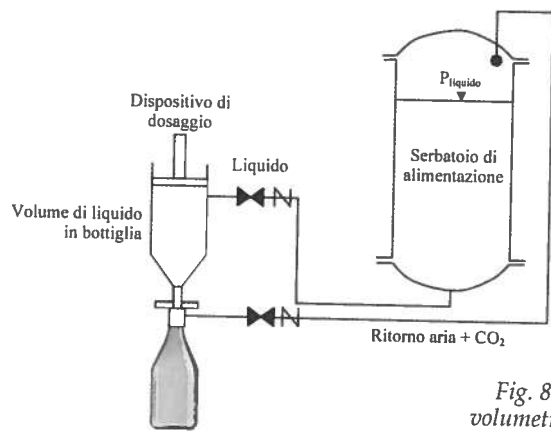


Fig. 8.2 - Riempimento volumetrico predeterminato.

Il flusso libero per gravità può avvenire solo in isobarometria¹.

Il flusso in pressione può avvenire a seguito di una pressione fornita in serbatoio o grazie a sistemi posti in vicinanza al rubinetto di riempimento o grazie a sovrappressione presente nel serbatoio di riempimento.

Il flusso libero per gravità è caratterizzato dalla circostanza che l'atmosfera soprastante al liquido in bottiglia² e quella soprastante al liquido nel serbatoio sono in comunicazione e quindi (fig. 8.1) il flusso del liquido si arresta quando tale comunicazione si blocca.

Questa circostanza può non essere verificata nel flusso in pressione, che può avvenire per effetto di una sovrappressione esercitata sulla superficie limite del liquido nel dispositivo di dosaggio (fig. 8.2) o in serbatoio.

¹ Il riempimento isobarometrico è caratterizzato dal fatto che la pressione nel contenitore e la pressione agente sul liquido che fluisce nella bottiglia è la stessa.

² In questo capitolo tutto ciò che si riferisce alle bottiglie vale per qualunque tipo di contenitore, salvo esplicita menzione contraria.

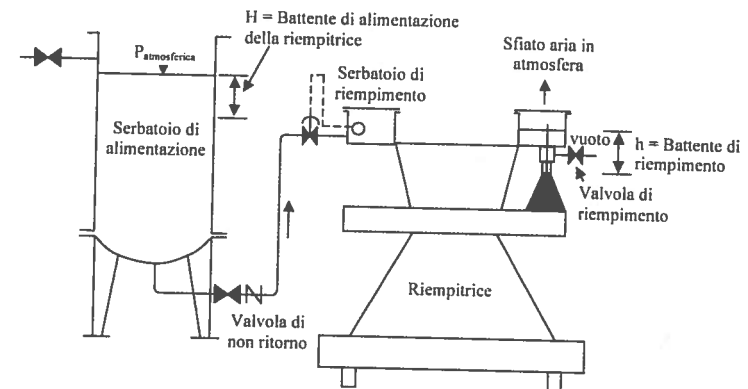


Fig. 8.3 - Riempimento diretto per gravità.

Nel primo caso il flusso del liquido si arresta quando il volume dosato si è esaurito, mentre con sovrappressione in serbatoio il flusso si arresta alla chiusura di una valvola di riempimento a seguito di un determinato segnale proveniente dalla centralina di controllo del riempimento.

8.1.1. Il riempimento per gravità a pressione atmosferica

Il riempimento per gravità a pressione atmosferica, che può essere accelerato incrementando leggermente il battente di riempimento (o creando una leggera depressione iniziale in bottiglia), ha il grande merito di essere tecnicamente realizzabile con facilità, anche se il liquido viene sottoposto a vari regimi idraulici. Esso è pertanto adatto all'imbottigliamento dei liquidi piatti non facilmente emulsionabili e avviene secondo lo schema rappresentato in fig. 8.3.

Il liquido in campana o in un serbatoio toroidale ha la stessa pressione (atmosferica) di quello in bottiglia e il battente utile per il riempimento è h . Trascurando in prima approssimazione le perdite di carico localizzate nel rubinetto di riempimento, la velocità del liquido è data dalla formula torricelliana $V = \sqrt{2gh}$.

8.1.2. Il riempimento con pressione superiore a quella atmosferica

Oltre al battente h , sulla velocità del liquido può agire un battente addizionale P che può essere realizzato in vari modi, quali ad esempio da un serbatoio polmone posto ad una quota più alta rispetto alla riempitrice ed a questa collegato senza valvola di regolazione; con immissione di gas in pressione nella campana del liquido; con creazione in bottiglia, prima del riempimento, di un vuoto di alcuni millibar.

In questi casi la pressione esistente nel serbatoio è maggiore di quella in bottiglia e quindi la velocità di riempimento sarà data, con i limiti di approssimazione indicati, da $V = \sqrt{2g(h+P)}$.

La scelta dell'uno o dell'altro sistema dipende dalla natura del liquido, dalla sua densità e dalla sua viscosità. È chiaro che la pressione addizionale sollecita idraulicamente il liquido e il sistema è perciò più adatto ai liquidi densi e viscosi, mentre è inadatto per liquidi particolarmente schiumosi o con componenti aromatici volatili.

8.1.3. Il riempimento in isobarometria

Quando il liquido porta in soluzione dei gas a pressione superiore a quella atmosferica, come è il caso delle acque e delle bevande gassate con CO_2 , la presenza della CO_2 obbliga ad alcune precauzioni che non permettono di scegliere arbitrariamente i valori dei carichi idraulici, delle sezioni di passaggio dei liquidi e delle perdite di carico nella fase di riempimento.

In particolare, il riempimento deve avvenire in *isobarometria*, intendendosi con questo termine che le pressioni nel serbatoio di alimentazione, nel serbatoio della riempitrice e nella bottiglia devono essere eguali. Con il riempimento in isobarometria devono essere attuati tutti gli accorgimenti che garantiscano l'assenza totale della *emulsione al riempimento*, fenomeno che si estrinseca in uno «schiumeggiamento» più o meno accentuato del liquido, allorché la bottiglia, o il contenitore, abbandona il rubinetto di riempimento. Esso provoca la fuoriuscita del liquido durante il percorso che porta la bottiglia dalla riempitrice alla tappatrice.

Lo «schiumeggiamento» non è altro che un fenomeno di rapida separazione dell'anidride carbonica dal liquido.

Le cause che lo determinano possono essere molteplici: imputabili sia ad una non corretta carbonatazione, sia ad un errato trasporto del liquido dal saturatore alla riempitrice, sia ad una non corretta operazione di riempimento.

Nell'ipotesi in cui la carbonatazione sia stata correttamente eseguita, l'emulsione potrà essere causata solo dagli shock termici, meccanici e idraulici, subiti dal liquido durante il trasferimento dal saturatore alla riempitrice o in fase di riempimento.

Le considerazioni fondamentali che in tal caso bisogna tener presente sono le seguenti:

- 1) Ogni azione meccanica su un liquido gasato stabilizzato disturba l'equilibrio della soluzione, qualunque sia a quel momento lo stato della soluzione: saturata, subsaturata, sovrasaturata.
- 2) In caso di rottura dell'equilibrio della soluzione, provocata da uno shock di origine meccanica, questa, indipendentemente dal suo stato, ritrova le condizioni di stabilità dopo un riposo dell'ordine di pochi secondi. Il ritorno all'equilibrio è tanto più rapido quanto più bassa è la temperatura e più elevate sono la densità e la viscosità del liquido.
- 3) Nel trasferimento di un liquido in condizioni di sovrasaturazione, tutte le perturbazioni idrauliche provocano la dissociazione di una frazione di gas e il nuovo equilibrio si stabilisce alle attuali condizioni di temperatura e di pressione.

Per evitare shock di origine idraulica, la velocità del liquido nelle condotte colleganti il saturatore e la riempitrice deve al massimo avere un valore compreso tra 0,5 e 0,6 m/s e in base a tali valori devono essere calcolate le sezioni delle tubazioni.

Per evitare shock termici, queste tubazioni devono essere isolate quando la loro lunghezza eccede gli 8-10 m; l'aumento di un solo grado nella temperatura del liquido corrisponde in alcuni casi al 5% di aumento del punto di saturazione teorico.

Naturalmente le giunzioni e gli elementi di piping devono essere tali da non creare strozzature che potrebbero determinare localmente brusche variazioni di velocità del liquido e quindi cambiamenti nel regime idraulico.

Particolare attenzione deve porsi alla posa in opera delle condotte, il cui andamento altimetrico deve evitare assolutamente la formazione di bolle di gas, che «strozzino» la condotta e che per altro non possono essere trascinate via dal liquido, attesa la esigua velocità di questo.

Sono da evitarsi gomiti con curvatura rivolta verso l'alto e verso il basso: qualora questo non fosse possibile, bisognerà adottare la soluzione proposta in fig. 8.4, ossia installare alla sommità del gomito un rubinetto a spillo che permetta di eliminare periodicamente il gas raccolto.

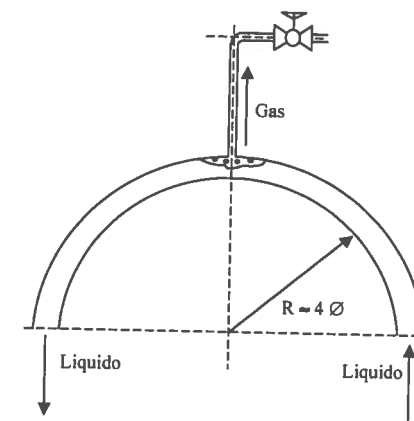


Fig. 8.4 - Caratteristiche geometriche delle curve e posizionamento dei rubinetti di sfiato.

Nelle fig. da 8.5 a 8.9 si riportano i sistemi più corretti di collegamento tra saturatori e riempitrici al fine di ridurre al minimo le sollecitazioni del liquido.

Sono riportate altresì le pendenze consigliate per le tubazioni. Tutti questi accorgimenti pratici tendono a realizzare e a mantenere per il liquido la condizione di sub-saturazione conferitagli, in uscita dal saturatore, dalla pompa di sovrappressione.

La condizione di sub-saturazione del liquido, indispensabile o quanto meno determinante per evitare l'emulsione, deve essere mantenuta anche durante il riempimento. Ciò è possibile solo realizzando una perfetta isobarometria

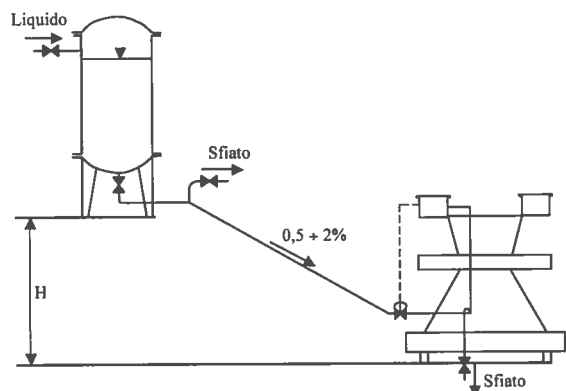


Fig. 8.5 - Pendenza della tubazione di alimentazione di una riempitrice (in discesa).

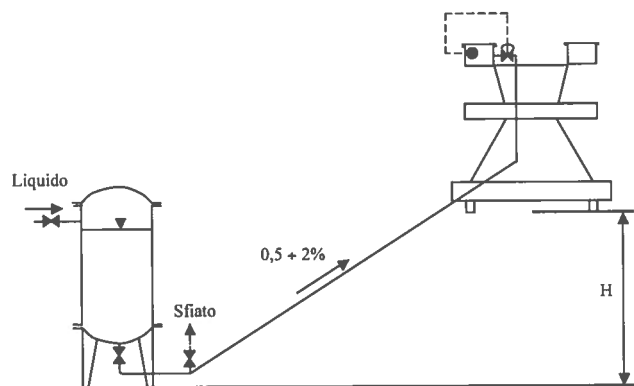


Fig. 8.6 - Pendenza della tubazione di alimentazione della riempitrice (in salita).

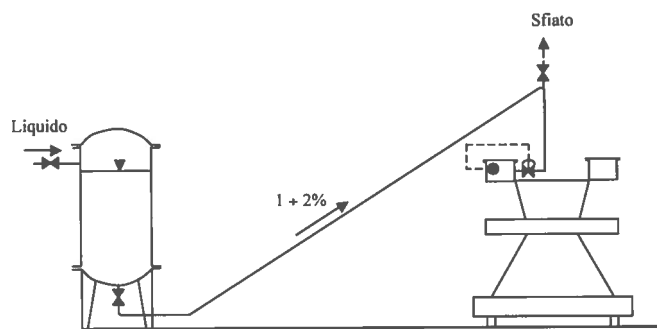


Fig. 8.7 - Posizionamento dello sfiato (in salita).

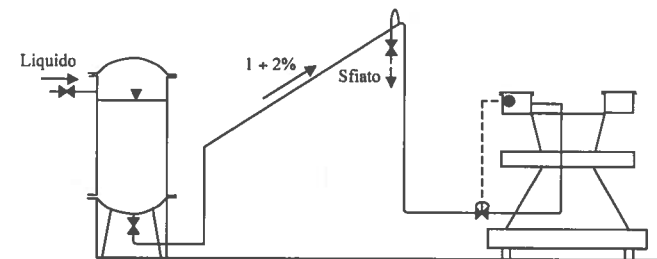


Fig. 8.8 - Posizionamento dello sfiato su una tubazione con segmenti in salita e in discesa.

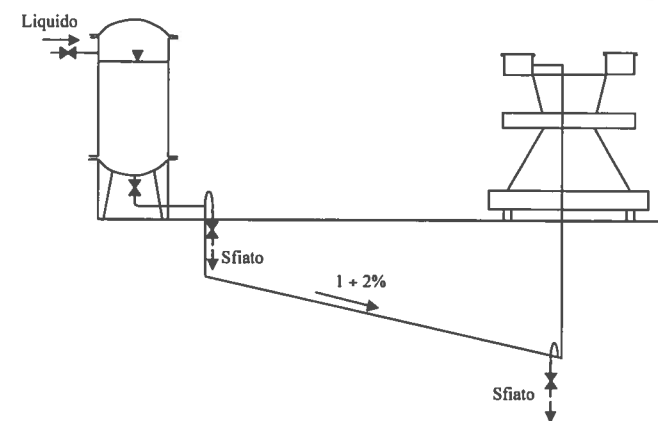


Fig. 8.9 - Posizionamento dello sfiato su una tubazione con segmenti in discesa e in salita.

tra bottiglia e serbatoio della riempitrice (campana); donde il termine *riempimento isobarometrico*.

La bottiglia, prima che inizi il riempimento, è portata alla stessa pressione della campana mediante iniezione all'interno di essa di gas prelevato dall'atmosfera sovrastante il liquido in campana, collegata a sua volta, direttamente o indirettamente, allo spazio di testa del serbatoio del liquido.

Il sistema è esemplificato in **fig. 8.10**.

Il rubinetto di riempimento, il cui funzionamento sarà esaminato nel dettaglio nel seguito, è dotato di una cannula C con valvola Vg sull'estremità superiore. L'afflusso del gas in bottiglia precede di qualche istante l'immissione del liquido. Realizzata la isobarometria, la velocità di discesa del liquido sarà funzione del solo battente h e sarà influenzata dalla velocità di ritorno in campana del gas e dell'aria presente in bottiglia.

Con questo sistema almeno uno dei parametri che definiscono le condizioni della soluzione liquido-gas, ossia la pressione, è rimasto invariato e se la differenza di temperatura tra la parte del contenitore ed il liquido non è eccessiva ($\Delta t \leq 8 \text{ } ^\circ\text{C}$) può ritenersi che le condizioni di subsaturazione siano ancora mantenute.

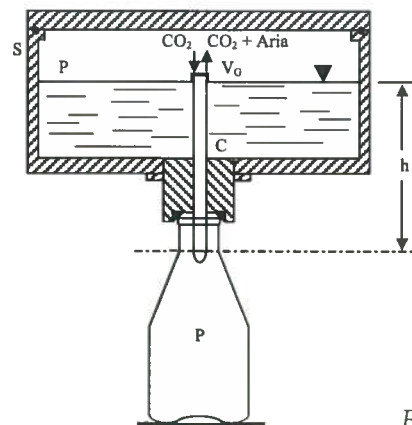


Fig. 8.10 - Isobarometria.

8.1.4. Il riempimento volumetrico

Il riempimento volumetrico avviene misurando un determinato volume di liquido. Il rubinetto di riempimento in questo caso può assumere anche la funzione di **dosatore**. Il dosaggio può essere di tipo meccanico o di tipo elettronico.

Il dosaggio meccanico è affidato a dosatori a pistoni, che sono disposti nelle "macchine a giostra" simmetricamente intorno ad un carosello (fig. 8.11), mentre sono in serie, normalmente in numero pari, nelle macchine "in linea".



Fig. 8.11 - Riempitrice volumetrica a giostra con pistoni (Zanichelli Meccanica SpA).

Ogni pistone è collegato di solito tramite uno stelo ad una rotella che scorre su una pista circolare inclinata (camma). L'inclinazione del profilo della camma determina la salita del pistone per i primi 180° e la sua discesa per l'altra metà. Sono altresì utilizzabili anche camme elettroniche gestite dalla centralina e dalla logica di controllo del sistema.

Il pistone salendo aspira all'interno del cilindro il liquido dal serbatoio centrale (o esterno) della macchina con cui è in comunicazione tramite un'ap-

posta valvola (fig. 8.12). In fase di discesa del pistone, la valvola ruotando (fig. 8.13) mette in comunicazione il cilindro con l'ugello e quindi con il contenitore sottostante. Sono possibili anche altri sistemi basati su sistemi a pistoni verticali, maggiormente igienici, a volte adottati anche per il confezionamento in asettico di prodotti con piccoli pezzi.

In assenza del contenitore, la valvola non viene azionata e il pistone fa rifluire il liquido nello serbatoio centrale. Generalmente i cilindri dosanti sono costruiti con dispositivi manuali o automatici che consentono di variare il volume del prodotto da riempire. Uno dei limiti del rubinetto volumetrico meccanico è la difficoltà della sanificazione.

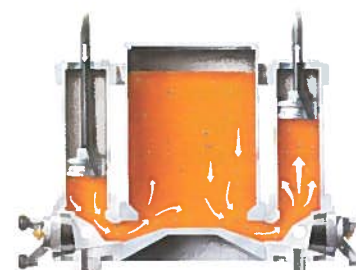


Fig. 8.12 - Fase d'aspirazione.



Fig. 8.13 - Fase di riempimento.

Il riempimento volumetrico a misuratori di portata elettromagnetici

Il riempimento volumetrico con misuratore di portata elettromagnetico rappresenta il sistema maggiormente adottato per il riempimento di liquidi alimentari senza pezzatura e carbonati. Solitamente il sistema prevede un Filler tank tenuto in sovrappressione che invia prodotto alla riempitrice tramite un unico condotto che arriva ad un collettore centrale. Da qui si dipartono condotti di piccola sezione che portano il prodotto verso ogni singola valvola di riempimento (sono possibili anche giostre con oltre 160 condotti e valvole).

Il condotto che porta dal collettore alla valvola ha di solito sezione circolare con diametro interno 15mm e viene dimensionato in modo da permettere un adeguato spazio per i misuratori di portata, che devono essere installati verso la fine della tubazione. Per questo motivo, in relazione anche al numero di valvole di riempimento presenti sulla macchina, il dimensionamento del diametro della giostra di riempimento dovrà seguire determinate regole legate anche all'effettivo tempo di riempimento dei contenitori.

I contenitori devono essere riempiti in una zona della giostra compresa tra la stella d'ingresso e quella d'uscita.

Le bottiglie in materiale polimerico, tuttavia, non devono subire in fase d'ingresso e uscita un sollevamento attraverso martinetti pneumatici, sono afferrate direttamente da pinze che le mantengono a debita distanza dal corpo valvola. I contenitori inoltre, non dovendo subire processi d'isobarometria, non devo-

no essere flussati con azoto o anidride carbonica, ma vengono immediatamente riempiti dal prodotto piatto in discesa dalla valvola.

Nel caso del riempimento volumetrico in esame, dunque, compensandosi entrambi gli effetti menzionati si ottiene un angolo utile superiore spesso al 80%, grazie al quale sarà scelto il numero di valvole totali da inserire.

Una volta valutati questi aspetti, è necessario conoscere la dimensione massima dei contenitori da riempire, al fine di valutarne un tempo di riempimento adatto. Negli impianti analizzati, i contenitori di volume maggiore sono stati bottiglie in PET da 2 litri, utilizzate sempre più spesso per il confezionamento di acqua, softdrink e succhi di frutta.

Supponendo un tempo di riempimento massimo di 12s, grazie alle informazioni in nostro possesso, è possibile calcolare il numero di valvole necessarie; ad es. per un impianto con produzione nominale di 24.000b/h si procede così:

- Si trasforma la produzione oraria in produzione al minuto: $(24.000b/h)/60min/h = 400b/min$.
- Si controlla quante bottiglie al minuto può riempire una valvola: $60s/12s = 5b/min$ per valvola.
- Quindi il numero di valvole necessarie sarà : $400/5 = 80$.
- Tenendo conto dell'angolo utile di riempimento otteniamo il numero complessivo di valvole, pari a $80/0,812 = 98,52$ che per essere cautelativi viene portato a 100.

Dopo aver calcolato il numero di valvole per una produzione nominale di 24000b/h con contenitori da 2l, verificiamo come sia possibile ottenere questo risultato con riempitrici aventi un sistema di riempimento volumetrico a mezzo di misuratori elettromagnetici di portata come quello menzionato.

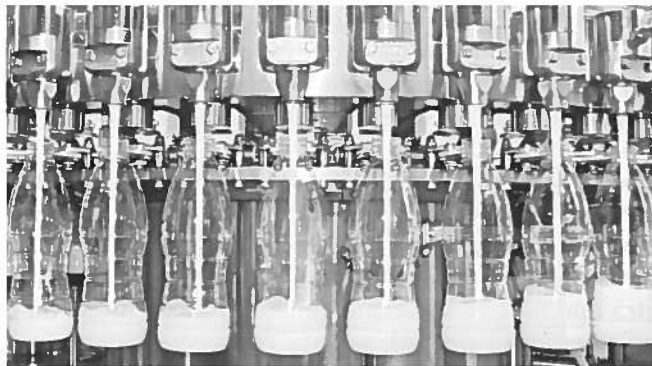


Fig. 8.13bis - Riempitrice volumetrica con misuratori di portata (GEA Procomac SpA).

Fase di riempimento

Dopo che il prodotto è stato inviato dal filler tank al collettore centrale, il prodotto fluisce nelle tubazioni che portano alle valvole, lungo le quali è posizionato il misuratore di portata ad induzione magnetica, che esegue la misurazione del volume da introdurre in bottiglia.

La lunghezza di queste tubazioni è variabile in funzione del numero di valvole. Il misuratore è posto all'estremità e collegato alla tubazione attraverso

so raccordi Tri-Clamp, che permettono facile applicazione e sanificabilità. Un altro breve tratto collega poi il misuratore alla valvola di riempimento.

Le principali operazioni di riempimento sono:

- a) Posizionamento
- b) Immissione dell'alimento nel contenitore
- c) Fine riempimento e chiusura
- d) Uscita bottiglie piene e tappate

A) Posizionamento

Il contenitore guidato dalla stella d'ingresso, viene trasferito alla pinza di presa della giostra attraverso un sistema meccanico di sganciamento rapido della bottiglia, che ne permette un efficace posizionamento sull'attrezzatura.

In questo momento il contenitore si trova sotto la valvola di riempimento che ruota assieme ad essa ad una velocità angolare costante di circa 4 giri al minuto.

In questa fase la valvola di riempimento è chiusa.

B) Riempimento

Dopo circa 5° di rotazione della macchina inizia la fase di riempimento, che può essere attivata da un impulso a raggi infrarossi, inviato da una scatola elettrica fissa (*master*) posta allo stesso livello di quella mobile presente sulla giostra di riempimento. Questa scatola ricevitrice (*slave*) è disposta sopra il corpo valvola e visivamente si nota molto bene perché durante il riempimento s'illumina di rosso, segnale visivo dell'avvenuta ricezione dell'impulso.

L'impulso trasmesso permette, attraverso appositi convertitori digitali-analogici, di provvedere all'immissione ad esempio d'aria compressa alla pressione di 4bar nella parte superiore della valvola, che, vincendo la forza della molla di contrasto, solleva l'otturatore rendendo possibile il riempimento. Il prodotto che scende nel contenitore, grazie alla pressione fornita in serbatoio, non deve per prodotti piatti venire a contatto con il contenitore stesso o con componenti della valvola presenti all'esterno.

C) Fine riempimento e chiusura

Il riempimento termina quando il misuratore di flusso è stato attraversato dalla quantità di prodotto impostata dall'operatore tramite la ricetta. Questa impostazione iniziale viene eseguita secondo determinati criteri, che analizzeremo in seguito; per ora basta segnalare che quando il misuratore raggiunge il numero d'impulsi impostati, invia un segnale elettrico alla centralina elettronica, la quale, convertendolo in segnale analogico, interrompe il flusso d'aria compressa in arrivo alla valvola. A seguito di quest'azione la molla può esercitare liberamente la sua forza chiudendo con decisione l'otturatore.

D) Uscita contenitori

I contenitori al termine del riempimento vengono presi dalla stella d'uscita e, grazie ad un sistema di sganciamento simile a quello in entrata, portati alla zona predisposta alla tappatura o sigillatura.

Tecnologia dei misuratori di portata elettromagnetici

I misuratori di portata elettromagnetici da alcuni decenni si sono affermati nel settore del confezionamento e nell'industria in genere, poiché a differenza d'altri tipi di misuratori offrono una misura non invasiva. Sono inoltre facili da installare e il loro uso non presuppone strutture particolari sulle tubazioni, che devono essere solamente raccordate con lo strumento. I misuratori di portata magnetici possono inoltre misurare flussi reversibili e, a seguito di particolari tarature, sono insensibili alla viscosità e densità del liquido; rispondono rapidamente alla variazione di flusso e possiedono comportamento lineare nei confronti d'ampi margini di misurazione. Negli ultimi anni inoltre, i miglioramenti tecnologici apportati hanno consentito di allestire strumenti maggiormente economici, piccoli e accurati rispetto alle versioni precedenti.

Come nel caso di molti altri strumenti elettronici, il principio fondamentale su cui si basa la misurazione della portata è la legge dell'induzione elettromagnetica di Faraday. Questa legge afferma che quando un materiale conduttore di lunghezza l , attraversa un campo magnetico d'intensità B , con una determinata velocità v , produce in direzione ortogonale ai due flussi precedenti una forza elettromotrice indotta espressa dalla relazione:

$$e = B \cdot l \cdot v$$

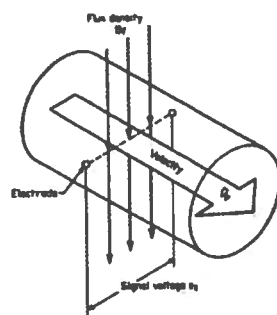


Fig. 8.14 - Principio basilare della legge di Faraday.

Nel caso dei misuratori di portata magnetici, il materiale conduttore è il fluido di passaggio nella tubazione e la sua lunghezza è rappresentata dalla distanza tra i due elettrodi, che in questo caso corrisponde al diametro D della tubazione. Anche la velocità del conduttore è proporzionale alla velocità del liquido, per cui la tensione indotta è rappresentata da:

$$e = B \cdot D \cdot v$$

Con un campo magnetico costante e il diametro della tubazione fissato, la grandezza del campo elettrico indotto non può che essere proporzionale alla velocità del fluido. Se, allora, i sensori disposti all'interno della tubazione sono connessi ad un circuito esterno, la fem produrrà una corrente, che opportunamente

processata fornirà un'indicazione della velocità del flusso. A causa delle resistenze interne dei fili e delle piccole tensioni in gioco, durante la calibratura dei flussometri si dovrà considerare la tensione ai capi come $v_t = e - iR$.

Come sappiamo dalla pratica, i misuratori elettromagnetici hanno lo scopo di misurare il volume di passaggio, motivo per il quale interessa trovare ora attraverso alcuni passaggi la relazione tra la tensione e la portata di liquido.

$$Q = A \cdot v \text{ quindi } v = Q/A \text{ con } A = \pi D^2/4$$

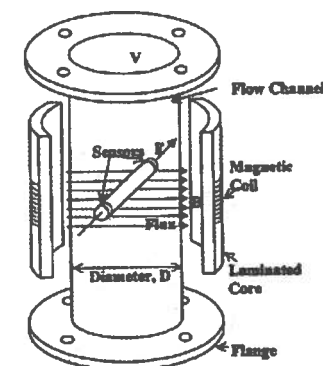


Fig. 8.15 - Principio di costruzione di un flussometro magnetico.

Una volta definito il sistema di misurazione, si illustra come avviene la produzione del flusso magnetico da applicare nella sezione del misuratore di portata.

I sistemi di produzione sono tre e rispettivamente:

- 1) magnete permanente o corrente continua DC
- 2) corrente sinusoidale alternata a frequenza nota AC
- 3) eccitazioni pulsanti con corrente DC

I flussometri magnetici a corrente continua o magnete permanente sono usati con successo per la misura di flussi pulsanti con fluidi dall'altissimo valore di conducibilità come metalli fusi o mercurio. Tuttavia per fluidi dal basso valore di conducibilità o portatori di ioni, avviene nel tempo una polarizzazione dell'elettrodo con conseguente impossibilità d'utilizzo del sistema. Questo non succede utilizzando una corrente alternata o pulsazioni di corrente continua, motivo per il quale in campo alimentare vengono applicati solo questi ultimi due metodi.

Applicazione al riempimento volumetrico

Si veda ora l'esempio d'applicazione di un misuratore di portata magnetico all'interno d'impianti di riempimento o dosaggio.

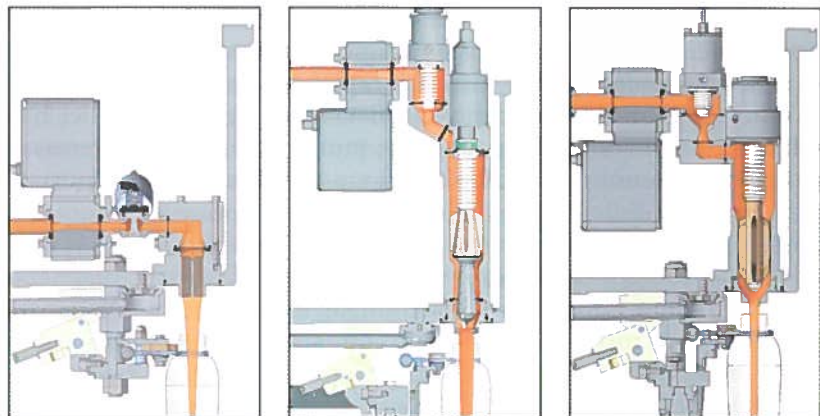


Fig. 8.16 - Schema di principio del riempimento volumetrico (GEA Procomac SpA).

Il misuratore di portata compatto viene posto in questo caso su una tubazione orizzontale, anche se è possibile disporlo in altre posizioni, e il sensore dello strumento è installato sulla tubazione. L'elettronica, che provvede alla conversione del segnale da analogico a digitale, viene disposta, invece, in una custodia metallica sopra o sotto il condotto.

Da questa scatola il segnale d'uscita procede verso opportuni dispositivi necessari alla corretta gestione del riempimento. Il segnale, proporzionale, secondo i principi espressi nel paragrafo precedente, alla portata istantanea, viene trasmesso o attraverso un'uscita in frequenza (da 0 a 10kHz) o attraverso un'uscita ad impulsi, fattorizzati per unità programmabili a passi predefiniti da 0,001ml a 10ml in funzione del diametro del sensore di misura.

Questo segnale poi, qualsiasi sia la sua natura, deve essere elaborato tramite PC, PLC o contaimpulsori a preselezione, che provvederà alla chiusura pneumatica dell'otturatore.

L'elaborazione dei segnali può essere eseguita anche da un sistema di comando centralizzato, che normalmente è installato sugli impianti di riempimento e di dosaggio per altre funzioni di comando. Una possibilità è tramite il software d'elaborazione dei segnali eseguire la selezione della quantità da riempire, la funzione Start/Stop, le funzioni di controllo e sorveglianza e quelle di comando pompe e valvole.

Al momento d'inizio riempimento il software invece invierà, attraverso particolari trasduttori, il segnale alla valvola, che al momento opportuno alzerà l'otturatore rendendo possibile il riempimento ed il conteggio da parte del misuratore, il quale raggiunti gli impulsi impostati interromperà il riempimento.

Come si nota da **fig 8.16**, sono possibili poi diverse varianti a seconda delle specifiche necessità. Nel primo caso (immagine a sinistra) si tratta di sistemi di riempimento con misuratore elettromagnetico per prodotti piatti senza pezzi (FX di GEA Procomac SpA) dove appena dopo il misuratore è posizionata una valvola a membrana per la chiusura/apertura del sistema e con possibili posizioni intermedie per dosaggio. Nella figura centrale si ha invece una valvola di riempimento per prodotti piatti con e senza polpa e fibre con dimensioni massime di 3 mm di diametro x 20 mm di lunghezza (FX P EVO di GEA Procomac SpA). Nella figura a destra si ha invece una valvola di riempimento per prodotti piatti con e senza polpa, fibre, pezzi con dimensioni fino a 6x6x6 mm (FX C di GEA Procomac SpA).

mento per prodotti piatti con e senza polpa e fibre con dimensioni massime di 3 mm di diametro x 20 mm di lunghezza (FX P EVO di GEA Procomac SpA). Nella figura a destra si ha invece una valvola di riempimento per prodotti piatti con e senza polpa, fibre, pezzi con dimensioni fino a 6x6x6 mm (FX C di GEA Procomac SpA).

8.1.5 Il riempimento ponderale

Il sistema di riempimento ponderale può considerarsi una variazione del sistema volumetrico elettronico con misuratore di flusso, in quanto la quantità di prodotto viene definita per mezzo di cellette di misurazione ponderali (**fig. 8.17**).

Esso funziona generalmente in assenza di pressione, secondo il principio della gravità: la leggera sovrappressione del serbatoio anulare consente di imbottigliare anche prodotti di una certa viscosità, quindi si presta bene anche per l'imbottigliamento di oli vegetali, derivati del latte, salse, paste, ketchup e altri liquidi ad elevata densità.



Fig. 8.17 - Sistema di riempimento ponderale a celle di carico per olio (CFT SpA).

Le valvole di riempimento sono a funzionamento elettropneumatico installate in una campana anulare riempita parzialmente.

I canali del prodotto sono privi di molle interne e consentono di eseguire efficacemente le operazioni di lavaggio e sanificazione, garantendo una buona sicurezza biologica.

In corrispondenza di ogni valvola di riempimento sottostante alla cam-

pana, ma montata sullo stesso carosello, è installata una cella ponderale che funziona da sistema ponderale idoneo alla taratura per mezzo di estensimetri. Sulla celletta è montato il piattello poggiabottiglie con regolazione flessibile per i recipienti.

I vantaggi di questo sistema sono:

- possibilità di regolazione graduale continua della dose di riempimento;
- grande precisione di riempimento, indipendentemente dalla forma dei recipienti e dalle caratteristiche del prodotto,
- possibilità di memorizzare la quantità di riempimento e di richiamarla in base alle diverse combinazioni prodotto/recipienti;
- sicurezza microbiologica, con espulsione nell'ambiente esterno dell'aria di ritorno dalla bottiglia;
- possibilità di costituire un'atmosfera di gas inerte nell'area della boga del recipiente da riempire;
- possibilità di valutazione statica integrata della quantità di riempimento, dei valori medi e delle deviazioni dallo standard.

8.1.6 Gli impianti di riempimento di prodotti con pezzatura

Per individuare il sistema di riempimento migliore per i prodotti con pezzature si effettua un'analisi delle varie tecnologie utilizzate attualmente per poi passare all'analisi di un impianto reale.

Infine si mettono in evidenza le problematiche di ogni tecnologia e l'individuazione della tecnica di riempimento ottimale per i prodotti in studio.

Storiografia degli impianti

L'evoluzione della tecnica nei prodotti con pezzatura si è sviluppata partendo da sistemi meccanici di grande semplicità fino ad arrivare alle complesse e sofisticate soluzioni attuali in cui si vedono utilizzate le più moderne tecnologie tra cui l'elettronica. Il risultato a cui si tende è sempre quello di una produzione più elevata e di un trattamento del prodotto che ne consenta una lunga conservazione senza alterarne le qualità organolettiche e soprattutto la forma dei pezzi.

Le elevate produzioni orarie richieste hanno spinto a una ricerca di soluzioni nuove. Si è passati da un riempimento manuale effettuato dagli operatori ad un sistema semiautomatico e infine ad un sistema completamente automatico che permette di ottenere le cadenze richieste per una produzione industriale.

Nel riempimento manuale l'operatore doveva:

- 1) posizionare il barattolo/contenitore,
- 2) aprire il rubinetto,
- 3) effettuare il riempimento desiderato,
- 4) chiudere il rubinetto,
- 5) apporre il coperchio.

Terminate queste operazioni è necessario effettuare le operazioni di scarico che sono ugualmente lunghe e complicate. Tenendo presente che queste operazioni sono in sequenza e devono essere realizzate con le mani, vi è poca possibi-

lità di realizzarne alcune in contemporanea: per cui si può concludere che la produzione oraria totale era comunque molto ridotta.

Nel riempimento semi automatico si poteva avere un riempimento multiplo di contenitori e/o di bottiglie, utilizzando più rubinetti.

Dal punto di vista della praticità e quindi della velocità di esecuzione, i dispositivi di sollevamento contenitori e/o barattoli e di tappatura, che erano realizzati con dispositivi meccanici a comando manuale, sono divenuti poi attuatori pneumatici a comando a pedale o da una mano, mentre con l'altra mano si poteva azionare la valvola di riempimento. Era possibile un riempimento di più barattoli con un flusso intermittente, ma per aumentare la produzione e per rendere automatiche tutte le operazioni connesse al riempimento la soluzione è stata quella di disporre i rubinetti su di una circonferenza.

Desiderando aumentare la produzione e quindi dovendo montare un maggior numero di rubinetti, bastava aumentare il raggio della circonferenza. I rubinetti non sono più azionati contemporaneamente, ma in sequenza e per ottenere ciò bastava mettere in rotazione la giostra porta rubinetti e mettere uno o più riscontri fissi contro i quali le parti che comandano il rubinetto vanno ad urtare durante la loro corsa di rotazione. Non esistono problemi di rigidità e, come noto, i moti rotatori continui sono facili da realizzare e risulta pure molto facile l'accoppiamento di diverse macchine che debbano compiere operazioni sequenziali.

Oggi si possono trovare macchine dotate di numerose giostre: ad esempio sciacquatura, riempimento, tappatura tutte raggruppate in un unico monoblocco.

Nel riempimento automatico tutto è gestito da un computer centrale che comanda il caricamento dei contenitori, il loro riempimento e la tappatura, nonché tutte le operazioni a valle tra cui i trattamenti termici.

Una delle caratteristiche che differenziano il sistema automatico da quello manuale è, senz'altro, oltre alla produttività, il numero degli operatori impiegati in una linea (2-3) che hanno per lo più una funzione di controllo.

Le riempitrici per prodotti con pezzatura possono essere classificate in base alla tipologia di riempimento in:

- Volumetriche;
- A peso;

Le riempitrici volumetriche

I principi che caratterizzano questi tipi di macchine sono:

- isolare un volume di fluido che corrisponde alla quantità voluta nel contenitore (nel caso delle colmatrici e del riempimento con pistone);
- il controllo della quantità di prodotto che passa attraverso il flowmeter e quindi il contenuto del prodotto che va nel contenitore (nel caso di riempimento con flowmeter adatto solo per piccoli pezzi, ossia minori di 1cm³).

Colmatrici o riempitrici telescopiche

I contenitori vuoti, immessi sul nastro trasportatore della macchina, vengono convogliati mediante una coclea a passo variabile ed una stella d'ingresso alla stazione di dosaggio del prodotto liquido.

Il prodotto tramite un nastro trasportatore giunge in un serbatoio anulare alla cui base sono presenti delle cavità in cui entra il prodotto. Una sorta di coltello con moto circolare convoglia nel suo movimento il prodotto a riempire queste cavità che hanno le dimensioni del contenuto del barattolo. A mano a mano che i telescopi sono riempiti il prodotto viene spinto per riempire altri telescopi.

A questo punto si procede allo scarico nei contenitori sottostanti e questo può avvenire per gravità o con pistoni prementi.

La stessa macchina è adatta ad riempire tanti prodotti sia in vasi di vetro che in scatole metalliche mediante il dosaggio volumetrico; i possibili prodotti

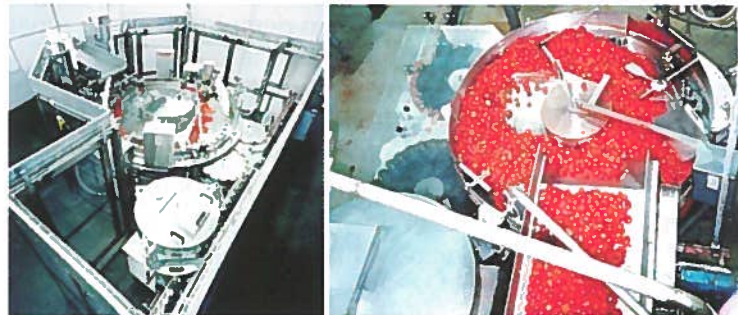


Fig. 8.18 - Riempitrice telescopica e vista del sistema di carico (Zanichelli Meccanica SpA)

sono: ceci, fagioli, cipolline, fragole, albicocche, cavolfiori, funghi, lenticchie, pesche (spicchi o cubetti), piselli, pomodori (pelati interi, tritati o cubettati), prugne, olive, pere (cubetti), patate, giardiniera, uva, vongole, mais, mele, melone (cubetti), carciofi (cuori), carne (in pezzi o cubetti), pasta (cubetti), riso, ravioli, ciliegie, Pet-Food (bocconcini o tritato), etc.

Le principali caratteristiche di questa macchina sono: alta velocità, massima precisione nel dosaggio, minimo danno al prodotto, rapido cambio del formato con telescopi di semplicissimo smontaggio.

Di contro queste macchine non sono dotate di ambienti a contaminazione controllata, dovendo i contenitori subire necessariamente un trattamento di sta-



Fig. 8.19 - Riempitrice a cassette.

bilizzazione in volume, non essendo stato nemmeno trattato preliminarmente a livello termico il prodotto in tubazioni per non danneggiarlo.

Principio analogo ha la macchina rappresentata qui di seguito, tramite una serie di cassette permette la dosatura di prodotti in pezzatura varia (tipo macedonia di frutta). Tali riempimenti possono essere adatti per prodotti a corta shelf-life mantenuti in condizione di refrigerazione da qui al momento della vendita.

Le riempitrici a pistoni

Per prodotti in pezzi, che non devono per forza mantenere la forma originaria della frutta o della verdura (anche tagliate a spicchi) molto adottate sono le riempitrici a pistoni, le quali aspirano il prodotto dalla tramoggia e lo iniettano nei contenitori sottostanti, tramite valvole di erogazione.

Il moto del pistone, e quindi le fasi di aspirazione e successivamente di iniezione, avviene attraverso una camma su cui scorrono i rulli collegati al pistone. Come accennato in precedenza è possibile anche in questo caso l'uso di camme elettroniche.

Una volta aspirato il liquido, la camma permette la chiusura dell'ingresso del liquido, facendo ruotare il tamburo della valvola, ed aprendo in questo modo i fori degli ugelli per lo scarico del prodotto nei contenitori. La regolazione micrometrica del volume del prodotto, avviene anche a macchina in movimento, mediante la camma di comando dei pistoni. Il sistema è corredato di dispositivo *no container-no fill* che impedisce il riempimento in mancanza di contenitori. Come si vede da fig. 8.20 è possibile avere sia sistemi con valvole rotanti (a), che sistemi con valvole verticali (b)

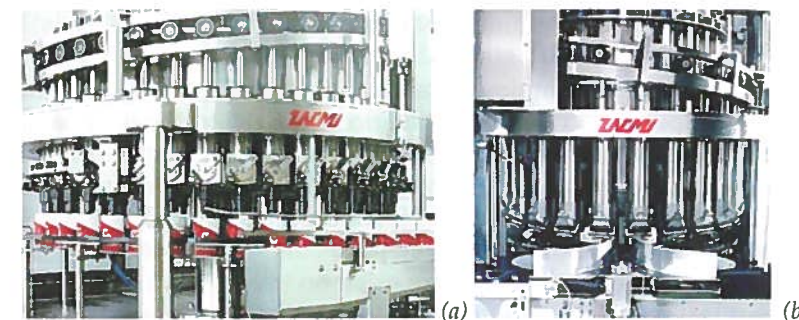


Fig. 8.20 - Riempitrice a pistoni con valvole rotanti o verticali (Zanichelli Meccanica SpA)

La macchina con pistoni e valvole rotanti è composta da:

- barile di contenimento prodotto con sonde di livello,
- valvole a pistoni con rubinetti conici di riempimento in AISI 316,
- giostra rotante con guide per riempimento valvole,
- pistoni per formati da 5 a 800 cc con n valvole di riempimento,
- sistema no container-no fill (in mancanza del vaso la macchina non riempie),
- motorizzazione giostra, colonne di riempimento e di livello,
- correzione del volume a macchina in funzione tramite pulsante del quadro elettrico,
- regolazione dei formati sia in volume che in altezza della bocca del vaso,
- velocità di riempimento : max 140 vasetti/ min.

Il principio di funzionamento del pistone dosante è il seguente.

La corsa del cilindro avviene in due tempi regolati da una valvola a tre vie posta tra il cilindro dosatore e il serbatoio prodotto:

1. Aspirazione del prodotto all'interno del serbatoio attraverso l'apertura della valvola a tre vie.
2. Chiusura della valvola e mandata del prodotto dal cilindro dosatore al rubinetto corrispondente.

Sono presenti due regolatori pneumatici che regolano:

- la velocità d'aspirazione del prodotto: soprattutto per prodotti molto viscosi, per evitare il rischio di aspirazione d'aria;
- la velocità di mandata del prodotto ai rubinetti: per prodotti schiumosi che devono essere dosati più lentamente.

I due sensori installati segnalano inoltre il "pronto" e "fine" dosata. Il cilindro è pronto alla dosata successiva solo quando ha completato la sua corsa di aspirazione ed è (fine) solo quando ha terminato la sua corsa di dosata. Il volume di riempimento può essere regolato da zero al volume massimo di riempimento, con la macchina in movimento. Il sistema di regolazione del volume di riempimento è interamente automatico. La precisione è maggiore quanto più il volume di riempimento si avvicina alla capacità del cilindro stesso.

Le guarnizioni del cilindro dosatore sono in PTFE (Teflon®).

8.1.7. I cinematismi e la meccanica delle riempitrici

Le macchine per il riempimento automatico, a peso, livello o volumetriche, almeno sotto l'aspetto meccanico e cinematico, sono del tutto assimilabili sia che trattino liquidi gasati, sia che trattino liquidi non gasati.

Alcune differenze si evidenziano nel dimensionamento e nella tenuta di alcuni organi del serbatoio rotante del liquido (campana), che per i liquidi gasati devono resistere a pressioni almeno 3 volte maggiori rispetto a quelle di carbonatazione. Notevoli differenze esistono invece al variare dei contenitori da riempire, avendo i contenitori polimerici una presa per il collo, contrariamente a barattoli in banda stagnata e contenitori in vetro. Differenti sono

naturalmente anche i rubinetti di riempimento, sulla base di quanto detto in precedenza.

In genere una riempitrice per liquidi gasati è adatta anche per liquidi non gasati, ma non sempre ottimale per questo.

In fig. 8.21 si propone lo schema in sezione di una riempitrice tradizionale isobarometrica per contenitori in vetro per esaminarne il funzionamento: i principi esposti sono generalmente validi anche se differenze costruttive più o meno marcate connotano ciascun costruttore.

Su un basamento monolitico in lamiera saldata o in fusione di ghisa sono fissati gli organi del vuoto e in molti casi la struttura portante della macchina.

L'azionamento, generalmente fornito da un motore asincrono trifase alimentato da un inverter, fa capo ad un riduttore a vite senza fine, a due uscite ortogonali. Quella parallela all'albero di ingresso fornisce il movimento all'incastellatura mobile solidale con il serbatoio rotante del liquido o «campana». L'incastellatura mobile è appoggiata alla struttura fissa per mezzo di un cuscinetto a sfere o a strisciamento con lubrificazione forzata.

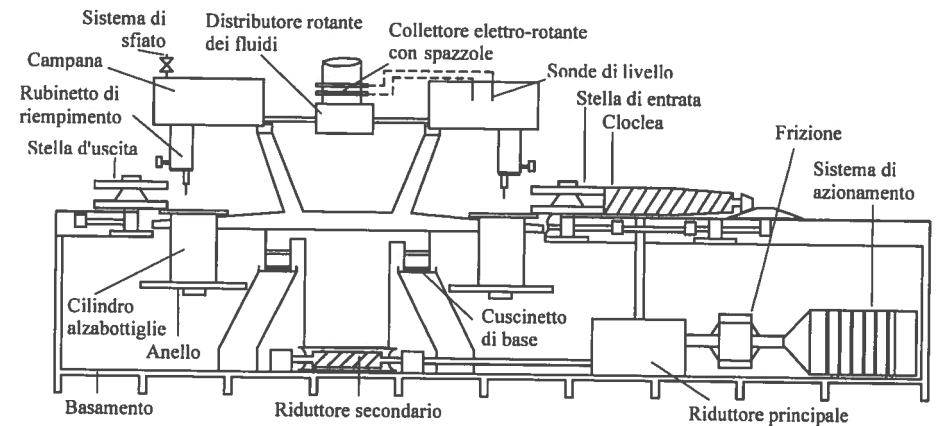


Fig. 8.21 - Sezione schematica di una riempitrice.

L'altro albero del riduttore, attraverso una serie di cinematismi, trasmette il moto agli organi di entrata e di uscita delle bottiglie (attrezzatura di banco).

Solidale con l'incastellatura mobile e la campana è il piatto, sul cui contorno sono fissati i cilindri alzabottiglie con il relativo collettore ad anello per la distribuzione dell'aria compressa.

Il liquido da confezionare e i fluidi di alimentazione ai componenti rotanti della riempitrice vengono condotti attraverso un distributore rotante multiplo a tenuta.

L'alimentazione elettrica ai sistemi di regolazione solidali con la campana, è fornita per mezzo di collettori a spazzole.

- Il sistema di ingresso dei contenitori alla riempitrice consiste in
- una *coclea* (vite senza fine ad un principio) per distanziare i contenitori;
 - una o più *stelle d'ingresso* per il trasporto e la collocazione dei contenitori sugli appositi cilindri.
 - un *cuore di guida*, che rappresenta anche l'elemento fisso dell'attrezzatura di banco.

Il sistema di uscita dei contenitori dalla macchina consiste in una stella di uscita analoga a quella di entrata, che preleva i contenitori dai cilindri alza bottiglie e le depone sul nastro trasportatore di uscita o li affida direttamente ad una stella di alimentazione della tappatrice. I sistemi di entrata e di uscita sono rappresentati schematicamente in **fig. 8.22**. L'insieme degli organi di entrata e di uscita con relative guide, costituiscono appunto l'*attrezzatura di banco*.

La successione delle operazioni che avvengono nella fase di riempimento sono mostrate in **fig. 8.23**. Esse si riferiscono ai casi più semplici di riempimento di un liquido gasato senza pre-evacuazione e inertizzazione delle bottiglie o dei contenitori.

Considerando costante la velocità di rotazione della riempitrice, i tempi e la successione delle operazioni possono essere rappresentati come frazioni di un angolo giro corrispondente ad una rotazione completa della campana.

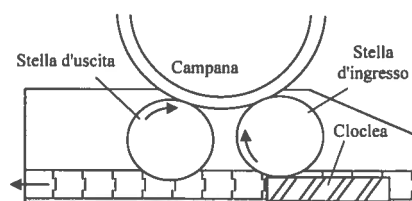


Fig. 8.22 - Attrezzatura di banco di una riempitrice.

La bottiglia, dal momento in cui lascia la stella di ingresso ed è posta sul piattello del cilindro alza contenitori, percorre un certo angolo detto *angolo di ingresso* cui segue un *angolo di sollevamento* fino al rubinetto di riempimento.

Nel riempimento isobarometrico, l'angolo successivo è destinato alla creazione della isobarometria in bottiglia e il suo termine è segnato dall'apertura della valvola di riempimento.

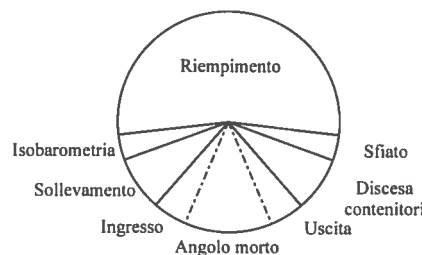


Fig. 8.23 - Angoli caratteristici di una riempitrice a giostra.

Alla fine dell'angolo di riempimento, tale valvola si chiude automaticamente e segue un *angolo di sfiato* durante il quale, mediante l'apertura di un'apposita valvola applicata al rubinetto di riempimento, viene portato alla pressione atmosferica con una certa gradualità lo spazio di testa del contenitore.

Questa fase viene completata durante l'*angolo di discesa*, cui segue l'*angolo di uscita*, corrispondente al prelievo della bottiglia dal piattello del cilindro alza-bottiglie da parte della stella di uscita.

Chiaramente il *funzionamento a giostra* della riempitrice comporta, tra l'angolo di ingresso e l'angolo di uscita, un *angolo morto*, in cui non avviene alcuna fase utile ai fini del riempimento.

Una buona macchina è costruita in modo da ridurre al minimo tale angolo, talché possano essere interessate dal riempimento il maggior numero possibile di bottiglie, elevando così al massimo la resa oraria della macchina, a parità del numero di rubinetti. D'altra parte, come sarà meglio chiarito nel seguito, a parte il «tempo di riempimento», dipendente essenzialmente dal tipo di rubinetto impiegato, è pressoché impossibile ridurre oltre certi limiti la durata delle altre fasi del riempimento.

8.2. LE TAPPATRICI/CAPSULATRICI

Le principali tipologie di chiusura attualmente utilizzate per i contenitori per alimenti sono:

- Il tappo a pressione (di sughero e sintetici);
- Il tappo meccanico;
- Il tappo corona;
- Il tappo a vite (metallico o in plastica);
- Il tappo a strappo (lids di alluminio).

Il *tappo di sughero* è stato il primo dispositivo di chiusura di tipo industriale e ancora oggi il suo impiego è abbastanza diffuso, specialmente nel campo dei vini di elevato pregio.

La giustificazione del suo impiego non è solo di carattere tecnico, ma anche di carattere estetico e di prestigio, atteso l'alto costo di tale tipo di chiusura e la possibilità di sostituirlo efficacemente con tappi di materiale sintetico inalterabile, che offrono ampie garanzie di ermeticità e perfetta tenuta anche a pressioni piuttosto elevate, è da riconoscere che l'appeal di questo oggetto è tuttora inimitabile.

I tappi di sughero possono avere varie forme: le più comuni sono quelle rappresentate in **fig. 8.24**.

I tappi a chiusura parziale rappresentano una notevole evoluzione rispetto a quelli a chiusura totale perché permettono l'apertura della bottiglia senza dover ricorrere ad appositi apparecchi o chiavette.

Essi inoltre possono essere ancorati alla bottiglia in modo più agevole che i precedenti, mediante *gabbie di fermatura*. L'ancoraggio diventa un requisito imprescindibile nel caso di liquidi fortemente gasati, perché la pressione di testa tende ad allontanare con violenza la chiusura dalla bottiglia.

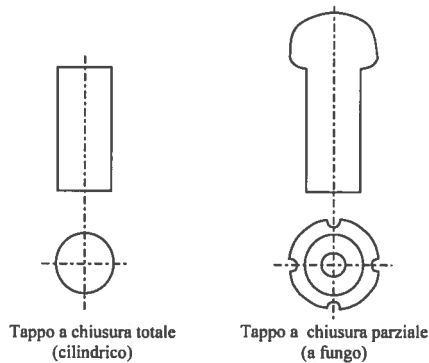


Fig. 8.24 - Tipologie di tappi da sughero.

A tal proposito ricordiamo che la tenuta dei tappi di sughero è dovuta quasi esclusivamente alla tensione di deformazione del corpo cilindrico sulle pareti del collo della bottiglia; inizialmente un certo contributo alla tenuta è portato anche dall'attrito tra sughero e vetro che però, con il passare del tempo, allorché la deformazione tende a diventare permanente, si riduce a valori molto bassi.

8.2.1. La tecnologia di tappatura

Il rifornimento dei tappi alle tramogge dei tappatori su linee di media/alta velocità (tappatori a più teste) è bene venga fatto in modo automatico con elevatori a coclea. Le coclee di sollevamento dei tappi devono essere del tipo a spazzola con setole morbide di nylon; queste coclee nella movimentazione dei tappi provvedono al loro scuotimento e spazzolatura. La polvere rimossa e quei frammenti di tappo (inevitabilmente destinati a staccarsi prima dell'introduzione del tappo nella bottiglia) vengono aspirati e convogliati da un aspiratore di cui è fornito l'elevatore tappi³.

Un notevole vantaggio offerto dai caricatori automatici è che essi possono dosare e mantenere costantemente nelle tramogge il quantitativo di tappi sempre al minimo livello. A tramoggia piena una elevata pressione impedisce la libertà di movimento dei tappi nei sottostanti canali di caduta alle testate di compressione, talché si possono produrre dei danni ai tappi, specialmente nei punti in cui i sugheri hanno il materiale meno connesso o appendici fragili.

Le moderne tappatrici sono perciò corredate di tramogge di tipo statico. Sino a qualche anno fa si provocava la movimentazione dei tappi con rulli in rotazione continua disposti in corrispondenza dei canali di caduta (fig. 8.25a). Le attuali costruzioni prevedono invece l'uso di un cono dolcemente ondulato verso la base dove iniziano i canali di caduta dei tappi (fig. 8.25b).

La dolce movimentazione dei tappi prodotta da questo cono ondulato è sufficiente per garantire la regolare discesa dei tappi nei tubi di caduta.

³ Cfr. Alberto Toniolo. Importanti aspetti della tecnologia di tappatura con tappi di sughero. Industria delle bevande. Chiriotti Editori. Pinerolo (TO).

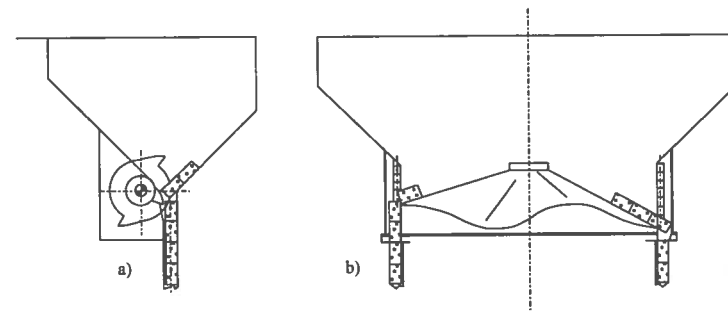


Fig. 8.25 - Sistemi di movimentazione dei tappi.

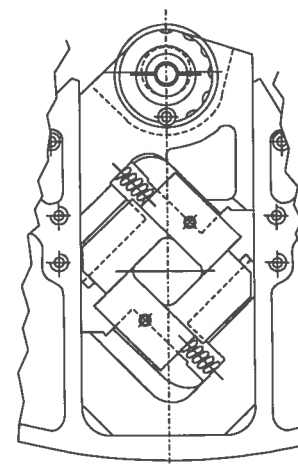


Fig. 8.26 - Sistema di compressione per tappo sughero con ganasce su guide prismatiche.

L'elemento cuore del tappatore è il sistema di compressione. La soluzione che è ritenuta la più sicura e affidabile è quella a 4 ganasce su guide ortogonali (fig. 8.26). Con questa soluzione si ottiene la migliore uniformità di compressione del sughero ed allo stesso tempo si salvaguardano le caratteristiche di finitura e trattamento superficiali del tappo, con particolare riferimento ai punti di congiunzione di una ganascia con l'altra. Problemi di percolamento qualche volta sono attribuibili a rigature (o marcature) verticali sulla parte cilindrica esterna del tappo che possono essere state prodotte dalle ganasce nelle parti tra esse coniugate.

A tal riguardo il sistema lascia molto tranquilli, perché le 4 ganasce sono mantenute fisicamente in contatto tra loro, a differenza, per esempio della tecnica che impiega le ganasce collegate a cerniera

Il tappo viene serrato ad una dimensione di 16 mm ed un punzone da 14 mm provvede a spingerlo all'interno del collo della bottiglia. Sino ad una decina di anni fa la misura di serraggio del tappo era 15 mm; attualmente, dato il progressivo miglioramento qualitativo dei vetri ed il contemporaneo alleggerimento degli stessi, non si richiede più di comprimere a 15 mm il sughero, con indiscusso vantaggio di un più sollecito ritorno elastico del sughero e minori problemi di gocciolamento.

Il livello di riempimento bottiglie deve essere preciso e costante, calcolato correttamente in base al livello che la bottiglia presenterà a 20°C.

L'interno della bocca della bottiglia deve essere conico: nella sommità il diametro deve essere 18,5±0,5 mm; a 45 mm di profondità il diametro deve misurare 20±1 mm.

La bottiglia deve essere mantenuta contro l'imboccatore della tappatrice con un organo caricato a molla con spinta elastica di almeno 80 kg. L'organo di compressione è raccomandato che operi ad una pressione dolce, mentre l'introduzione del tappo deve essere rapida.

La cadenza ottimale per i tappatori è di circa su 2.500 bott./ora per una macchina monotesta e di 1.000 bott./ora per testata, da moltiplicare per il loro numero, nelle macchine a teste multiple.

Gli imboccatrici delle bottiglie devono essere di materiale plastico e della giusta dimensione con riferimento all'imboccatura della bottiglia; non sono raccomandazioni eccessive, considerando che alcuni imbottigliatori hanno dovuto ritirare ingenti quantitativi di prodotto dal mercato, perché i controlli avevano evidenziato la presenza di frammenti di vetro dell'imboccatura ricaduti all'interno di alcune bottiglie.

Sono inoltre da raccomandare, quale normale corredo dei tappatori, gli impianti di iniezione di gas neutro prima della tappatura, gli impianti di tappatura con vuoto, i sistemi di sterilizzazione delle ganasce di compressione.

Il sistema (fig. 8.27) o l'impianto per iniezione di gas provvede all'immissione di gas neutro nel collo appena prima che il tappo, già compresso dalle ganasce, sia introdotto nella bottiglia. Questo soffio di gas opera un flussaggio e quindi un efficace rimozione dell'aria dal collo bottiglia. Il sistema del vuoto provvede alla rarefazione dell'atmosfera all'interno del collo, appena prima che il tappo già compresso venga spinto nella bottiglia.

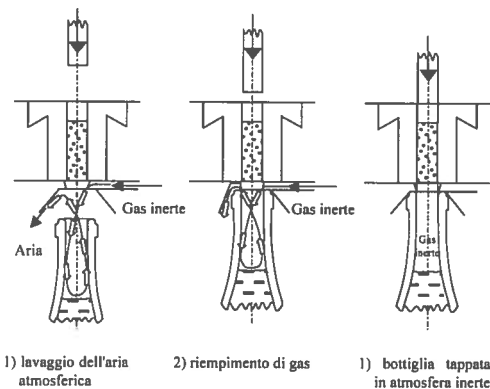


Fig. 8.27 - Tappatura con iniezione di gas inerte.

La torretta di tappatura è composta da una serie di teste tappanti disposte a giostra, ed è dotata di un dispositivo "pick-and-place". Questo dispositivo prende il tappo e lo dispone all'interno delle teste tappanti.

Attorno alla giostra di tappatura vera e propria, viene posizionata una piccola stella d'immissione tappi, la quale preleva i tappi, premuti grazie ad aria sterile, e li posiziona sulla stella principale.

8.2.3. I tappi in materiale sintetico

I tappi a pressione, di materiale sintetico sostituiscono tecnicamente in modo efficace quelli di sughero, ma pur conservandone la forma, se ne differenziano in alcuni particolari, date le diverse caratteristiche meccaniche del materiale di base.

In fig. 8.28 se ne riporta un tipo a fungo di PE abbastanza diffuso.

Il corpo cilindrico è cavo e dotato di anelli di tenuta facilmente deformabili.

Essi servono ad aumentare l'attrito con il vetro, mentre la cavità rappresenta una camera di espansione per il gas di testa. Allorché la pressione di questo aumenta, la parte cilindrica si espande e contrasta con la propria deformazione elastica, sulla superficie del vetro, la forza di espulsione F (fig. 8.29).

I tappi meccanici (fig. 8.30) rappresentano il primo e forse unico esempio, nel campo dell'imbottigliamento, di chiusura fissa, intesa quale componente integrante della bottiglia e a questa applicata all'atto della sua immissione nel ciclo. In teoria la loro durata dovrebbe coincidere con la vita della bottiglia. Si compongono di un tappo con guarnizione, e di un gancio con leva.

Il gancio è incernierato lateralmente al tappo, in ceramica o porcellana

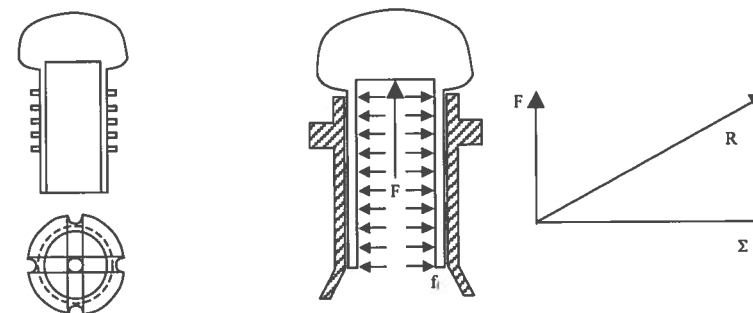


Fig. 8.28 - Tappo a pressione di PE.

Fig. 8.29 - Risultante di chiusura del tappo.

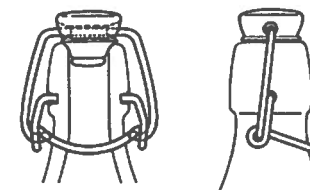


Fig. 8.30 - Tappo meccanico.

smaltata, mediante due fori ciechi o un foro passante, ed in basso ai due occhielli della leva, il cui fulcro è ottenuto mediante due fori ciechi ricavati sul collo della bottiglia. La guarnizione è in gomma alimentare ed è fermata elasticamente in una gola alla estremità inferiore del tappo.

Difficoltà di lavaggio della bottiglia e non rari inconvenienti di carattere igienico e tecnico hanno determinato per un lungo periodo il totale abbandono di questo tipo di chiusura: basti pensare alle difficoltà di centraggio negli alveoli delle lavabottiglie, alla necessità di inserire dopo la riempitrice una macchina abbastanza costosa e lenta per la chiusura automatica ed infine all'obbligo dell'applicazione di una fascia di garanzia sul tappo.

Da qualche tempo però si assiste ad un "ritorno" di questo tipo di chiusura, ritenuta di "grande immagine", talché viene impiegata anche in bottiglie OW.

8.2.4. Il tappo a corona

Il *tappo corona*⁴, attraverso un lungo sviluppo ed un progressivo affinamento delle sue caratteristiche, è tuttavia la chiusura ancora dominante nel settore delle bevande in vetro. Il tappo corona è un sistema di chiusura standardizzato a scatto (snap-on cap) e precisamente definito: le sue caratteristiche dimensionali sono convenute in sede di unificazione internazionale e normalmente si suole fare riferimento alle norme DIN 6099.

Esso (fig. 8.31) è costituito da tre componenti fondamentali:

La *conchiglia o corona*, cui sono affidate le caratteristiche di resistenza meccanica e che costituisce l'elemento portante della chiusura, ovvero la sua struttura resistente. Essa assolve anche al compito di duplice supporto, verso la litografia esterna e la guarnizione all'interno.

La *guarnizione*, che garantisce l'ermeticità rispetto all'ambiente esterno e la conservazione nel tempo delle caratteristiche della bevanda.

La *litografia*, elemento estetico fondamentale nell'*habillage* della bottiglia ed eventuale supporto di messaggi istituzionali o pubblicitari.



Fig. 8.31 - Tappo a corona.

Il tappo corona ha conservato e accresciuto le possibilità di evolversi secondo nuove tecnologie, con l'applicazione di nuovi materiali sviluppati in questi anni.

La banda stagnata coke, con cui inizialmente venivano realizzate le conchiglie, è praticamente scomparsa, sostituita da quella elettrolitica, che consente di ottenere un rivestimento di stagno più uniforme e con spessore controllato.

Da decenni si è diffuso l'impiego, in sostituzione della banda stagnata, degli acciai «Tin Free Steel», ossia di acciai che sono stati studiati per avere le medesime qualità della banda stagnata, pur utilizzando come rivestimento superficiale metalli diversi dallo stagno. Tale impiego è motivato principalmente dalla difficoltà di reperimento dello stagno necessario alla produzione delle enormi quantità di banda stagnata richiesta dall'industria dell'imballaggio.

Tra i vari TFS, molto successo hanno avuto quelli del tipo cromato (TFS - CT), malgrado la finitura leggermente bluastra della conchiglia.

Per quanto concerne le caratteristiche di impiego, sono stati messi a punto tappi corona adatti alle tappatrici ad elevatissima velocità: altezza ridotta

⁴ Il tappo a corona fu brevettato nel febbraio del 1892 dall'americano William Painter. Il brevetto fu utilizzato fino al 1911 esclusivamente dalla Crown-Cork and Seal INC. Nella seconda metà degli anni '60 negli Stati Uniti furono inventati i "tappi corona a vite" che permettono di richiudere la bottiglia senza l'uso degli apribottiglie, grazie all'apposita filettatura stampata sul collo della bottiglia.

della corona e vernici con elevate caratteristiche di durezza superficiale e scorrevolezza.

Tuttavia lo sviluppo più interessante si è avuto, ai fini alimentari, nel settore delle guarnizioni: il sughero, che fino agli anni '60 costituiva l'elemento base di ogni guarnizione, è stato completamente soppiantato da mastici speciali polimerici.

Partendo dal sughero si può brevemente tracciare la seguente progressione nell'evoluzione delle guarnizioni interne per tappi corona:

- 1) sughero naturale;
- 2) sughero conglomerato;
- 3) sughero conglomerato + protezione in stagno (Spot);
- 4) inserti plastici rigidi;
- 5) mastici a base di PVC, di polietilene, di polipropilene e PET.

L'interesse suscitato dalle guarnizioni in plastica deriva dal fatto che molte bevande, in particolare le acque minerali e le bevande medio-alcoliche, sono molto sensibili ai mutamenti delle caratteristiche delle chiusure e alle loro cessioni. Il sughero, in particolari condizioni e per effetto dell'invecchiamento, subisce delle alterazioni che possono inficiare direttamente le caratteristiche chimico-fisiche ed organolettiche di questi liquidi.

Le guarnizioni in mastice possono essere ottenute con il sistema della profilatura per centrifugazione o per punzonatura.

I mastici a base di polietilene, ad inerzia chimica molto più elevata di quelli a base di PVC e quindi più adatti per liquidi particolarmente delicati, vengono applicati sulla conchiglia in polvere, dopo di che le medesime vengono riscaldate a mezzo di raggi infrarossi e passano alla stazione di stampaggio della guarnizione.

I riscaldatori a raggi infrarossi (possono però essere usate anche altre fonti di calore) operano entro una specifica banda di emissione che porta il mastice in pochi secondi alla temperatura di 125°C.

Il controllo della temperatura raggiunta non è, a differenza dei mastici liquidi in PVC, critico, in quanto non si debbono avere, durante il passaggio nel riscaldatore, mutamenti chimici nella massa della guarnizione, ma solo un sollevamento del mastice rigido per facilitare lo stampaggio.

Lo stampaggio finale avviene mediante un punzone raffreddato ad acqua e profilato nella forma desiderata.

La boga delle bottiglie prevista per la tappatura corona è anch'essa standardizzata: in fig. 8.32 sono riportate le principali caratteristiche dimensionali della boga di tipo rinforzato.

8.2.5. Il tappo metallico a vite (screw - on cap)

Questo tipo di chiusura, detto anche capsula metallica a vite, ha avuto notevole diffusione particolarmente per le bottiglie multidose, il cui contenuto viene consumato in più riprese.

Il motivo è abbastanza ovvio: questo tipo di tappo conserva intatte le sue caratteristiche di tenuta, in teoria indefinitamente, dopo la prima apertura della

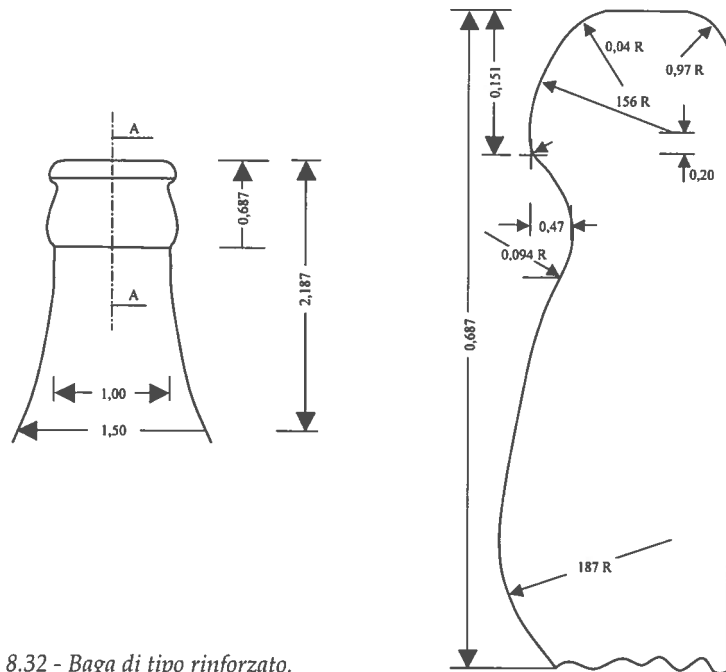


Fig. 8.32 - Baga di tipo rinforzato.

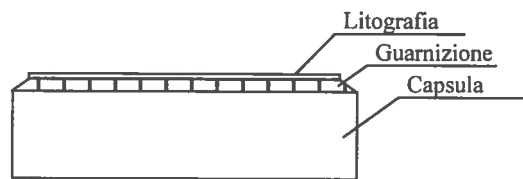


Fig. 8.33 - Tappo metallico a vite.

bottiglia e questo consente, senza accorgimenti supplementari, di assicurare al liquido residuo in bottiglia gran parte delle iniziali caratteristiche chimico-fisiche ed organolettiche.

Esso (fig. 8.33) è costituito da una capsula metallica, normalmente in alluminio, ottenuta per imbutitura e provvista superiormente di guarnizione del tipo già descritto per i tappi corona.

Inferiormente una parte del corpo cilindrico è distinta dalla precedente da una frattura preferenziale secondo una direttrice. Questa fascia garantisce l'ermeticità della chiusura (viene infatti indicata anche come fascia di garanzia); la corrispondente frattura è il punto di apertura della chiusura che avviene per torsione.

L'ancoraggio alla bottiglia avviene per mezzo di un'elica a vite, prestampata sulla baga della bottiglia, sulla quale viene ricavata per ricalco la filettatura della capsula. Nei tappi di più recente fabbricazione la fascia di garanzia è applicata ad un inserto di plastica che "fa corpo" con la capsula metallica.

8.2.6. Le capsule di plastica

Vengono stampate, già filettate, per iniezione o compressione e quando necessario vengono completate con una guarnizione (liner)⁵ dello stesso materiale o materiale plastico con caratteristiche specifiche compatibili con il liquido imbottigliato. Sono adatte sia come chiusura di contenitori a pressione atmosferica (per liquidi piatti) sia come chiusure di contenitori in sovrappressione. Il materiale usualmente impiegato per tali capsule è il polietilene ad alta densità (HDPE).

Le tipologie più correnti sono le seguenti:

Capsule sigillo a vite. Diametro Ø 28 per acque minerali e bevande. Sono applicabili su bottiglie di PET (standard BPF/PCO - 28) e di vetro (standard ACA 1/2/3). Questo tipo di chiusura si caratterizza per la grande capacità di ritenzione della carbonatazione, che ne rende l'applicazione particolarmente raccomandabile per l'imbottigliamento di acque e bevande ad alto tenore di CO₂ (fig. 8.34). Tale caratteristica è dovuta al doppio sistema di tenuta garantito dalla guarnizione sia in testa che di fianco al collo bottiglia. Di facile applicabilità su qualsiasi impianto, può essere fornita in versione "per bottiglia riciclabile" (con fascetta di sicurezza che rimane attaccata alla capsula) e non (con fascetta di sicurezza che rimane sulla bottiglia).

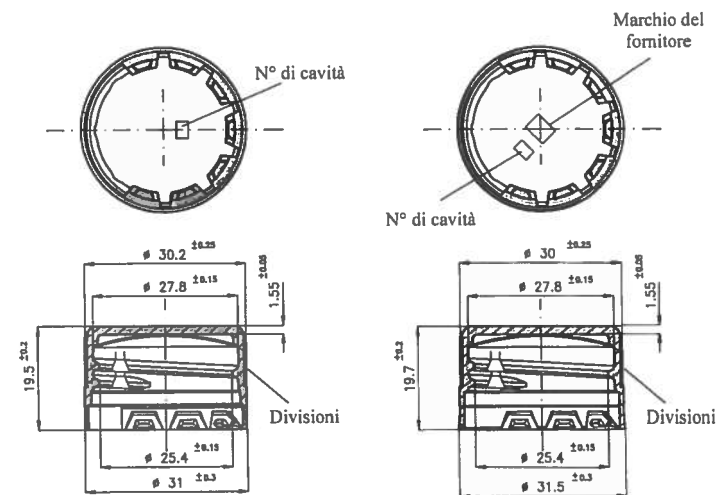


Fig. 8.34 - Capsule sigillo a vite per acque minerali, bevande e alimenti liquidi.

1. **Capsule sigillo a vite diam. 28 per preforme di PET alleggerite.** Sono capsule di più recente concezione appositamente progettate per l'imbottigliamento di acque minerali non gasate in bottiglie di PET con l'imboccatura di tipo alleggerito. Questo tipo di chiusura si caratterizza per la particolare praticità d'uso

⁵ Il più classico materiale liner è stato il sughero. Attualmente sono impiegate resine sintetiche quali gomme, poliolefine (PE e EVA), hot-melt (polimeri termofusibili), plastisol (combinazioni di PVC con plastificanti e agenti rigonfianti).

e per l'economia, consentita appunto dalla possibilità di tappare bottiglie in PET con peso sensibilmente ridotto rispetto al tradizionale standard BPF. Offre inoltre il beneficio di una sensibile riduzione del valore della coppia necessaria alla sua riapertura.

2. *Capsule sigillo a vite diam. 32 per acque minerali e liquidi piatti.* L'imboccatura \varnothing 32 permette un facile e regolare deflusso del liquido dalla bottiglia. Queste capsule consentono una perfetta apertura con la rottura netta dei ponticelli del sigillo di garanzia (capsula che ha superato le prove più sofisticate di inviolabilità) e assicurano una perfetta tenuta anche se incidentalmente dovesse diminuire la tensione di chiusura.
3. *Capsule sigillo per bottiglie di acque minerali.* La capsula risulta di facile apertura grazie ad un peduncolo di presa che viene afferrato con due dita.

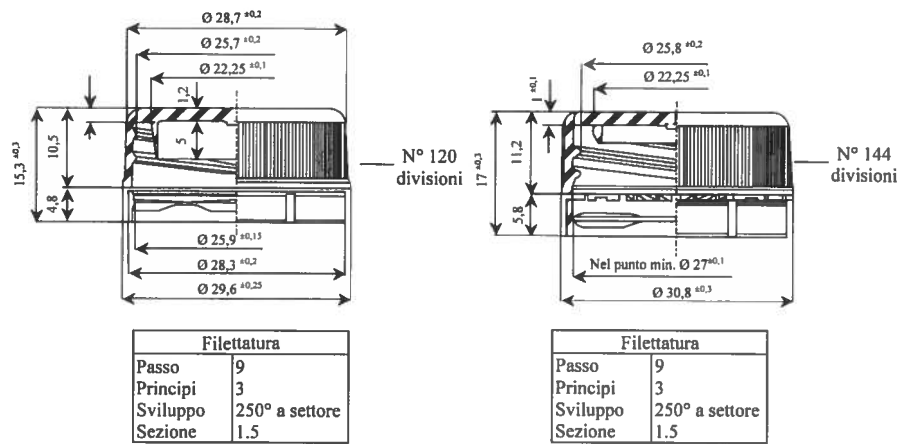


Fig. 8.35 - Capsule sigillo a vite diam. 28 per preforme di PET alleggerite.

8.2.7. Capsule in materiale metallico

Capsule per contenitori sotto vuoto (coperchi). Sono capsule metalliche preribordate, ottenute da lamierino trattato e ricoperto con vernici termoresistenti. Si distinguono in:

- capsula "Pry-off" che si apre con una leva (fig. 8.38a);
- capsula "Twist-off" che si apre con un quarto di giro (fig. 8.38 b);
- capsula "Press & Twist" che si apre con un'azione combinata di pressione e rotazione (fig. 8.38 c).

Questi coperchi sono adatti per contenitori a bocca larga (> 48 mm) per il riempimento a caldo e per il riempimento sotto vuoto.

Foil-cap. La foil-cap è una capsula preformata normalmente da un mandrino in linea con la macchina di sigillatura, che viene posta tra la riempitrice e la tappatrice. La foil-cap è costituita da sottili strati di polietilene-alluminio con un particolare tipo di lacca, che consente la saldatura sulla bocca della bottiglia. La

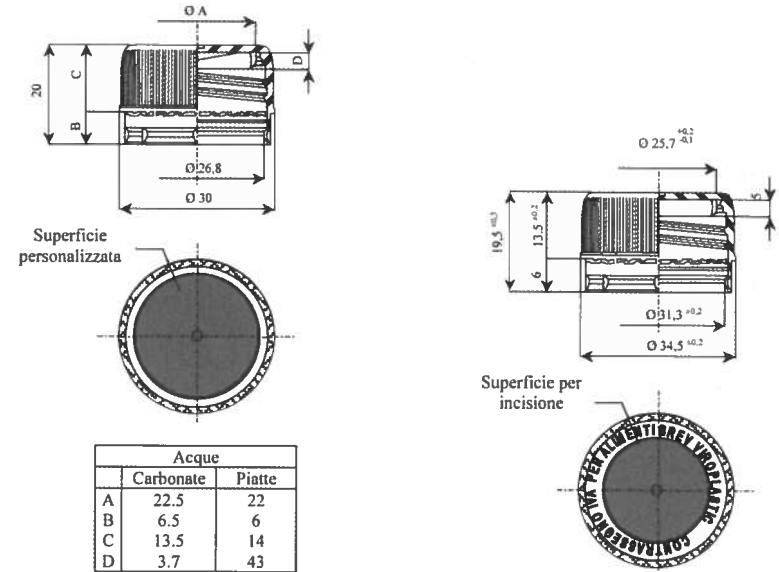


Fig. 8.36 - Capsule sigillo per liquidi alimentari e acque minerali carbonate e piatte.

Fig. 8.37 - Capsule sigillo a vite diam. 32 per liquidi alimentari e acque minerali piatte.

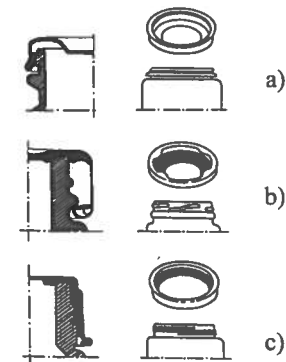


Fig. 8.38 - Capsule a) Pry-off, b) Twist off, c) Press and Twist.

foil-cap si rivela particolarmente utile nel confezionamento asettico di bevande e alimenti amatrice liquida non gassata, perché è facilmente e sicuramente sterilizzabile ed una volta apposta sul contenitore lo salvaguarda da ogni possibile intrusione di aria o altre polluzioni. Per l'apposizione della foil-cap vengono utilizzate particolari teste di sigillatura, in grado di operare in condizioni asettiche. Queste teste (fig. 8.39) sono montate su una struttura a carosello posizionata sull'anello rotante di una ralla di grande diametro, che ha la flangia fissa ancorata su una struttura di acciaio sostenuta da colonne perimetrali fisse. I contenitori sono sostenuti su tre o quattro punti da mensole fresate (radialmente disposte

con passo adeguato) e da una guida esterna in acciaio inossidabile. La condizione in cui si presentano i contenitori e/o le bottiglie alla sigillatura è del tutto simile a quella che si riscontra nelle macchine per imbottigliamento e capsulatura. La saldatura avviene a seguito del riscaldamento foil-cap/bocca bottiglia e per avere esito positivo richiede il rispetto accurato di tre parametri fondamentali:

- carico di lavoro sulla testa,
- temperatura,
- tempo di permanenza.

Una testa in acciaio inossidabile è mantenuta ad una temperatura costante per mezzo di un piccolo forno riscaldato tramite una resistenza elettrica a spirale. La temperatura costante è assicurata da un sistema elettronico controllato da una sonda termica (termocoppia tipo "k"). La testa ha un movimento rettilineo di discesa/salita conferito da un cilindro pneumatico. Le velocità di discesa/salita sono controllate da regolatori di portata posti sul ritorno aria delle camere del cilindro. Dalla camera interna della testa riscaldata i cavi di potenza e di misura della temperatura arrivano alle connessioni attraverso un tubo in acciaio inossidabile. Altre teste hanno la connessione sulla guaina in materiale plastico: in questo caso la camera interna della testa risulta in comunicazione con l'ambiente esterno.

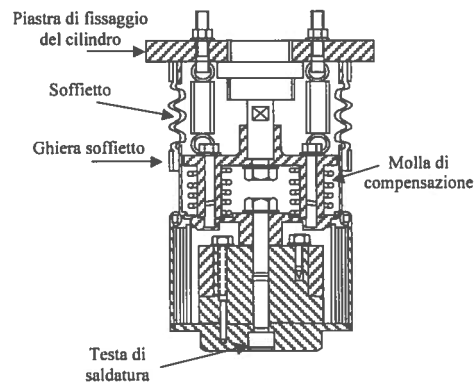


Fig. 8.39 - Testa di sigillatura per foil-cap.

Come mostra la **fig. 8.39**, la parte superiore della testa è collegata all'ambiente esterno, mentre la parte inferiore è direttamente immersa nell'ambiente asettico della macchina di riempimento. La camera interna della testa riscaldante è affrancata dall'ingresso dell'umidità contenuta nell'aria da una valvola (venting valve) che impedisce l'ingresso di acqua dall'aria ambiente. Tre perni di guida collegati al cilindro pneumatico consentono, attraverso tre molle a compressione, di limitare il carico di lavoro e consentono altresì, tramite uno stroke limit tube, una regolazione della corsa di discesa del cilindro. Un distanziale collega lo stelo filettato del cilindro pneumatico allo stelo filettato uscente dalla testa riscaldante. Una guarnizione di tipo toroidale protegge la camera interna della testa dall'ambiente asettico. Lo scorrimento del cilindro è protetto da un soffi-

to in silicone semitrasparente. I soffiotti sono bloccati alla sezione dinamica della testa e alla flangia di supporto statica con due fascette metalliche (hose clamp) di materiale inossidabile.

8.2.8. Le tappatrici a corona

Tralasciando le tappatrici manuali o semiautomatiche utilizzate solo in laboratori per piccole produzioni pilota, per altro di nessun interesse industriale, approfondiamo i principi di funzionamento e costruttivi delle tappatrici automatiche ad elevatissima potenzialità.

Con riferimento al disegno in sezione di **fig. 8.40**, le tappatrici a corona constano dei seguenti aggregati:

- 1) attrezzatura di banco con colonna di tappatura;
- 2) tamburo con cilindri tappanti;
- 3) tramoggia tappi;
- 4) discenderia tappi;
- 5) piatto di appoggio delle bottiglie;
- 6) cinematismi e azionamenti.

I tappi, caricati nella tramoggia con appositi elevatori, per mezzo di un disco rotante vengono disposti in posizione verticale in gole obbligate, attraverso le quali passano in discenderia. Questa termina in corrispondenza della sede

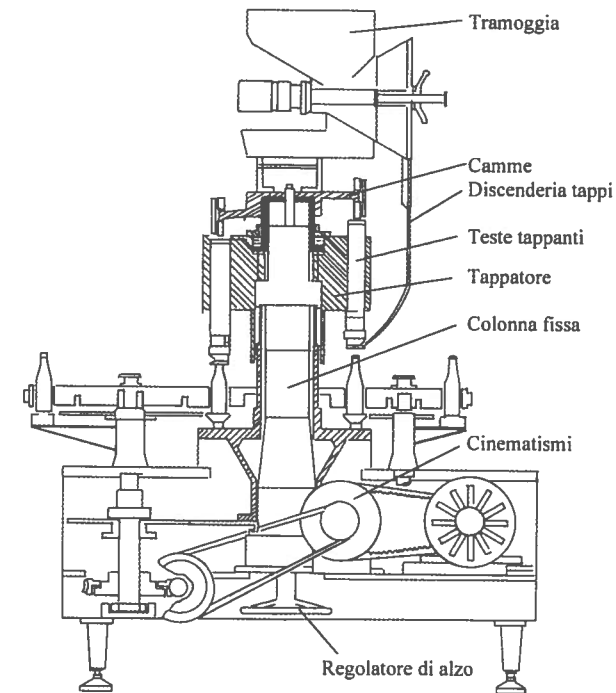


Fig. 8.40 - Schema di una tappatrice a corona.

delle teste dei cilindri tappatrici, che sono dotate di magneti permanenti che trattengono il tappo nella posizione di tappatura.

Le bottiglie, introdotte dalla stella di ingresso, si dispongono, mediante una stella concentrica con il piatto e sincronizzata con la precedente, in corrispondenza dei cilindri tappanti, il cui asse viene a coincidere perfettamente con l'asse delle bottiglie. La rotazione del piatto di appoggio delle bottiglie è solidale con quella del tamburo portacilindri, i quali, rispetto a questo, sono dotati di un moto alternativo (fig. 8.41) conferito da una camma di appropriato profilo.

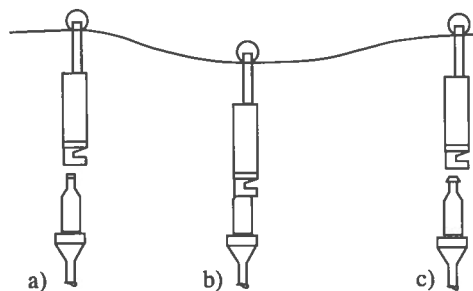


Fig. 8.41 - Tamburi portacilindri.

La posizione relativa della bottiglia e del cilindro nella sequenza della tappatura è tale che la discesa avviene con molta dolcezza, con pendenza lentamente variabile fino a zero, in corrispondenza del contatto baga-tappo. Si riduce così l'impatto meccanico tra la testa tappante e la baga della bottiglia.

Nel punto più basso (posizione b) avviene la tappatura, dopo la quale il cilindro sia alza con un rapido richiamo (pendenza piuttosto accentuata della curva, in salita).

A questo punto la bottiglia viene prelevata dalla stella d'uscita, che è sincronizzata con il moto del piatto, e viene posta sul nastro trasportatore d'uscita.

Esaminiamo gli organi di comando e i cinematismi.

La stella di ingresso e la stella di uscita sono dello stesso tipo di quelle già esaminate per le riempitrici. Hanno le stesse caratteristiche meccaniche e sono eseguite con gli stessi sistemi di montaggio e fissaggio.

Lo stesso dicasi per le guide e le slitte, ossia l'attrezzatura di banco (fig. 8.42).

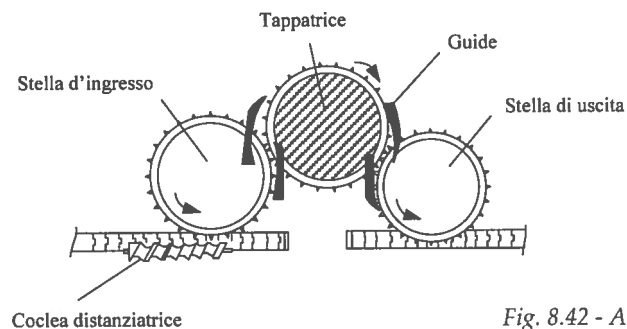


Fig. 8.42 - Attrezzatura di banco.

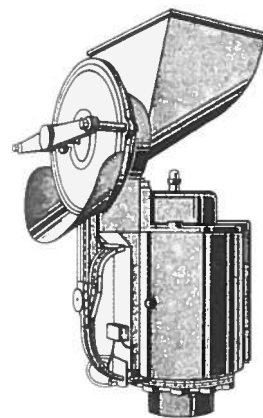


Fig. 8.43 - Tappatrice a corona con tramoggia.

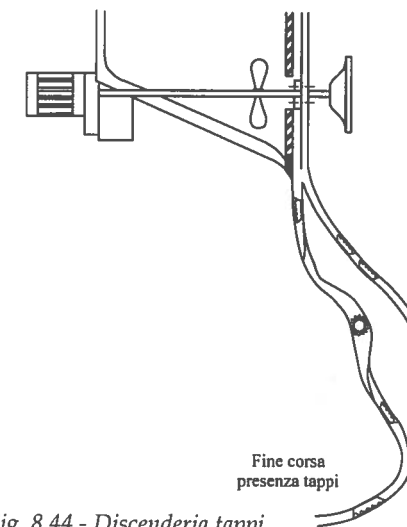


Fig. 8.44 - Discenderia tappi.

La tramoggia (fig. 8.43) è un contenitore a fondo inclinato, rivestito internamente di lamiera di acciaio inossidabile o di altro materiale inalterabile, munito lateralmente di una chiusura girevole che conferisce un moto rotativo ai tappi. Essi così si dispongono di taglio e sono forzati nella luce di ingresso della slitta o, quando questa è piena, rimescolati alla massa.

Allo scopo, il piatto ruota mantenendosi ad una distanza pari all'incirca all'altezza del tappo, da una parete a spirale che forma una gola in corrispondenza della apertura della luce di ingresso della discenderia.

Per macchine particolarmente veloci è indifferente la posizione con cui si presenta il tappo in quanto, appena dopo il foro, sono due le discenderie che si dipartono: ciascuna è provvista dell'invito adatto ad un senso o all'altro dei tappi.

I tappi "rovesciati" subiscono una rotazione in una guida a spirale e convengono nella discenderia principale all'altezza del segmento finale (fig. 8.44).

Sulla discenderia, in prossimità della seconda curvatura, impatta un soffio continuo di CO₂ o aria sterile oil free utilizzata per eliminare dai tappi residui la "polverina" di vernice prodottasi in tramoggia per effetto delle vibrazioni e degli urti reciproci tra i tappi.

Dato che gli incastri dei tappi nella discenderia non sono infrequenti, in corrispondenza della scanalatura del segmento finale della discenderia è previsto un finecorsa che, in mancanza di tappi, arresta la macchina e, mediante un temporizzatore (fig. 8.45), la riempitrice.

Il tempo sul quale è programmato il temporizzatore dipende dalla distanza esistente tra la riempitrice e la tappatrice, ossia dal numero di bottiglie in "accumulo" tra le due macchine.

Il tamburo rotante rappresenta il blocco di tappatura vero e proprio: esso è normalmente ricavato per fusione.

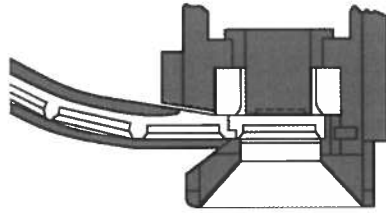


Fig. 8.45 - Segmento finale della discenderia tappi.

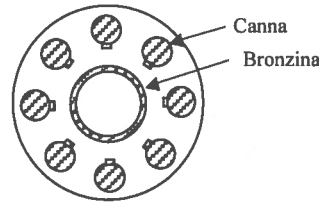


Fig. 8.46 - Sezione del tamburo rotante di tappatura.

Le canne per l'alloggiamento dei cilindri tappanti sono internamente rettificate; il foro di guida è provvisto di una bronzina lubrificata o altro sistema per ridurre l'attrito intorno alla colonna fissa di rotazione. La rotazione al tamburo viene trasmessa dalla colonna di tappatura cui è fissato anche il piatto di appoggio delle bottiglie. L'altezza del tamburo rispetto al piatto è detto "alzo di tappatura"; essa può facilmente essere variata, variando l'altezza dell'ultimo tratto della colonna mobile, talché la tappatura può essere adeguata a bottiglie di varia altezza.

I cilindri tappanti funzionano secondo il principio schematizzato in fig. 8.47.

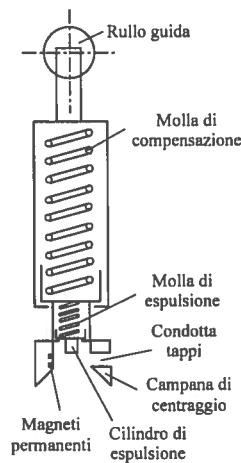


Fig. 8.47 - Schema di funzionamento del cilindro tappante.

Allorché la bottiglia è in corrispondenza del cilindro, questo è spinto verso il basso; una parte dello sforzo è assorbito prima dalla molla di espulsione che si comprime e successivamente dalla molla di compensazione che si contrae fino a che lo sforzo complessivo assorbito dalle due molle non eguaglia quello necessario alla deformazione della corona del tappo (circa 300 kg).

Superato questo limite, il tappo si deforma chiudendosi intorno alla boga e il cilindro si sposta in basso.

Venendo meno a questo punto la forza applicata, si espande per prima la

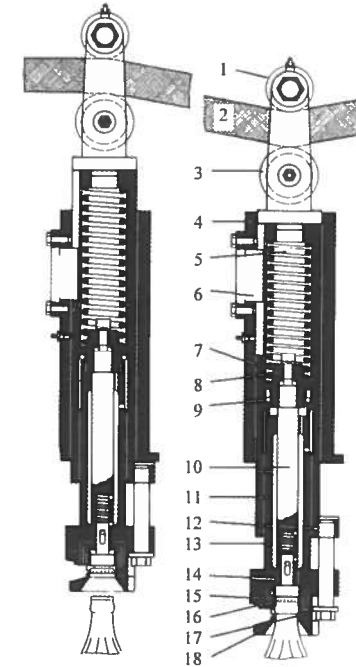


Fig. 8.48 - Schema di funzionamento del cilindro tappante:

- 1) Rullo di guida - 2) Camme - 3) Rullo di pressione - 4) Testa di fissaggio - 5) Molla - 6) Apertura - 7) Anello guida - 8) Anello di bloccaggio - 9) Anello di fermo - 10) Asta di compensazione - 11) Alloggiamento testa - 12) Asta di regolazione - 13) Molla di espulsione - 14) Cilindro di espulsione - 15) Supporto elastico testina - 16) Testina - 17) Magneti - 18) Campanella di centraggio.

molla di compensazione, indi la molla di espulsione che, per mezzo dell'apposito cilindro, spinge la bottiglia fuori dal condotto di sagomatura e il cilindro ritorna nella posizione originaria. In pratica (fig. 8.48) lo sforzo di tappatura è fornito dalla camma 2 attraverso il rullo di pressione 1.

La stessa figura mostra come in pratica è fatto un cilindro di tappatura.

È da precisare che le due molle normalmente sono lubrificate, mentre le superfici dei due rulli sono trattate in modo da resistere all'usura dovuta all'azione combinata dell'urto e del notevole attrito sviluppato in fase di chiusura del tappo.

Il piano di appoggio bottiglie può essere a disco unico o a piattelli (fig. 8.49). In ambo i casi la superficie di appoggio delle bottiglie è ben definita e individuata da dischi in gomma sostituibili facilmente.

La gomma è trattata in modo da presentare una buona resistenza superficiale all'usura per strisciamento ed una elasticità tale da assorbire in parte lo sforzo di tappatura. Si evita così che l'impulso iniziale provochi la rottura di un numero elevato di bottiglie. I due sistemi dal punto di vista funzionale si equivalgono e la scelta dell'uno o dell'altro è determinata principalmente dall'altezza del piano del banco; dal punto di vista della manutenzione, il secondo si dimostra più comodo e funzionale perché in caso di usure anomale è molto facile la sostituzione dei piattelli con i relativi supporti.

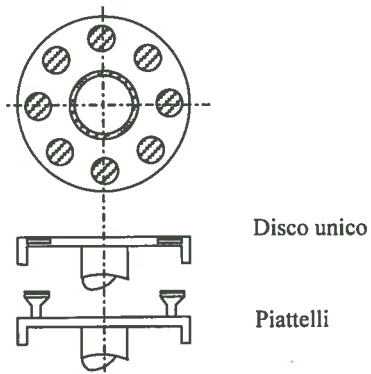


Fig. 8.49 - Piano di appoggio bottiglie.

Circa l'azionamento, si osserva che raramente le tappatrici hanno un motore indipendente; normalmente, essendo esse molto vicine alle riempitrici, per consentire che le bottiglie piene restino aperte il più breve tempo possibile, il moto viene trasmesso dalla riempitrice attraverso un albero cardanico che garantisce tra le due macchine un perfetto sincronismo.

Il sincronismo tra blocco tappante, co-clea, stella di entrata e stella di uscita è assicurato, come nel caso delle riempitrici, da una trasmissione con ruote dentate o altri cinematismi rigidi.

Nel caso la tappatrice abbia motore indipendente, questo è opportuno che sia sincronizzato elettricamente con quello della riempitrice e che sia dotato di freno proprio con frizione, perché la macchina ha una notevole inerzia, e quindi devono essere salvaguardati gli altri organi ruotanti della macchina in caso di incastri (per la verità non infrequenti) dovuti a frammenti di vetro. La potenza installata su queste macchine è dell'ordine di 0,2 KW per testa tappante, mentre la resa oraria in funzione del numero dei cilindri tappanti

Le tappatrici a vite per capsule metalliche

Sono simili alle tappatrici corona per quanto attiene a struttura, cinematismi e attrezzatura di banco, ma se ne differenziano nel sistema di deposizione della chiusura sulla bottiglia e naturalmente nell'organo di chiusura che, in questo caso, è il cilindro avvitatore.

Per quanto attiene l'azionamento, i capsulatori di recente produzione utilizzano il principio della frizione ad isteresi per la trasmissione della forza: questa tecnica permette di trasmettere una coppia regolare a tutti i regimi di resa della macchina e presenta inoltre il vantaggio di fornire una forza di chiusura altrettanto costante.

Per le basse cadenze la discenderia delle capsule non finisce in corrispondenza della gola della testa del cilindro, ma in prossimità di questa e ad una distanza tale da consentire alla stessa bottiglia di richiamare la chiusura (fig. 8.50a) e di portarla sotto il cilindro avvitatore.

Per le alte cadenze viene impiegato il sistema pick-in-place fig. 8.50b consistente in una stella rotante distributrice di capsule poste alla fine della discenderia dalla quale la capsula passa sulla baga a vite della bottiglia per essere poi avvitata dal cilindro capsulatore.

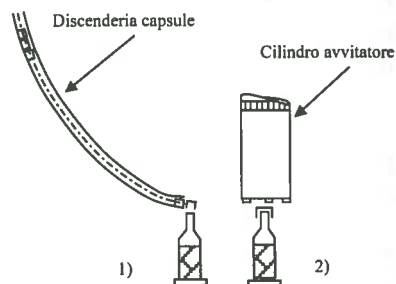


Fig. 8.50a - Tappatrice a vite per capsule metalliche.



Fig. 8.50b - Tappatore pick & place.

per pressione intorno alla capsula ricalcano la filettatura della baga della bottiglia (fig. 8.52).

I rullini fissi fermano la capsula in corrispondenza di ogni filetto per evitare appunto la deformazione della filettatura.

Questo (fig. 8.51) è guidato per mezzo di un rullo su una camma il cui profilo prevede l'innalzamento del cilindro in corrispondenza dell'ingresso e dell'uscita della bottiglia dal piatto e l'abbassamento durante la fase di tappatura.

Con la parte superiore del cilindro è solidale, ma parte superiore del cilindro è solidale, ma dotata anche di un ingranaggio fisso (ingranaggio di rotazione), il corpo di avvitamento che termina con la testa tappante.

Allorché la bottiglia è sotto il cilindro e questo si abbassa, viene fermata sul piattello dall'asta di blocco, al centro della testina, (part. A) fra tre coppie di rullini di filettatura (part. B, C della fig. 8.51).

Ruotando il corpo di avvitamento, per mezzo di camme di stiratura, i rullini per pressione intorno alla capsula ricalcano la filettatura della baga della bottiglia (fig. 8.52).

I rullini fissi fermano la capsula in corrispondenza di ogni filetto per evitare appunto la deformazione della filettatura.

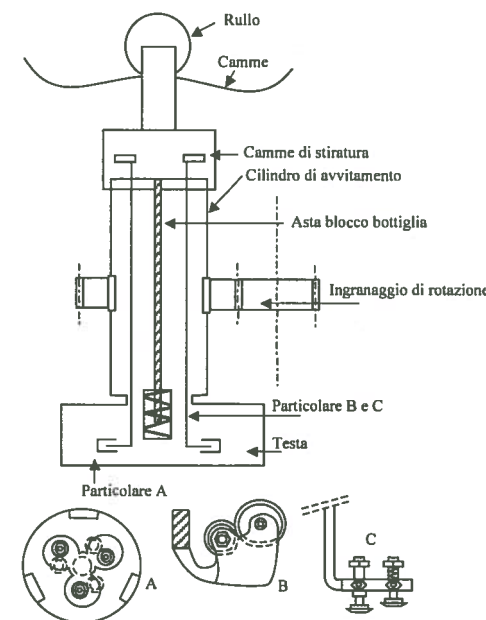


Fig. 8.51 - Schema di funzionamento di una tappatrice a vite per capsule metalliche.

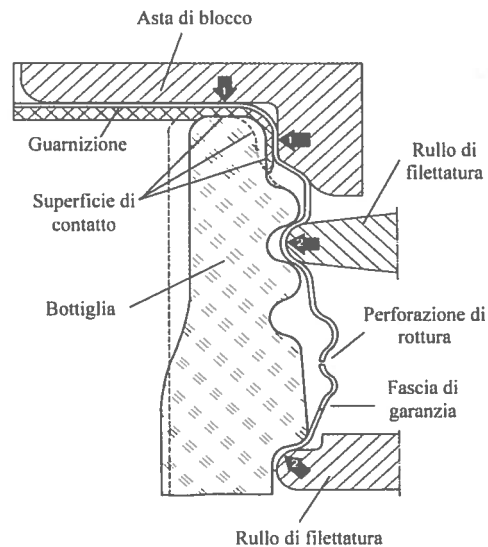


Fig. 8.52 - Formazione del filetto.

Le capsulatrici per capsule polimeriche

Generalmente le capsule polimeriche sono ottenute per stampaggio e quindi sono prefilettate. La testa capsulante in questo caso è una testa di avviamento che si presenta come in **fig. 8.53**. Le sue parti essenziali sono il corpo porta teste, la molla di compensazione (D) e la ghiera di regolazione dei magneti. La testa è dotata di moto rotatorio trasmesso da cinematismi dentati solidali con l'albero centrale della torretta e trasmette la rotazione al tappo attraverso un giunto magnetico tarato ad una determinata coppia di torsione. La sostituzione della molla di compensazione (D) consente di variare il carico verticale sulla capsula (da 39 a 314 N), mentre la coppia di torsione viene fissata allineando il valore della coppia di serraggio desiderato indicato sulla ghiera dentata (N) e l'incisione K_3 presente sulla ghiera di regolazione magnetica (Q) (**fig. 8.54**).

Ai fini manutentivi è consigliabile pulire la testa con panni adatti (non usare acqua o liquidi) e pulire il cono da eventuali trucioli di capsule con un aspiratore almeno ogni otto ore. Semestralmente è consigliabile smontare la testa completamente, verificare l'usura delle parti ed eventualmente sostituirle (è consigliabile tenere di scorta alcune molle).

Essendo i magneti soggetti ad usura, nell'arco di vita di una testa essi devono essere sostituiti una o più volte. Prima che venga effettuata questa operazione bisogna verificare, mediante l'ausilio di un tensiometro, che il momento torcente corrisponda (con tolleranza ± 1 lbs/in) al valore di torsione statica imposta sulla ghiera della testa. Qualora la tolleranza risultasse superiore a quella sopra indicata, bisogna procedere alla sostituzione degli anelli magnetici.

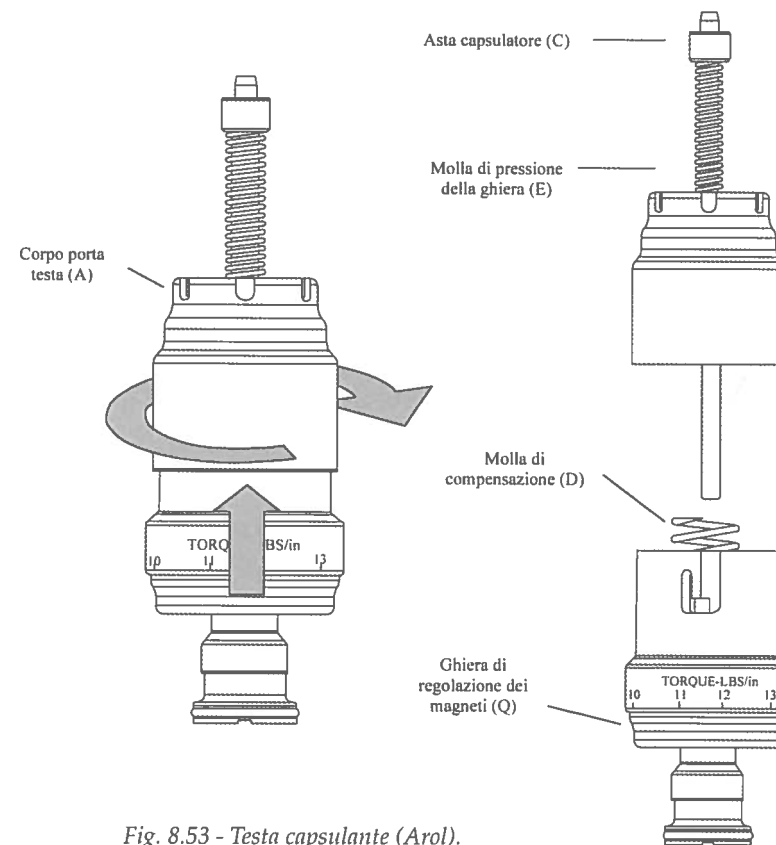


Fig. 8.53 - Testa capsulante (Arol).

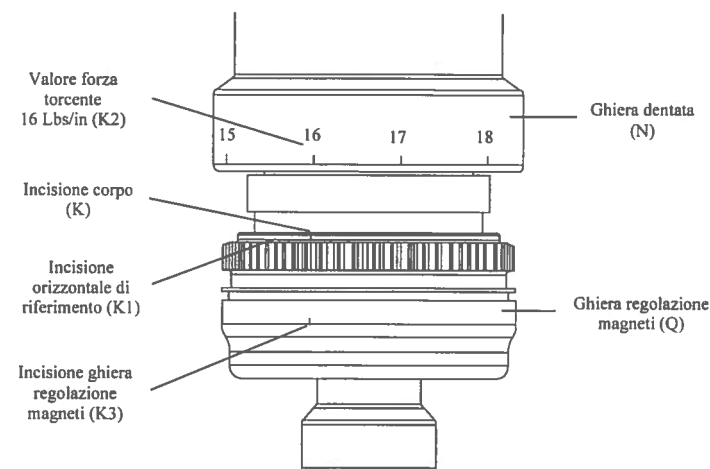


Fig. 8.54 - Regolazione della coppia di torsione (Arol).

8.2.9. Gli alimentatori dei tappi

Per l'elevata potenzialità di questi gruppi (oltre 80.000 b/h) è conveniente che le tramogge siano alimentate automaticamente, attesa la loro ridotta capacità di contenimento (8.000-10.000 tappi).

Per i tappi corona vengono usati gli alimentatori magnetici di cui si riporta uno schema in fig. 8.55.

I tappi sono immagazzinati in un contenitore a tramoggia di grande capacità (80.000-100.000 tappi), internamente rivestito in acciaio inox.

Esso è ancorato alla struttura portante elasticamente in modo da poter vibrare liberamente sollecitato da un vibratore.

I tappi, per effetto di tali vibrazioni, fuoriescono da un foro tarato e finiscono su un trasportatore magnetico verticale che si eleva alla quota desiderata e li depone su un altro segmento di trasportatore, e così via fino alla tramoggia.

Il trasporto dei tappi dalla tramoggia di stoccaggio a quella del tappatore può avvenire anche su letto fluido.

Il controllo del flusso dei tappi avviene per mezzo di un finecorsa a pendolo che arresta il vibratore e i trasportatori magnetici allorché la tramoggia è piena.

È molto importante per l'affidabilità del sistema che l'allungamento dei nastri, anche dopo un lungo periodo di funzionamento, sia molto contenuto; in ogni caso tutti i segmenti di trasportatori devono essere dotati di un sistema di tensione regolabile.

Per i tappi a vite di alluminio, il trasporto magnetico, naturalmente inadatto, è sostituito da un sistema pneumatico.

Per le capsule vengono impiegate elevatori meccanici o elevatori pneumatici. Questi ultimi sono di più semplice funzionamento, ma più critici sotto l'aspetto igienico.

L'elevatore meccanico delle capsule con i relativi gruppi è riportato in fig. 8.56; l'elevatore pneumatico capsule in fig. 8.57.

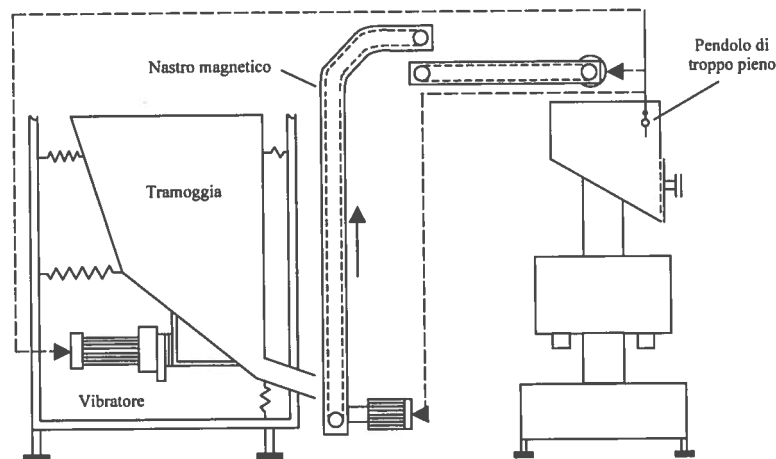


Fig. 8.55 - Alimentatore tappi.

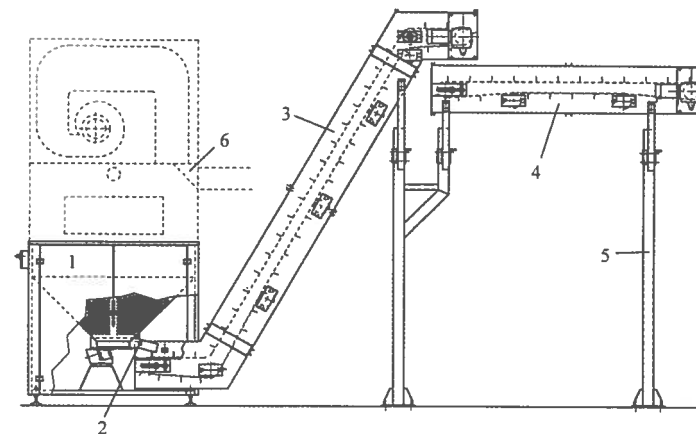


Fig. 8.56 - Elevatori meccanici. 1) struttura, 2) trasportatore, 3) vibratore, 4) supporti, 5) trasportatore elevatore, 6) pressurizzazione.

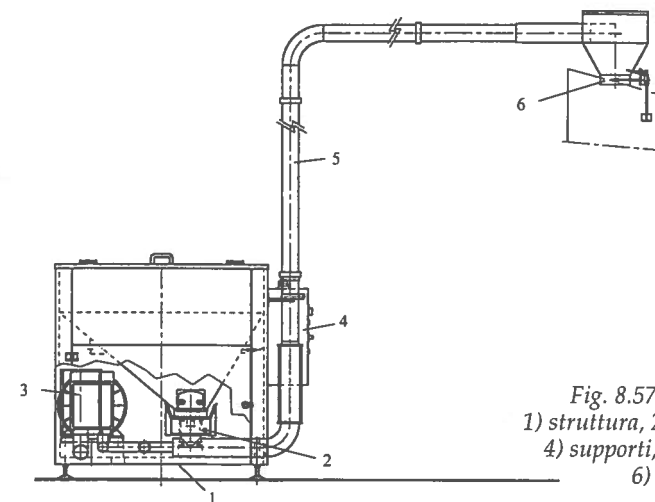


Fig. 8.57 - Elevatori pneumatici. 1) struttura, 2) trasportatore, 3) vibratore, 4) supporti, 5) trasportatore elevatore, 6) pressurizzazione.

8.3. LE ETICHETTATRICI

Le etichettatrici sono macchine che appongono sulle confezioni un supporto di carta o di materiale sintetico (polipropilene, PET, PE, PVC e simili) recante informazioni sul prodotto o altri tipi di messaggi, spesso esplicitamente previsti dalla normativa sulle produzioni alimentari.

L'apposizione può avvenire con:

- colle e/o materiali adesivi conferiti al supporto durante l'operazione di etichettaggio;
- adesivi preapplicati al supporto;
- restringimento del supporto intorno alla confezione (termoretrazione, retrazione meccanica).

Queste tre modalità di applicazione del supporto caratterizzano tre tipologie di macchine:

- *etichettatrici a colla:*
 - a caldo,
 - a freddo,
 - miste;
- *etichettatrici per autoadesivi;*
- *etichettatrici a retrazione:*
 - termica
 - meccanica.

Sotto l'aspetto meccanico-impiantistico le macchine possono distinguersi in:

- *etichettatrici lineari*
- *etichettatrici rotative.*

Rispetto al tipo di etichette:

- *etichettatrici avvolgenti:*
 - monoetichetta
 - plurietichetta
- *etichettatrici discrete:*
 - monoetichette
 - plurietichetta.

Rispetto al tipo di colla:

- *etichettatrici per colla a freddo:*
 - organiche vegetali;
 - polimeriche;
- *etichettatrici per colla a caldo:*
 - Hot melt.

Rispetto al tipo di bottiglia/contenitore:

- *etichettatrici per bottiglia di vetro:*
 - cilindriche,
 - sagomate;
- *etichettatrici per contenitori di plastica:*
 - cilindrici,
 - sagomati.

La vasta tipologia di etichettatrici richiede studi specifici e approfondimenti che esulano dagli scopi della presente opera⁶. Esporremo i principi fondamentali sui quali si basa l'operazione di etichettatura e descriveremo le macchine fondamentali per realizzarla, prescindendo dal tipo di bottiglia/contenitore.

8.3.1. Le macchine

Gli aggregati che compongono un'etichettatrice sono indicati in **fig. 8.58**. I periferici a corredo indispensabile della macchina sono indicati in **fig. 8.59**.

⁶ Per tali approfondimenti rinviamo ad una eccellente letteratura e ad articoli tecnici prodotti da aziende costruttrici di macchine etichettatrici.

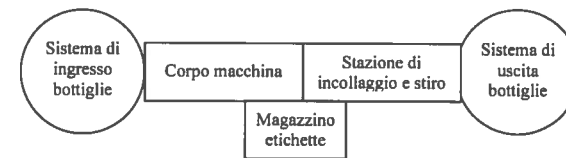


Fig. 8.58 - Aggregati di un'etichettatrice.

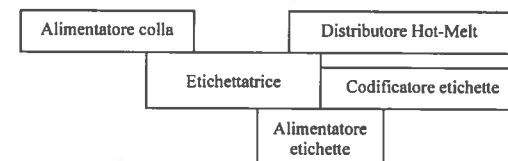


Fig. 8.59 - Sistemi periferici a corredo di un'etichettatrice.

Il sistema di ingresso del contenitore all'etichettatrice è normalmente una coclea che ha la funzione di distanziare le bottiglie nel caso di una macchina lineare, mentre nel caso di una macchina rotativa le consegna ad una stella di ingresso, che le trasferisce ai piattelli della giostra.

Il sistema di uscita è libero e lineare nel caso di una macchina lineare, mentre è costituito da una stella, dotata o meno dei ganci di presa, nelle macchine rotative.

Il sistema di ingresso, quello di uscita e i piattelli della giostra costituiscono l'attrezzatura di banco di una etichettatrice.

Il corpo macchina, formato da un basamento, da un'incastellatura e dal piano di lavoro, oltre a sostenere tutti gli aggregati e i cinematismi, normalmente viene costruito in acciaio al carbonio o in acciaio inox. Esso viene appositamente sagomato quando debba costituire un *block* con la riempitrice.

Il magazzino etichette è di tipo rettangolare aperto nel caso di etichette prefustellate e può essere dotato o meno di alimentatore etichette. Manca del tutto nel caso di etichette da bobine. Per esse è più opportuno parlare di stazione etichette, dispositivo dotato di coltello che taglia dal rotolo ogni singola etichetta per consegnarla alla stazione di incollaggio.

La stazione di apposizione colla è l'aggregato, alimentato dal distributore colla e/o dal distributore di hot-melt, che dispone il collante sull'etichetta (colle a freddo) o anche sulla bottiglia (colle a caldo).

Nella stazione di incollaggio e stiro avviene l'apposizione dell'etichetta sulla bottiglia e la sua "stiratura", necessaria, oltre che per motivi estetici, per assicurare la perfetta aderenza del supporto alla colla del contenitore o della bottiglia.

Il sistema di uscita consegna la bottiglia ai trasportatori a valle dell'etichettatrice. In genere è una stella la cui velocità periferica di rotazione non deve essere molto diversa dalla velocità del nastro di uscita, per non generare una instabilità delle bottiglie.

Normalmente, appena dopo l'apposizione dell'etichetta sul corpo del con-

tenitore e la sua "stiratura", un'apposita apparecchiatura, chiamata *codificatore* (che può essere ad inchiostro o a laser) codifica il prodotto attraverso una serie di dati (data di scadenza, di produzione, lotto di produzione, stabilimento di fabbricazione e simili), stampati sull'etichetta.

Le etichettatrici lineari

Sono macchine idonee esclusivamente per contenitori cilindrici di piccolo e grande diametro (40÷290 mm) e possono applicare etichette discrete e avvolgenti.

Concettualmente sono riconducibili allo schema di funzionamento rappresentato in *fig. 8.60*.

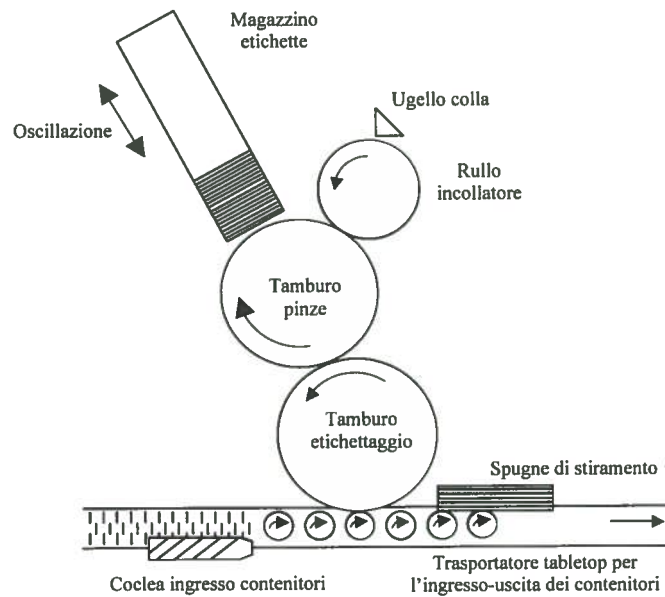


Fig. 8.60 - Schema etichettatrice lineare.

Gli aggregati specifici di queste macchine sono:

- La coclea di ingresso per distanziare le bottiglie (il passo della coclea dipende dalla lunghezza dell'etichetta).
- Il magazzino porta etichette, che può essere di tipo fisso o oscillante.
- Il tamburo di presa etichette, generalmente meccanico a pinze, ma in alcuni casi anche a depressione.
- Il tamburo di etichettaggio, che trasferisce le etichette dal tamburo pinze alle bottiglie.
- Il rullo spandicolla sulle etichette, alimentato mediante pompa pneumatica con riciclo automatico.

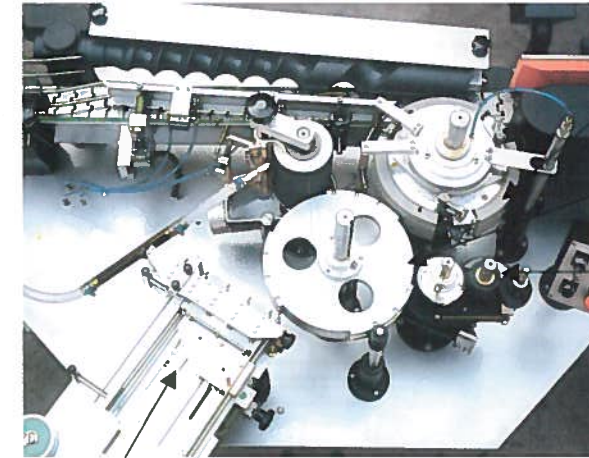


Fig. 8.61 - Etichettatrice lineare (PE).

Nelle realizzazioni di mercato, tali etichettatrici si presentano come in *fig. 8.61*, ed hanno un tamburo pinze dotato di dispositivo meccanico (nessun contenitore, nessuna etichetta)⁷.

Le etichettatrici a giostra

Queste macchine possono considerarsi una naturale evoluzione delle macchine lineari: infatti su di esse sono montati gli stessi aggregati, ma in numero multiplo e quindi sono adatte a rese produttive molto elevate.

In *fig. 8.62* è riportato uno schema semplificato di tale tipo di macchina

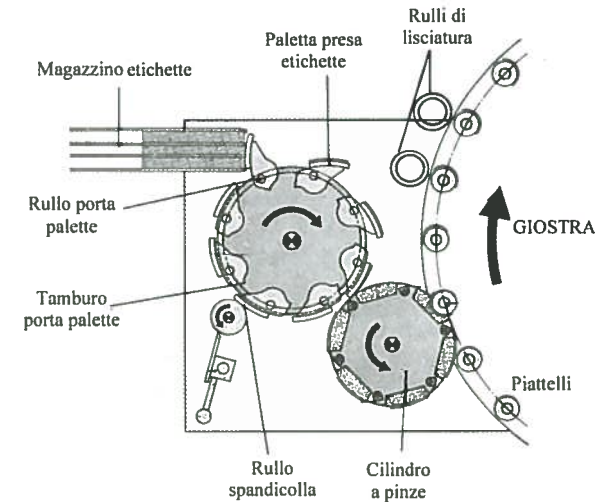


Fig. 8.62 - Schema di una etichettatrice a giostra.

⁷ Modello Splendid della PE S.r.l. Porto Mantovano (MN).

1. Fotocellula
2. Cloclea
3. Stella entrata
4. Arco di guida
5. 1ª stazione
6. Magazzino etichette
7. Tamburo palette
8. Pompa colla pneumatica
9. Rullo colla
10. Cilindro pinze
11. 2ª stazione
12. Piattello portabottiglie
13. Spazzole di lisciatura
14. 3ª stazione
15. Rulli di lisciatura
16. Stella di uscita
17. Lisciatura supplementare

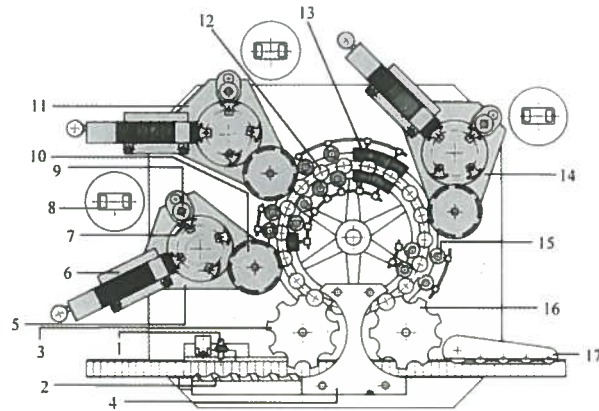
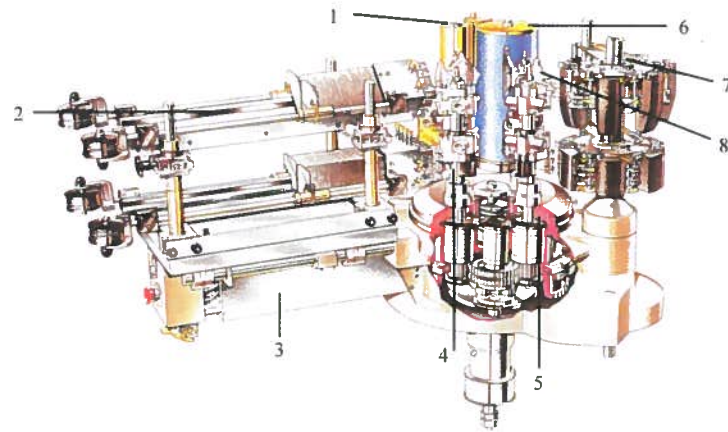


Fig. 8.63 - Pianta di una etichettatrice a giostra (OCEA).

per etichette fustellate; in fig. 8.63 è riportata la pianta di una macchina di mercato con l'indicazione dei componenti principali.

Il cuore della macchina è formato dal gruppo di etichettaggio, composto dal magazzino etichette, dal tamburo porta palette, dal cilindro a pinze e dal rullo spandicolla, rappresentati in dettaglio in fig. 8.64.

Esso deve garantire una manipolazione molto delicata delle etichette sia alle velocità di normale esercizio, sia nelle accelerazioni e decelerazioni della macchina. La lavorazione delle parti meccaniche e dei cinematismi deve essere perciò di grande precisione, dovendosi assolutamente evitare vibrazioni e moto



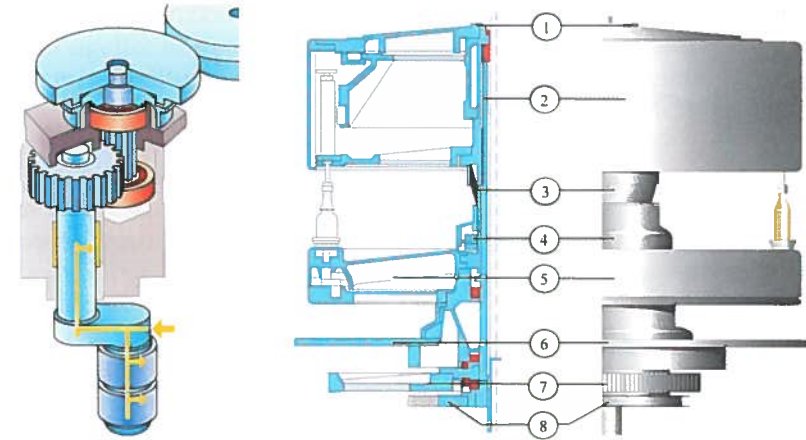
- | | |
|------------------------------------|-----------------------|
| 1. Spanditore colla | 5. Scatola ingranaggi |
| 2. Magazzino etichette | 6. Rullo colla |
| 3. Avanzamento magazzino etichette | 7. Cilindro pinze |
| 4. Lancia | 8. Pinza |

Fig. 8.64 - Gruppo di etichettaggio (KHS).

irregolare dei vari organi. In particolare gli ingranaggi di azionamento dei vari elementi del gruppo di etichettaggio devono essere protetti dall'acqua e dalle soluzioni lavanti che impattano sulla macchina a forte pressione.

Le bottiglie vengono mantenute ferme sul piattello, che viceversa si muove a settori, da apposite campanelle che incapsulano il collo della bottiglia (fig. 8.65).

Il movimento ai piattelli avviene attraverso una camma di controllo come mostrato in fig. 8.65.



- | | |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Cupola di centraggio | 5. Preformatore porta bottiglie |
| 2. Testa di presa a torsione da linea esterna | 6. Piatto |
| 3. Copertura elastica dell'alberino di rotazione piana | 7. Ruota di guida principale |
| 4. Anello di tensione elementi porta bottiglie | 8. Elemento di regolazione, manuale o meccanica, dell'altezza della cupola di centraggio |

Fig. 8.65 - Azionamento del piattello attraverso la camme (KHS).

Il magazzino etichette (fig. 8.66) può essere di tipo semplice o alternato e può avere una capacità dell'ordine di 10.000 etichette. Aumentare la capacità del magazzino è molto conveniente in quanto si dirada la necessità del caricamento da parte dell'addetto, che può così essere destinato ad altre attività; per questo sono stati sviluppati i magazzini multipli. Importante è la predisposizione del magazzino a facili cambi di formato delle etichette e alla pulizia rispetto alla polvere di carta.

Per l'applicazione delle etichette a colla vengono impiegati adesivi specifici e adatti sia al materiale di supporto sia al tipo di contenitore. Per le bottiglie in vetro le colle possono essere vegetali oppure animali.

Le destrine, derivanti da mais o da patata, sono colle ormai desuete in quanto perdono la loro capacità di adesione quando, ad esempio, sulla bottiglia si forma condensa nel passaggio da bassa temperatura a temperatura ambiente.

Le caseine presentano migliori caratteristiche e minore solubilità nell'acqua, ma ai fini dell'incollaggio delle etichette è necessario tenere presente che molte vetrerie sono solite trattare il vetro con cere oppure oli al fine di facilitare il flusso delle bottiglie sulle linee di trasporto. Nel caso in cui però le bottiglie non

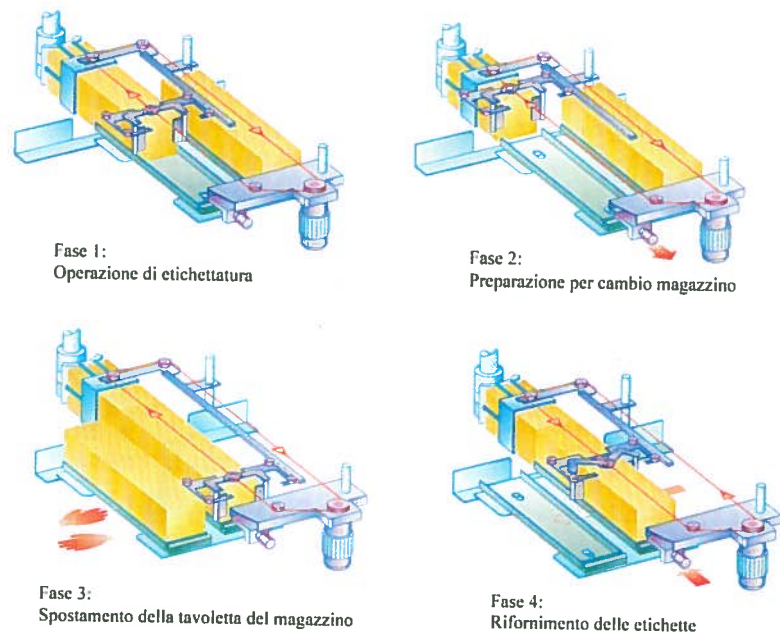


Fig. 8.66 - Le fasi di caricamento del magazzino (KHS).

vengano ben lavate e permangano sulla superficie esterna residui di cere e oli, sorgono notevoli problemi durante l'etichettatura.

Per i contenitori in plastica viene impiegata normalmente colla vinilica, in grado di garantire una perfetta adesione delle etichette al supporto. L'insolubilità in acqua di questi adesivi ne rende praticamente impossibile la rimozione nei bagni di macero delle lavatrici, talché non possono essere usati per etichettare contenitori a rendere. In questo senso analoghi problemi presentano gli hot-melt.

Quando la macchina deve applicare etichette con hot-melt, come nel caso di bottiglie di PET con etichette wrap-around o barattoli, il gruppo di etichettaggio a caldo assume la configurazione di **fig. 8.67**.

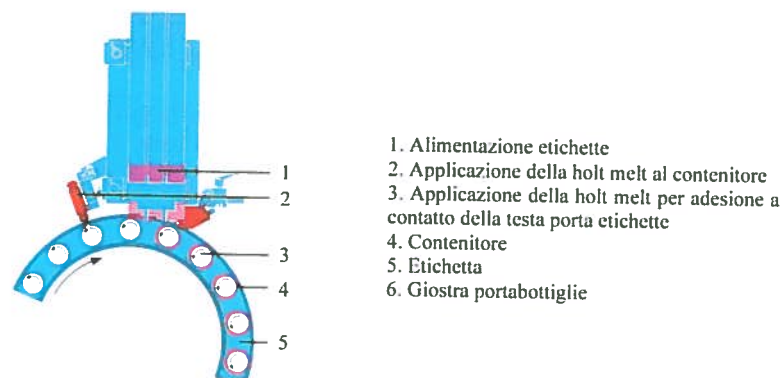


Fig. 8.67 - Configurazione del gruppo di etichettaggio a caldo (KHS).

La stazione di etichettaggio hot-melt include un contenitore di riscaldamento della colla, una pompa volumetrica, un rullo siliconico per l'applicazione della colla ed un'unità di dosaggio per regolare la quantità di colla da inviare agli ugelli spruzzatori.

L'hot-melt viene preparato, fuori macchina e in macchina, in tre stadi: in un contenitore esterno si predispone a caldo la colla, estremamente viscosa alle normali temperature, per renderla pompabile; durante il trasporto in tubi caldi si approssima alla temperatura finale di processo, che viene raggiunta nell'ugello di spruzzatura. Solo la quantità di adesivo richiesta viene spruzzata dall'ugello, in quanto l'incremento finale di temperatura, che la colla riceve proprio nell'ugello, la rende inadatta ad essere riciclata. L'etichettaggio con hot-melt è particolarmente interessante quando l'etichetta è di tipo avvolgente.

Infatti, quando si ricorre a questa tecnica, l'adesivo deve essere portato ad una temperatura di circa 140 °C e poi immediatamente spalmato e spruzzato, in quanto rapprendendosi con rapidità, perderebbe le proprietà ottimali di adesione e incollaggio. In genere la colla hot-melt non viene applicata su tutta la superficie coperta dall'etichetta, ma viene depositata in bande orizzontali sulla bottiglia, che ruotando avvolge attorno a sé l'etichetta, il cui lembo finale va a sovrapporsi a quello iniziale.

Etichettatrici con etichette da bobina

Hanno trovato una larga diffusione in quanto il costo delle etichette da bobina è sensibilmente inferiore rispetto a quelle fustellate e i costi di manipolazione delle etichette si riducono notevolmente all'esterno e all'interno dello stabilimento. È da aggiungere che le etichette da rotolo sono una necessità per i supporti in materiali sintetici.

Un rotolo può contenere fino a 30.000 etichette.

Il "registro" per il taglio delle etichette è dato da una tacca stampata che viene letta da una fotocellula che comanda il meccanismo di taglio. Il sistema è dotato di un autoregistro di controllo in caso di allungamento o elongazione del materiale.

Il taglio viene fatto da un coltello rotante situato tra il tamburo di trasferimento e i rulli di guida del nastro delle etichette.

Normalmente l'etichetta viene incollata alla bottiglia con hot-melt, talché queste macchine sono del tutto simili a quelle precedentemente descritte, con la differenza che il magazzino etichette è sostituito dal rotolo e il tamburo a pinze o a depressione è implementato dal sistema di taglio delle etichette.

È importante che l'azionamento di queste macchine sia a velocità variabile e progressiva per evitare strappi dovuti ad accelerazioni o rallentamenti improvvisi.

In **fig. 8.68** è riportato lo schema funzionale di una etichettatrice a rotolo di elevata produzione oraria; nella **fig. 8.69** sono indicate le fasi dell'etichettaggio.

Un gruppo di etichettaggio completo da bobina è rappresentato in **fig. 8.70**.

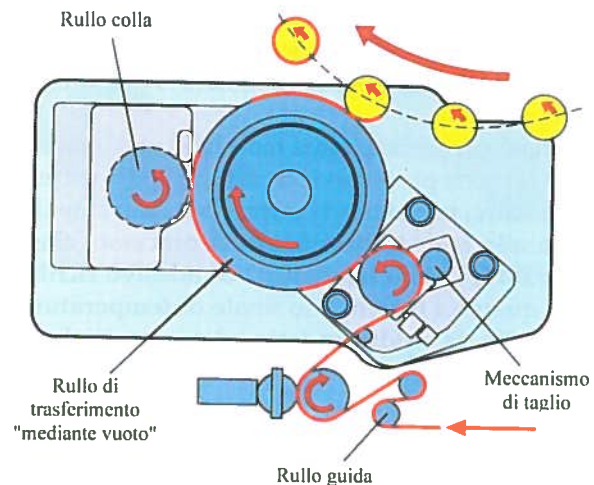


Fig. 8.68 - Schema funzionale di una etichettatrice da rotolo (KHS)

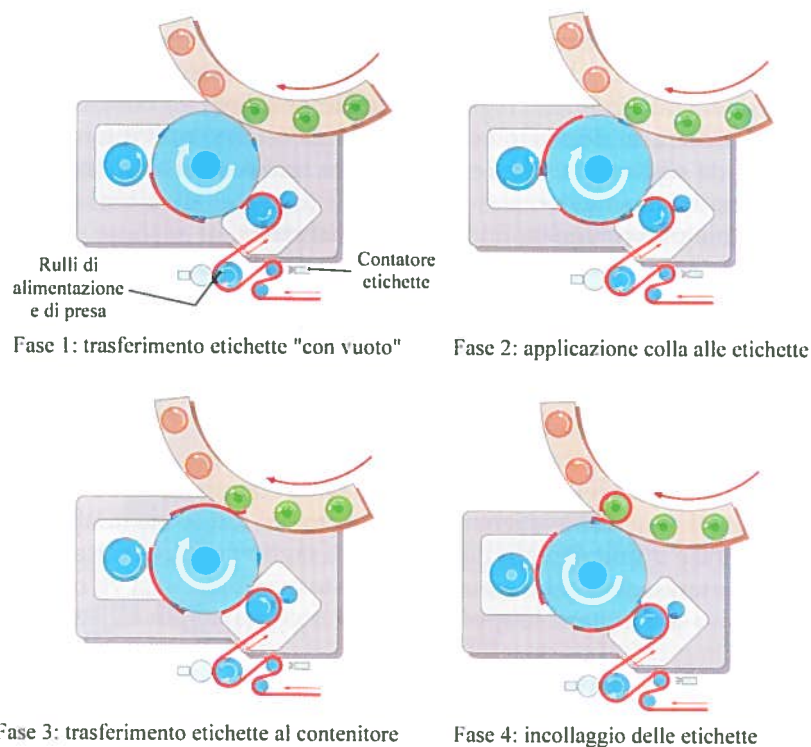


Fig. 8.69 - Fasi di etichettaggio di una etichettatrice da rotolo (KHS).

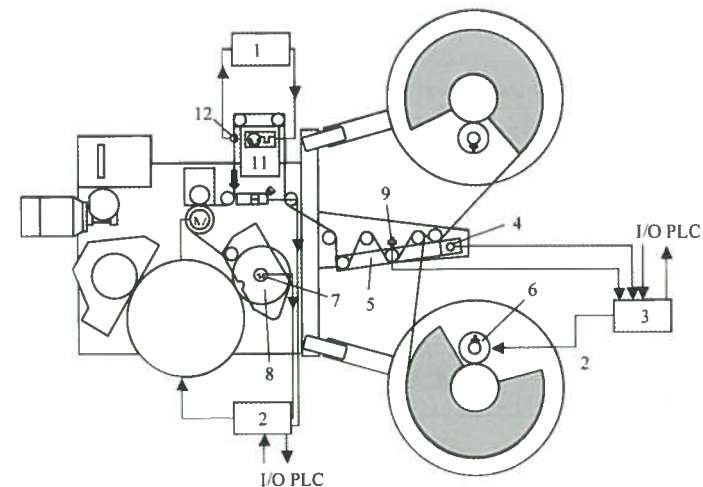


Fig. 8.70 - Gruppo di etichettaggio (SACMI LABELLING).

1) Dispositivo di regolazione guida-nastro, 2) Controllo asse, 3) Controllo tensione nastro, 4) Traduttore di posizione, 5) Ballerino, 6) Proximity fine corsa ballerino, 7) Encoder, 8) Rullo taglio, 9) Freno, 10) Fotocellula lettura tacca, 11) Motore guida-nastro, 12) Sensore posizione film, 13) Rullo pressore, 14) Rullo trazione, 15) Rullo trasferimento, 16) Rullo colla, 17) Vasca Hot Melt.

Caratteristiche delle macchine per etichette polimeriche da bobina

Con riferimento alla fig. 8.71, la sequenza operativa è la seguente:

I contenitori, posti sul trasportatore monofilare (a) in posizione verticale, vengono trasferiti alla giostra centrale (b) attraverso la coclea (c), la stella entrata (d) e la controstella (e).

Successivamente vengono bloccati e centrati con precisione tra la testina di centraggio (f) e i piattelli (g).

I contenitori, così controllati, vengono messi in rotazione attorno al proprio asse dai piattelli mediante cinghia e ruote dentate (per contenitori cilindrici) o camma (per contenitori poligonali) e portati in prossimità del gruppo di etichettaggio (h).

Il film etichette viene trasferito dalla bobina (i) al rullo di trazione (I) attraverso il ballerino (m), i rulli di rinvio (n) e il guida-nastro (o).

Il rullo di trazione (I), che alimenta in modo continuativo il rullo di taglio (p), viene azionato da un servomotore che provvede sia ad adeguare la velocità in funzione della lunghezza etichetta sia a controllare la corretta posizione del punto di taglio. Il taglio dell'etichetta avviene sul relativo rullo dall'incontro di un coltello rotante con uno fisso.

Il rullo di trasferimento (q) preleva l'etichetta e la trasferisce al rullo colla (r) che cede l'adesivo solo sulle due estremità dell'etichetta.

L'etichetta è quindi trasferita sul contenitore in rotazione e le strisce di colla garantiscono, insieme ad un adeguato dispositivo di lisciatura (s), la corretta applicazione.

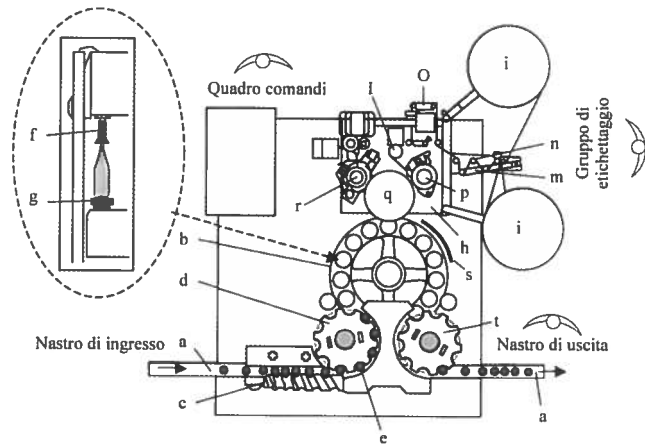


Fig. 8.71 - Etichettatrice da bobina (SACMI).

Il contenitore etichettato viene infine trasportato alla stella di uscita (t) che ne assume il controllo nel momento del rilascio delle testine di centraggio e provvede allo scarico del contenitore sul nastro trasportatore (a).

8.3.2. I componenti principali della macchina

Trasporto contenitori

1. Nastro trasportatore

Trasporta i contenitori alla giostra centrale attraverso il blocco contenitori, la coclea e la stella entrata, per recuperarli etichettati dalla stella di uscita.

2. Blocco contenitori

La stella di blocco contenitori o, per contenitori sagomati direttamente la coclea, permettono, ovvero bloccano, il flusso dei contenitori in macchina a seconda della condizione della macchina o degli accumuli sui nastri a monte e a valle della stessa.

3. Coclea

Divide i contenitori e li distanzia a passo macchina, trasferendoli alla stella di ingresso.

4. Stella di entrata e contro stella

Trasferiscono i contenitori dalla coclea alla giostra centrale, assicurandone il posizionamento sui piattelli, dove vengono bloccati dalle testine di centraggio mediante una camma.

5. Giostra centrale

Trasporta i contenitori durante l'intero processo (etichettaggio, lisciatura), fino allo scarico sulla stella di uscita.

6. Piattelli

Si adattano per forma e dimensione ai contenitori da trattare. Hanno la funzione di assicurare il corretto posizionamento del contenitore e la rotazione, senza slittamenti, durante la fase di etichettaggio.

La trasmissione ai piattelli può essere realizzata:

- mediante cinghia e pulegge dentate, utilizzate nel trattamento dei contenitori cilindrici;
- mediante camma, usata nel trattamento di contenitori sagomati, ovvero ogni qualvolta si renda necessario eseguire qualche particolare orientamento del contenitore.

7. Stella di uscita

Trasferisce i contenitori dalla giostra centrale al nastro trasportatore per il definitivo deflusso.

Trasferimento film etichetta

1. Fotocellula presenza contenitore

Posizionata in corrispondenza della stella d'ingresso genera, in presenza di un contenitore, un segnale utilizzato per l'avvio del processo di etichettaggio.

2. Dispositivo di controllo della tensione del nastro

Mantiene costante la tensione del film durante il processo di sbobinamento. Controlla un freno elettromagnetico, utilizzando il principio del ballerino: lo spostamento del ballerino attorno al proprio asse viene rilevato da un sensore che permette la modulazione della frenata della bobina e quindi la regolazione della tensione della stessa.

3. Guida-nastro

Posiziona il film etichetta in movimento secondo il bordo.

Corregge gli spostamenti dalla posizione nominale, impedendo la deriva laterale del film etichetta.

Il guida-nastro è formato dai seguenti componenti:

- un sensore per registrare i valori reali della posizione;
- un telaio girevole con azionatore e un trasduttore di riferimento;
- un dispositivo di regolazione digitale.

4. Fotocellula lettura tacca

Rileva la tacca che determina il passo etichetta. Assieme al servomotore e al relativo controllo asse, assicura che l'etichetta sia tagliata nella corretta posizione e lunghezza.

5. Rullo di taglio

Esegue il taglio delle etichette dalla bobina, utilizzando un coltello fisso e, secondo la tipologia del gruppo di etichettaggio, uno o due coltelli rotanti.

Presenta alcune file di piccoli fori in depressione che permettono di sostenere l'etichetta durante il passaggio al rullo di trasferimento.

Il coltello rotante, fissato parallelamente all'asse del rullo di taglio, è progettato per poter lavorare sui 4 lati.

Il coltello fisso, solidale alla struttura, risulta invece leggermente inclinato rispetto all'asse del rullo di taglio; per tale motivo l'etichetta viene tagliata prima sul bordo superiore per poi proseguire diagonalmente fino a quello inferiore.

6. Unità Hot Melt

L'unità Hot Melt è composta dai seguenti componenti:

- vasca colla;
- rullo colla;
- raso colla.

La vasca, dotata di resistenze e sonde, permette il riscaldamento e il relativo controllo dell'adesivo termofusibile fino al raggiungimento della temperatura operativa; una pompa a ingranaggi invia l'adesivo riscaldato al rullo colla. Lo spessore del film colla, presente sulla superficie del rullo, viene determinato dalla distanza del raso colla dal rullo.

7. Rullo di trasferimento

Trasferisce l'etichetta dal rullo di taglio al contenitore, passando per il rullo colla. Per effetto dei rilievi presenti sul rullo di trasferimento, durante il transito dal rullo colla, l'adesivo viene applicato solo sulle estremità dell'etichetta.

Presenta alcune file di piccoli fori in depressione che permettono di sostenere l'etichetta durante il trasferimento al contenitore in rotazione.

La striscia di colla presente sul bordo iniziale permette l'applicazione dell'etichetta sul contenitore, mentre la striscia sul bordo finale dell'etichetta garantisce la corretta chiusura.

8. Dispositivo di lisciatura

Preme l'etichetta sul contenitore, favorendo la chiusura delle estremità sovrapposte.

Le etichettatrici per etichette autoadesive

I sistemi di etichettatura tradizionali a colla trovano la più adatta applicazione quando si lavora ad elevati volumi produttivi; le etichette autoadesive vengono impiegate quando si vuole privilegiare la qualità dell'abbigliamento.

Le etichette autoadesive, infatti, durante l'applicazione non danno origine a grinze o bolle e possono essere realizzate con *carte personalizzate*⁸.

L'interesse per l'etichettatura autoadesiva⁹ deriva anche dal fatto che le relative macchine di applicazione sono più semplici e flessibili e non necessitano delle precauzioni d'uso che devono essere adottate per le etichettatrici a colla, che tra l'altro sono molto sensibili alle variazioni idrotermometriche.

Altra semplificazione introdotta dalle etichette autoadesive è la rapidità dei cambi formato, che non comportano la necessità di eseguire le pulizie richieste dalle macchine a colla.

Le macchine per l'etichettaggio con etichette autoadesive sono state sviluppate da tutti i più importanti costruttori del settore, ma tutte possono essere ricondotte allo schema di principio di **fig. 8.72**.

Queste macchine raggiungono rese orarie di 30.000 bottiglie e oltre.

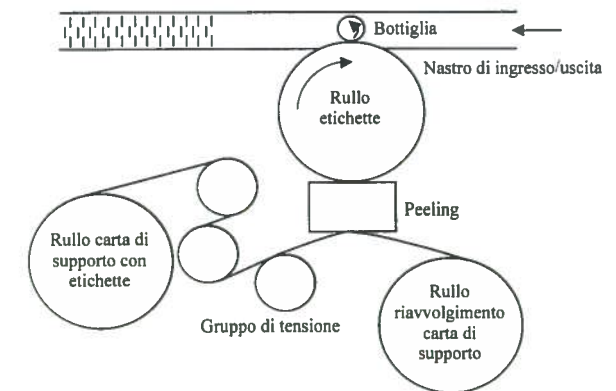
8.3.3. Macchine etichettatrici Sleeve

La sleeve, ovvero "calza etichettante", in materiale termoplastico è formata da rotolo prestampato e si è recentemente diffusa in quanto rappresenta un

⁸ Poiché le etichette autoadesive hanno, a parità di caratteristiche, costo notevolmente superiore rispetto a quello delle tradizionali, non si addicono ai prodotti di basso profilo commerciale.

⁹ La Commissione provinciale degli usi, della Camera di Commercio Industria, Artigianato e Agricoltura di Asti ha accettato, per la prima volta in Italia, usi e consuetudini per la produzione di etichette autoadesive. Il testo è stato approvato definitivamente il 23-07-2001.

Fig. 8.72 - Schema di principio dell'etichettatrice per autoadesivi.



buon supporto advertising e di promozione delle vendite¹⁰. La macchina di apposizione è composta da una sezione di taglio, una di apertura tensionata e una di apposizione della sleeve.

Il funzionamento appare abbastanza chiaro dalla immagine di **fig. 8.73**.

La sleeve preformata, viene sagomata per stiramento meccanico da un meccanismo di presa e calzata sulla bottiglia in attesa su un apposito piattello. Rilasciata all'altezza voluta la sleeve, non più tensionata meccanicamente, si restringe sulla bottiglia etichettandola.

Le sleeve possono essere anche termoretrattili. In questo caso le bottiglie calzate devono passare in un forno (o altro sistema) di retroazione.



Fig. 8.73 - Etichettatrice sleeve (Krones)

Sistemi di marcatura e codifica a raggi laser delle etichette

Per riportare informazioni aggiuntive sulle etichette, come data, lotto di produzione e simili, possono essere utilizzati dei *marcatori a getto d'inchiostro* o dei *marcatori laser*. Di questi ultimi, di più recente applicazione nel confezionamento alimentare diamo una breve descrizione nella versione semplice e nella versione con maschere componibili.

La marcatura e la codifica a raggi laser infrarossi offre vantaggi importanti.

I laser CO₂ a impulsi producono un impulso luminoso infrarosso di breve durata (ca. 2 ms) ed elevata energia (fino a 6 Joules). Un sistema ottico, completamente isolato, dirige il raggio laser verso la superficie da marcare.

Una maschera metallica dà forma al fascio luminoso, consentendo di ottenere il codice desiderato, che viene poi proiettato da una lente ottica sulla superficie del prodotto. Una marcatura completa richiede circa due milionesimi di secondo.

¹⁰ Le sleeve colorate consentono anche di filtrare le radiazioni luminose che possono deteriorare le bevande.



Evaporazione del colore
L'asportazione del colore con la vaporizzazione rivela per contrasto la superficie sottostante (es. carta verniciata)

Cambio di colore
I raggi infrarossi modificano il colore di alcuni materiali plastici ed un dosaggio opportuno può aumentare il contrasto

Asportazione materiale
Molti materiali, fra cui plastica, vetro, ceramica e gomma presentano modificazioni ottiche e strutturali della superficie, mediante asportazione di materiale

Fig. 8.74 - Sistemi di marcatura e codifica a raggi laser (ALLTEC).

Caratteristiche del sistema laser (fig. 8.74)

La marcatura senza contatto presenta i seguenti vantaggi:

- elevato rendimento senza usura meccanica
- marcatura nitida e durevole anche su superfici morbide, irregolari o curve
- sistema termico-ottico ad alta risoluzione (0,1 mm), che consente una codifica di piccolissimi caratteri di elevatissima qualità.

La marcatura senza inchiostro è particolarmente gradita perché:

- durevole, anti-graffio e senza sbavature, resistente ai solventi
- nessun problema causato da solventi combustibili o volatili
- una tecnologia pulita senza costosi materiali di consumo.

Sistemi laser con maschere componibili (fig. 8.75)

A seconda delle dimensioni, della flessibilità e della frequenza richieste dalla marcatura, i laser possono essere combinati con diversi moduli di maschere e sistemi ottici.

Maschere fisse e componibili

- maschere semplici e fisse per cambio saltuario dei dati fissi;

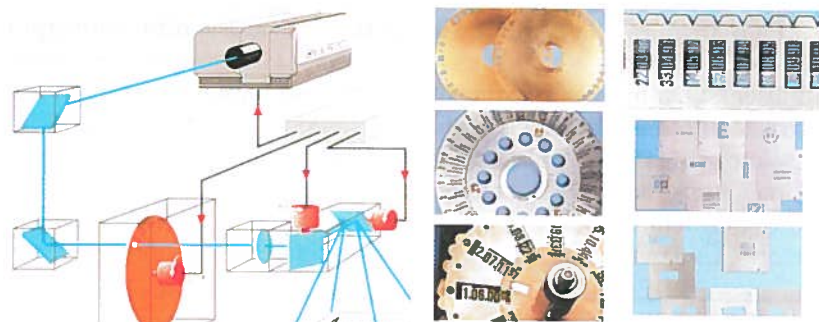


Fig. 8.75 - Sistemi laser con maschere componibili (ALLTEC).

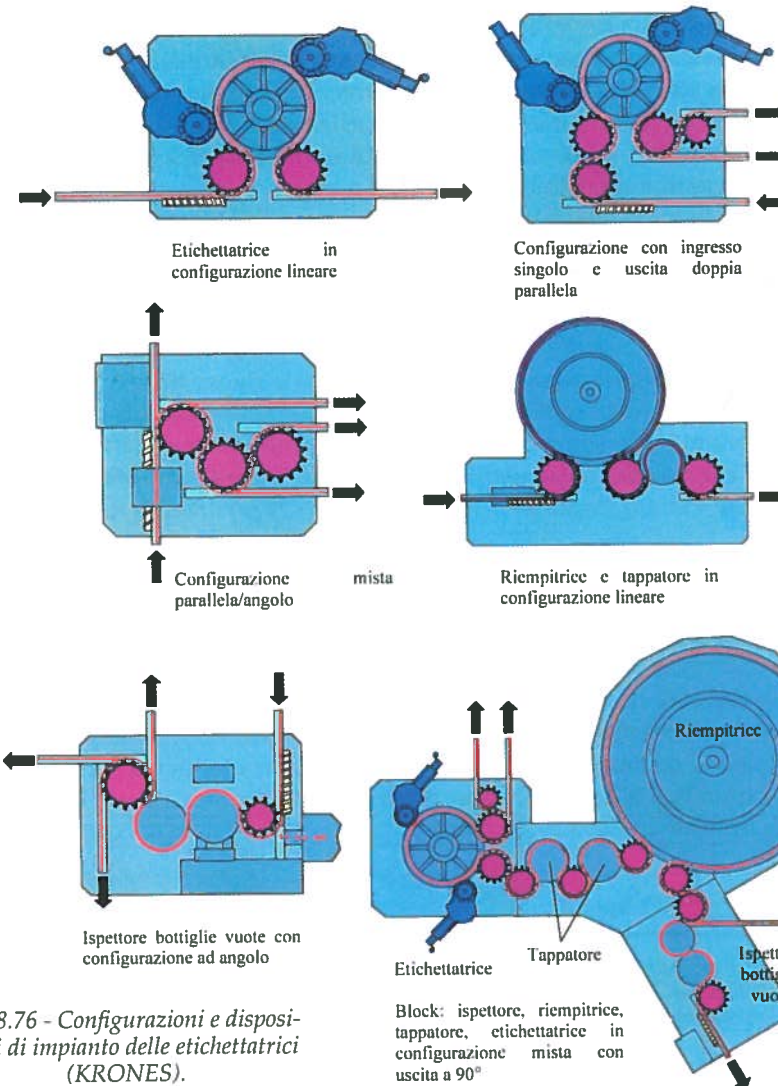


Fig. 8.76 - Configurazioni e disposizioni di impianto delle etichettatrici (KRONES).

- maschere componibili a sovrapposizione per cambio manuale (data, prodotto, lotto).

Dischi maschera componibili

- per variazione manuale o con azionamento elettrico;
- per cambio automatico di data, ora e numero di lotto;
- per marcatura a fila singola o doppia.

Maschere a nastro

- codifiche su fila singola o doppia fino a 10 posizioni variabili;
- azionamento manuale e/o motorizzato (per es. per numeri seriali e codifica automatica dell'ora).

Maschere a dischi

- a seconda della marcatura in collegamento con lettore X o XY;
- dischi rotanti con caratteri per testi alfanumerici liberamente programmabili e
- codici a barre (es. 2/5 interleaved, 39). Velocità fino a 100 simboli al secondo; dischi maschera rotanti per rapidissimo cambio maschera (max 72 maschere) e codifiche di grandi dimensioni.

Configurazioni e disposizioni impiantistiche delle etichettatrici

Le configurazioni più usuali delle macchine etichettatrici sono rappresentate in fig. 8.76.

Esse offrono ampie possibilità di inserimento in nuove linee o in linee già esistenti. Molti costruttori eseguono anche una configurazione ad angolo della macchina. Interessante è la soluzione *superblock*, particolarmente adatta per prodotti confezionati che non devono essere sottoposti a trattamenti termofisici successivi.

8.4. IL CONFEZIONAMENTO SECONDARIO¹¹

8.4.1. Le operazioni fondamentali dell'imballaggio in linea

Le operazioni classiche di imballaggio in un'industria alimentare prendendo a riferimento quelle delle bevande sono rappresentate nel diagramma di fig. 8.77.

Le linee di confezionamento, sia che lavorino contenitori a rendere sia che lavorino contenitori a perdere, sono generalmente strutturate per eseguire le operazioni indicate in fig. 8.77.

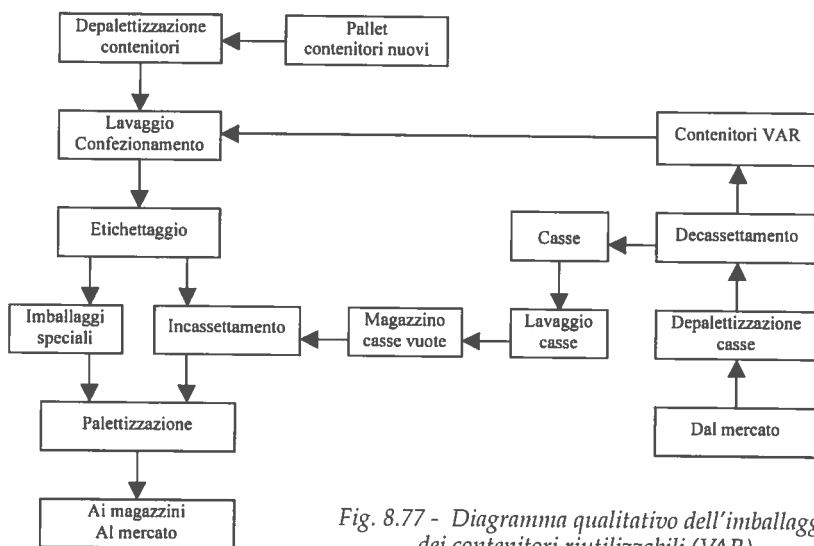


Fig. 8.77 - Diagramma qualitativo dell'imballaggio dei contenitori riutilizzabili (VAR).

¹¹ Detto anche, in maniera più corretta, di "ordine secondario".

Nelle linee che lavorano esclusivamente contenitori a rendere l'operazione di depalettizzazione bottiglie non sempre è prevista, mentre in quelle che lavorano solo contenitori a perdere non sono previste la depalettizzazione casse, il decassettamento, il lavaggio casse e l'incassettamento.

Le macchine che realizzano le varie operazioni sono molto diverse varie nella concezione e nell'esecuzione e sono in continua evoluzione. La varietà degli imballaggi disponibili e la continua immissione sul mercato di nuove proposte di imballaggi, conferiscono a questo segmento di linea una mutevolezza che, pur consentendo di fissare i criteri generali di funzionamento delle macchine, non permette, viceversa, di approfondire i dettagli costruttivi che potrebbero risultare già superati e obsoleti al momento dell'esposizione.

8.4.2. La depalettizzazione e la palettizzazione delle casse

Per motivi economici e pratici la distribuzione dei prodotti alimentari avviene in casse di polietilene, in cartoni, in fardelli termoretraibile e talvolta in vassoi di cartone stratificati su pallet.

Fissate le dimensioni delle casse, dei cartoni e dei fardelli, quelle dei pallet vengono determinate di conseguenza, anche se in pratica sono le misure standard dei pallet che obbligano quelle delle casse, dei cartoni o dei fardelli. Le misure dei pallet devono essere compatibili, per economia e sicurezza di trasporto, con quella dei pianali di carico degli automezzi, dei vagoni ferroviari e degli altri mezzi di trasporto di dimensioni standard.

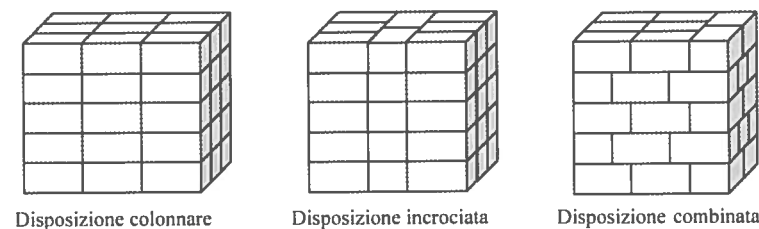


Fig. 8.78 - Tre diversi schemi di palettizzazione.

Un pallet confezionato si presenta come in fig. 8.78; la disposizione delle casse in pianta e il numero degli strati sovrapposti determinano lo schema di palettizzazione.

L'operazione di palettizzazione consiste nel realizzare lo schema di palettizzazione a partire dall'alimentazione singole delle casse (fig. 8.79); quella di depalettizzazione nello scomporre i pallet, disponendo in sequenza continua le casse su appositi trasportatori di uscita (fig. 8.80).

Le operazioni di palettizzazione e depalettizzazione sono inverse e per questo le macchine sono reversibili, nel senso che le sezioni che le compongono sono del tutto simili. Per tanto si può far riferimento indifferentemente a una delle due macchine per individuarne le sezioni principali.

8.5. LA PALETTIZZAZIONE E LA DEPALETTIZZAZIONE A STRATI

Concettualmente le operazioni eseguite da un depalettizzatore di casse a strati sono quelle indicate in successione in **fig. 8.81**.

Il pallet da scomporre viene posto su una rulliera di ingresso, che lo trasporta su un piano d'alzata a rulli (1); questo si solleva ad un'altezza tale da portare la base del primo strato di casse in corrispondenza della rulliera di uscita.

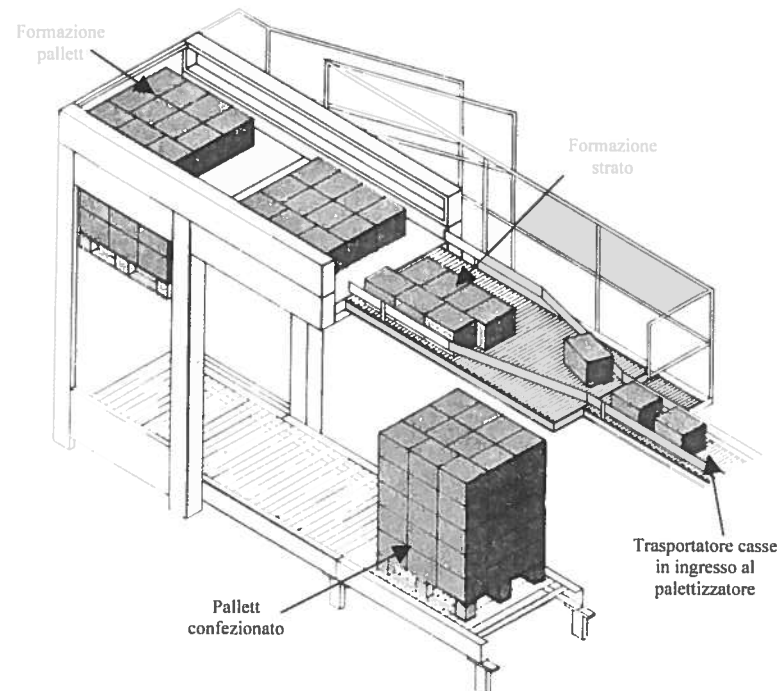


Fig. 8.79 - La pallettizzazione.

L'innalzamento avviene a scatti per ciascun strato, esauriti i quali (2) il pallet ritorna al livello del piano a rulli e fuoriesce, mentre avanza un nuovo pallet carico (3).

Questa sequenza può essere realizzata semiautomaticamente o automaticamente: nel primo caso, i movimenti sono comandati in successione da un operatore; nel secondo sono programmati in sequenza da un programmatore elettromeccanico o elettronico.

Nelle macchine automatiche, le casse sono prelevate dalla pila da un *carro a pinze* (fig. 8.84) azionato meccanicamente o pneumaticamente e deposte su una rulliera di scarico che le avvia al trasportatore di uscita.

Una notevole diffusione, soprattutto per la sua semplicità ed economia, ha trovato il depalettizzatore a strati dal basso (fig. 8.85), nel quale delle ganasce sol-

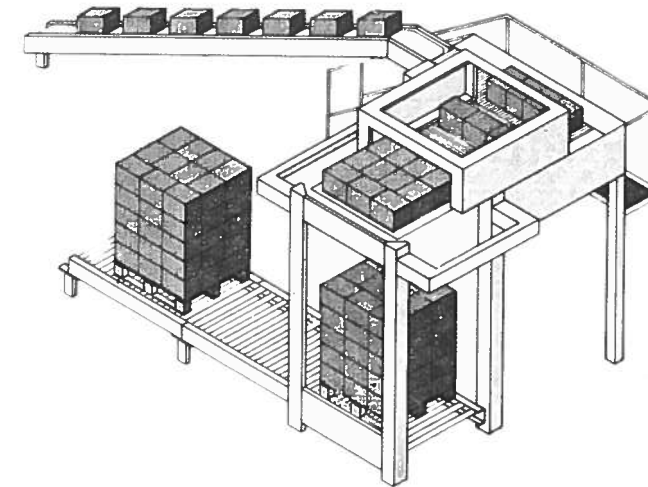


Fig. 8.80 - La depalettizzazione.

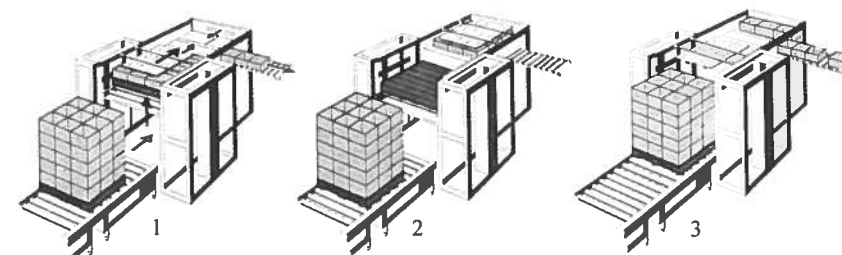


Fig. 8.81 - Schema di funzionamento di un depalettizzatore di casse a strati.

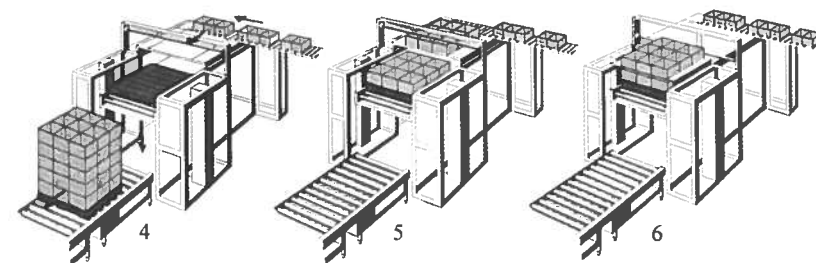


Fig. 8.82 - Schema di funzionamento di un pallettizzatore di casse a strati.

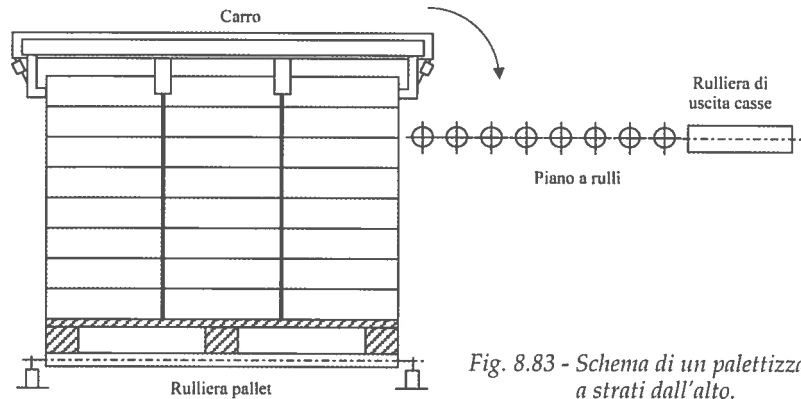


Fig. 8.83 - Schema di un palettizzatore a strati dall'alto.

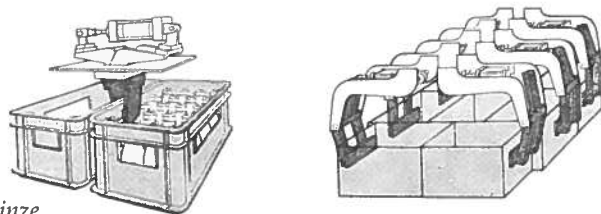


Fig. 8.84 - Carro a pinze.

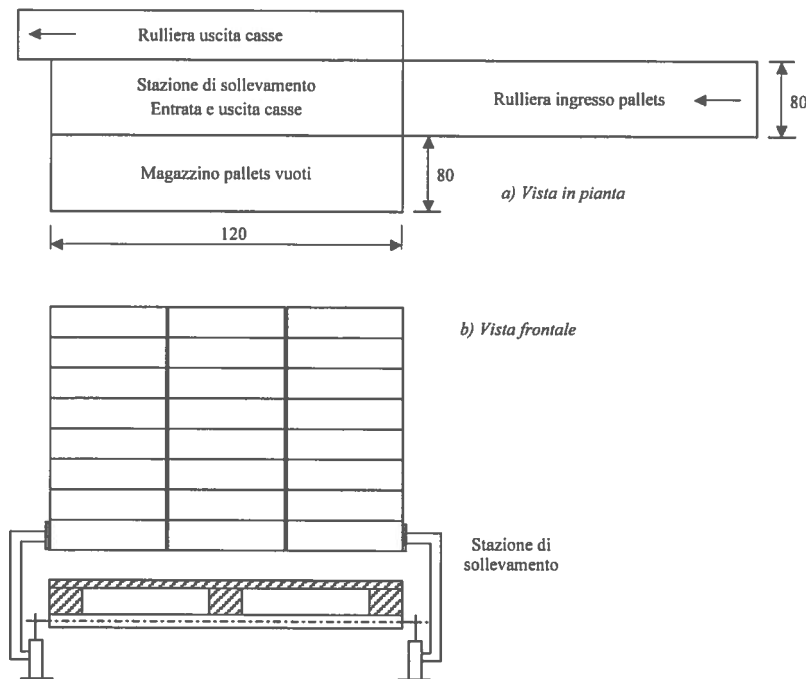


Fig. 8.85 - Schema di depalettizzatore a strati dal basso.

levano tutta la pila di casse per consentire prima la fuoriuscita del pallet, successivamente tutta la pila ad esclusione del primo strato, che così può essere avviato alla rulliera di uscita e così via.

Un palettizzatore a strati realizza le operazioni rappresentate in fig. 8.82. Le casse arrivano in fila sulla rulliera di ingresso e, disposte in ordine di palettizzazione, vengono spinte sul pallet posto su una rulliera mobile sulla quale viene formato lo strato allo stesso livello del piano di attesa delle casse.

Formato il primo strato, il piano mobile si abbassa fino a portare il primo strato di casse al piano di attesa, ove le casse, opportunamente disposte, vengono spinte e sovrapposte a quelle dello strato precedente.

Anche in questo caso le operazioni possono essere comandate in successione da un operatore (funzionamento semiautomatico) o eseguite in sequenza mediante un programmatore (funzionamento automatico).

Allorché lo schema di impianto generale della linea di confezionamento lo consenta, è utile raggruppare il depalettizzatore e il palettizzatore in un'unica unità sincronizzata come in fig. 8.86.

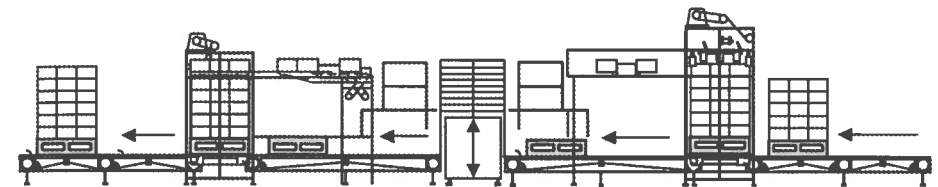


Fig. 8.86 - Impianto con depalettizzatore e palettizzatore raggruppati.

In questo caso è indispensabile che tra le due unità venga inserito un magazzino pallet (fig. 8.87) che funzioni contemporaneamente da polmone per il depalettizzatore e da distributore per il palettizzatore.

Il depalettizzatore e il palettizzatore a strati sono dunque due macchine re-

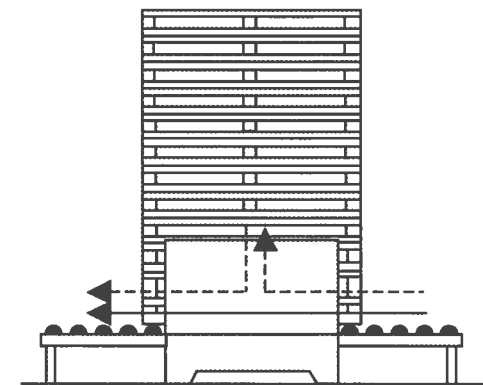


Fig. 8.87 - Magazzino pallet.

versibili composte da sezioni analoghe (fig. 8.88), che in una macchina con funzionamento dal basso sono:

- Trasportatore di ingresso
- Rulliera di formazione fila;
- Piano di formazione strato;
- Ponte sollevatore del piano strato;
- Magazzino pallet;
- Stazione di formazione pallet;
- Conformatore dello strato palettizzato;
- Rulliera di uscita e d'attesa pallet.

Partendo da una costruzione base, opportunamente accessoriata, le macchine a strati possono di volta in volta diventare pal-depalettizzatori¹². È necessario, però, che le macchine siano equipaggiate con testa prensile intercambiabile.

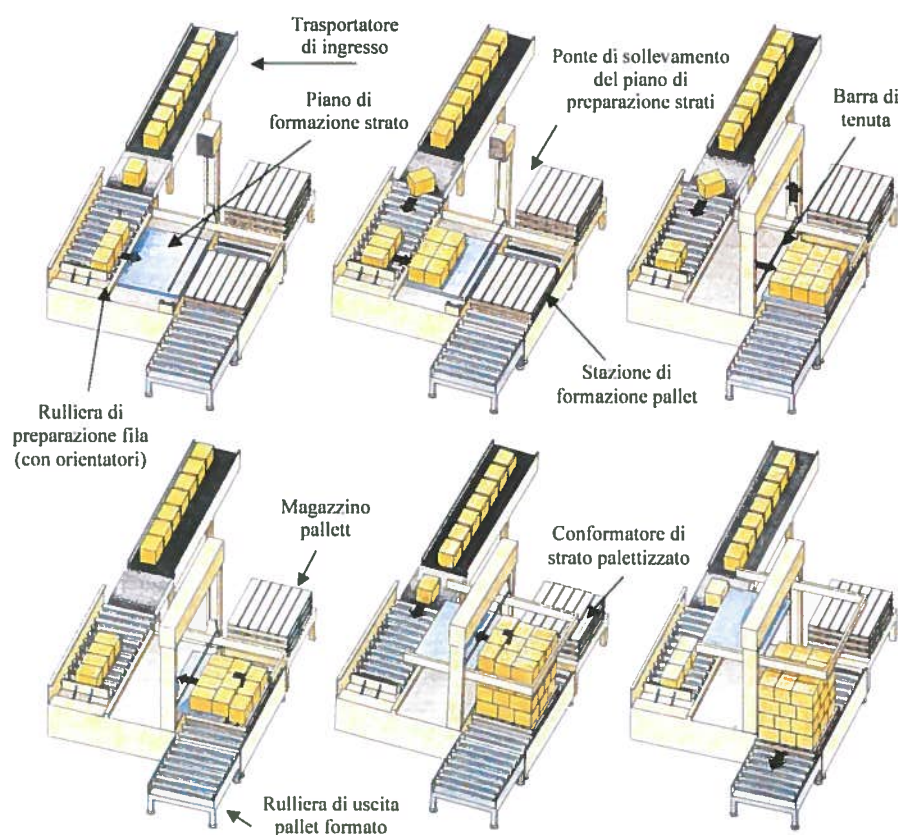


Fig. 8.88 - Sezioni di un impianto di pal-depalettizzazione.

¹² Alcune costruzioni speciali di tale macchine sono talmente versatili da consentire la depalettizzazione delle bottiglie nuove di fabbrica, l'inca-decassamento e la palettizzazione.

Per la lavorazione di casse in plastica bisogna disporre di un sistema a ganci o di un sistema con ganasce oppure combinato ganci-ganasce.

In una macchina dal basso il sistema di lavoro con le casse è abbastanza semplice: le casse entrano ad altezza del piano di carico e vengono sistemate in "formazione" mediante "spingifila". Successivamente lo strato completo va ad occupare la prevista posizione di attesa.

Il telaio con il sistema di presa a ganci prende lo strato completo e con movimenti delicati lo solleva. Il carrello con movimento privo di accelerazioni e decelerazioni brusche, prima orizzontale e poi verticale, provvede all'esatto posizionamento dello strato. Questa operazione si ripete tante volte quanti sono gli strati che compongono la paletta, con corsa del telaio sempre più lunga man mano che questa ultima si forma. La successione dei movimenti è comandata e controllata elettronicamente.

Quando gli oggetti da pal-depalettizzare sono cartoni o fardelli questi entrano, come nel caso precedente, ad altezza di piano di carico sul tavolo e mediante spingifila vengono sistemati in formazione. Lo strato poi viene spinto sul piano mobile (cucchiaio) del palettizzatore. Mediante movimenti verticali del telaio, orizzontali del carrello e infine discendenti del telaio, lo strato viene ad essere depositato sulla paletta in attesa.

Il centraggio e l'esatta collocazione sono assicurate da un conformatore di strato. Un apposito fermo provvede alla tenuta dello strato mentre viene ritirato il piano mobile.

I successivi spostamenti verso l'alto del telaio si adeguano all'altezza della paletta in formazione. Il ciclo naturalmente si ripete fino al completo formarsi della paletta, che una volta completata viene allontanata sulla rulliera di uscita.

Per quando riguarda il cambio formato la ripreparazione della macchina da casse a cartoni o vassoio e viceversa, si effettua mediante il cambio della testa sul carrello. Il cambio del programma, così come la scelta di altre formazioni di strati, avviene mediante selezione sul quadro comandi.

La macchina base si compone di una struttura portante in profilati di acciaio a doppia C nei quali in genere sono alloggiati le guide di scorrimento rulli per il movimento verticale dei piani di preparazione strati. Nel telaio orizzontalmente scorre, su guide a rulli, il carrello che sostiene la testa di presa.

Il telaio di sollevamento unito al basamento della macchina e alla struttura portante poggia su piedi a calotta regolabili in altezza.

Il posizionamento di questo genere di macchine avviene senza particolari fondamenti o ancoraggi. La trazione del telaio del sollevatore avviene mediante motoriduttore; i movimenti verticali avvengono mediante trazione con catena a contrappesi, senza l'ausilio di nessun tendicatena separato. Il movimento orizzontale del traslatore e della piattaforma è ottenuto mediante motoriduttore con manovellismo a croce. Il movimento sinusoidale ha precisi punti di arresto.

Circa le caratteristiche meccaniche delle sezioni principali della macchina, la piattaforma è costruita in lamiera di alluminio rivestita con materiale ad usura compatibile. Il tavolo di entrata per la preformazione dello strato è dotato di barra di spinta per file e strati su catena a rulli reversibili di precisione: la trazione è

assicurata da un motoriduttore autofrenante, mentre il movimento verso il basso e verso l'alto della barra avviene mediante cilindro pneumatico.

Il trasporto dei colli da pal-depalettizzare (casce, cartoni, fardelli) è costituito da rulli motorizzati, nastri ruotanti o catene; in ogni caso il dispositivo è dotato di sistema di arresto in caso di mancanza dei colli, con ripartenza automatica al ripristino dell'alimentazione dei colli. Il trasporto in entrata e in uscita delle palette avviene con catene o rulli a seconda del disegno della palette. Il movimento della palette è governata da sensori controllati da un apposito software.

L'equipaggiamento elettrico, ossia tutti gli apparati di controllo, programmazione e segnalazione devono essere disposti su un quadro elettrico meccanicamente staccato dalla macchina, con grado di protezione almeno IP 55. In tale quadro sono allocati sicurezze, trasformatori e il PLC di macchina.

I sistemi di presa di cui possono essere dotate queste macchine, a secondo del tipo di imballaggio e formazione dello strato, possono essere:

- Testa con ganci. I ganci sono orizzontali e regolabili. Essi dopo il centraggio, sostengono lo strato per le finestrelle di presa delle casce e sono azionati pneumaticamente.
- Testa con ganasce che stringono la sagoma dello strato.
- Testa con ganasce e ganci.
- Testa con cucchiaio realizzato con profilati di alluminio resistenti alla torsione.

In genere tutti i sistemi di presa si ritraggono automaticamente in caso di inceppamenti nella formazione dello strato e la macchina si blocca.



Fig. 8.89 - Palettizzatore (ACMI).

Il magazzino pallet

Il magazzino pallet serve a garantire la continuità operativa dell'impianto di palettizzazione. Esistono due tipologie di magazzino:

- *fissa*, per una sola misura di pallet;
- *regolabile*, per differenti misure di pallet.

Il magazzino lavora secondo il principio di impilaggio e resa palette in base alle necessità e ha una capacità d'attesa di almeno 15 pallet.

La palette vuota, in uscita da un depalettizzatore o posizionata sul nastro trasportatore con un carrello elevatore, va su un elemento di trasporto provvisto di movimento verticale e viene alzata. Le lame, disposte da ambedue le parti, tengono la palette nella posizione alzata. L'elemento di trasporto viene abbassato e riceve una dopo l'altra le palette. Queste vengono ogni volta alzate e bloccate. Se interviene il bisogno di una palette, il magazzino lavora in modo contrario all'impilaggio.

L'azionamento dei movimenti ascendenti e discendenti è eseguito da un motoriduttore autofrenante. Le lame di presa lavorano pneumaticamente e sono comandate in sincronia con i movimenti del sollevatore.

La testa metti/togli falde

Nella palettizzazione dei cartoni e fardelli, e talvolta di casce non embriabili, per conferire stabilità all'unità palettizzata è necessario interporre tra uno strato e l'altro, e tra il primo strato e la palette, una falda di superficie all'incirca uguale a quella della palette. La falda può essere realizzata in cartone ondulato, faesite, plastica o compensato, questi ultimi materiali vengono impiegati quando ne è previsto il riutilizzo.

Dal punto di vista funzionale le falde hanno il compito di impedire "l'apertura" delle colonne di casce o altri colli quando la palettizzazione è colonnare e di meglio distribuire il carico di uno strato su quello sottostante, evitando così concentrazioni di carico esasperate su alcune bottiglie degli strati inferiori.

Sono previsti perciò a corredo dei palettizzatori e dei depalettizzatori delle *teste a ventosa*, calettate su un albero dotate di moto verticale e rotatorio che appongono su ogni singolo strato palettizzato le interfalde, prelevate da un magazzino sistemato in adiacenza della rulliera di palettizzazione. La presa dell'interfalda avviene per aspirazione a mezzo ventose.

8.6. PAL-DEPALETTIZZATORE DALL'ALTO

Il depalettizzatore e il palettizzatore dal basso sono adatti a medie velocità (4 strati al minuto per le versioni ad una sola palette e 8 strati al minuto per le versioni a doppia palette). Per le rese elevate (600 strati per ora) sono più adatte le macchine con palette mobile e carico degli strati dall'alto.

L'unità centrale di sollevamento palette è realizzata con due montanti a profilo chiuso e utilizza come sistema di guida dei profilati ad U in acciaio, entro cui scorrono cuscinetti biplanari. Il gruppo di sollevamento palette viene comandato da due motoriduttori a doppia polarità ed è contrappesato per ridurre l'inerzia ed aumentare la velocità. Il sistema di carico strato è realizzato con un piano a rulli folli di piccolo diametro e grande rigidità che si aprono in due metà in opposte direzioni. Lo spintore delle file è a barre multiple; esso durante la fase di scarico dello strato funziona come guida di compattamento e posizionamento dello strato. Il sistema di scarico strato, ad apertura longitudinale con guide pneumatiche, consente di realizzare qualsiasi tipo di schema sia con spaziature longitudinali sia trasversali.

Il controllo della sequenza normalmente è affidato a PLC.

Le macchine avvolgitrici pallet

Un pallet confezionato, anche se palettizzato con interfalde è comunque da considerarsi una struttura labile, che può deformarsi per effetto delle sollecitazioni meccaniche indotte dai mezzi di trasporto e movimentazione. La deformazione della paletta confezionata ne impedisce il corretto stivaggio e rende il carico nei mezzi di trasporto (autoarticolati, carri ferroviari e simili) molto instabile.

Si preferisce perciò conferire alla paletta confezionata una certa rigidità legando il carico adeguatamente con reggette di poliestere o altro materiale sia longitudinalmente sia trasversalmente.

L'operazione di legatura con reggette può essere fatta, sia manualmente sia automaticamente, con macchine reggettatrici a braccio rotante, che comunque hanno delle rese piuttosto basse.

Attualmente vengono impiegate diffusamente le avvolgitrici con film estensibile (pellicola di copolimeri di polietilene modificato).

Esse possono essere di due tipi:

- A paletta rotante
- A braccio rotante.

L'avvolgitrice a paletta rotante è fornita di un sistema di trasporto che si compone di una rulliera di ingresso, di una rulliera rotante e di una rulliera di uscita, di un pressore di paletta e di un rullo svolgitoro del film dotato di movimento verticale. Tale rullo è provvisto anche di sistema di pre-tensionamento del film che consente, attraverso una parziale orientazione piana, di conferire migliori caratteristiche di tenuta al film.

Queste macchine sono completamente automatiche e sono dotate di vari dispositivi di regolazione e controllo su molte funzioni cicliche; in particolare:

- numero di giri in alto e in basso del pallet;
- velocità di salita e discesa del film;
- controllo di esaurimento e rottura del film;
- ricerca automatica dell'altezza di carico;
- partenza ed arresto progressivo.



Fig. 8.90 - Avvolgipallett (Robopac Sistemi).

Il controllo delle accelerazioni in partenza e arresto è importante soprattutto quando si ha a che fare con carichi instabili che potrebbero deformarsi sotto l'azione di accelerazioni e arresti troppo violenti.

Le macchine a braccio rotante sono più adatte a palettizzazioni instabili (altezza dei colli molto elevati, strati di palettizzazione elevati, confezioni a basso coefficiente di attrito e simili). In questa macchina la rulliera di avvolgimento è un normale piano a rulli interposto tra la rulliera di ingresso e quella di uscita.

La macchina è dotata di un braccio rotante con movimento verticale che porta il rullo di estensibile ed è dotata di logica programmabile.

Gli aggregati a corredo della macchina sono:

- apparecchiatura di prestiro;
- saldature a barre teflonate;
- variazione di velocità con inverter;
- dispositivo metti foglio superiore.

Le palette avvolte in estremità e dotate di top superiore (foglio) in una certa misura risultano protette da polvere, umidità e pioggia.

8.7. INCASSETTAMENTO E DECASSETTAMENTO

Così come la depalettizzazione e la palettizzazione, anche il decassetta-mento e l'incassetta-mento sono due operazioni inverse, realizzate da macchine reciproche: la decassettrici e la incassettrici (fig. 8.91 e fig. 8.92).

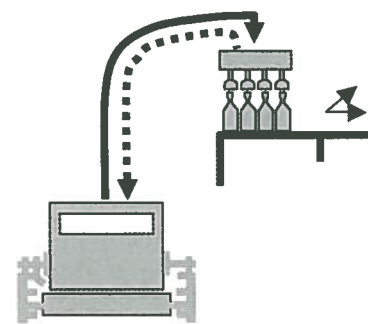


Fig. 8.91 - Principio di funzionamento della decassettrici.

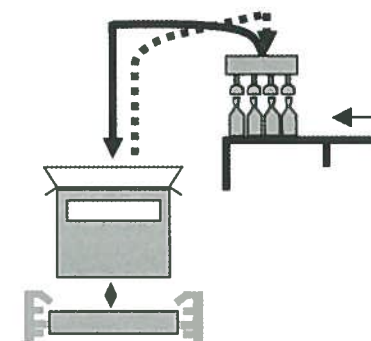


Fig. 8.92 - Principio di funzionamento dell'incassettrici.

Esse possono essere a funzionamento semiautomatico e automatico.

Riservando la nostra attenzione a queste ultime, ed analizzando per comodità di esposizione prima le incassettrici, diremo che esse (fig. 8.93) si compongono di tre sezioni:

- rulliera o pista casse;
- carro mobile con testine di presa;
- tavolo di accumulo.

I contenitori da incassettare arrivano al tavolo di accumulo mediante un nastro di ingresso accoppiato lateralmente. Qui vengono ordinate secondo una disposizione analoga a quella che avranno nelle casse.

Le casse vuote vengono introdotte a gruppi, in numero uguale a quello delle teste, dalla *pista casse*, che provvede a fermarle in posizioni predeterminate mediante servomeccanismi opportunamente posizionati.

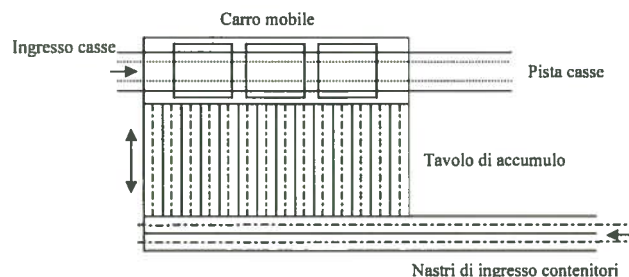


Fig. 8.93 - Schema incassettatrice.

Il tavolo di accumulo delle bottiglie è costituito da trasportatori paralleli a maglia piatta in acciaio inossidabile, trainati da un'unica motorizzazione.

L'organo principale della macchina, ossia il carro mobile con le *teste di presa*, ha la funzione di prelevare le bottiglie quando queste sono ordinate sul tavolo di accumulo e di traslarle verso le casse vuote in attesa, deponendole dolcemente negli alveoli di queste. La sequenza delle operazioni si conclude con l'allontanamento delle casse piene dalla macchina, operato dalla pista casse, e con l'introduzione e il posizionamento di un altro gruppo di casse vuote. A questo punto inizia di nuovo il ciclo.

Il carro mobile è costituito da diverse piastre, una per ogni cassa, dette *teste di presa*, ancorate ad un solido profilato di acciaio fissato alle estremità a due catene, ciascuna chiusa su se stessa, sostenute ed azionate da una serie di ingranaggi ruotanti su alberi tronchi supportati dalle fiancate della macchina.

Le due catene hanno percorsi identici e sono mosse da due rocchetti di comando calettati su uno stesso albero, che prende il moto da un motoriduttore autofrenante.

In questo modo alle due catene è assicurato un moto perfettamente sincrono, nonché l'orizzontalità della trave e quindi quella delle teste di presa (fig. 8.94).

Due collegamenti a pantografo tra la trave e le fiancate della macchina fanno sì che la trave abbia sempre lo stesso orientamento.

Alla fine di ogni mezzo ciclo il motore autofrenante si arresta ed inverte il proprio senso di rotazione. Questo è mostrato chiaramente dalla fig. 8.95.

La traiettoria descritta dal carro mobile è tale che, nonostante le due catene si muovano con velocità costante, la velocità di avanzamento orizzontale delle bottiglie è massima a metà percorso e diminuisce man mano che si avvicina alle estremità. Questo accorgimento riduce il "pendolamento" delle bottiglie tenute dai tu-



Fig. 8.94 - Testata di presa di una incassettatrice (ACMI).

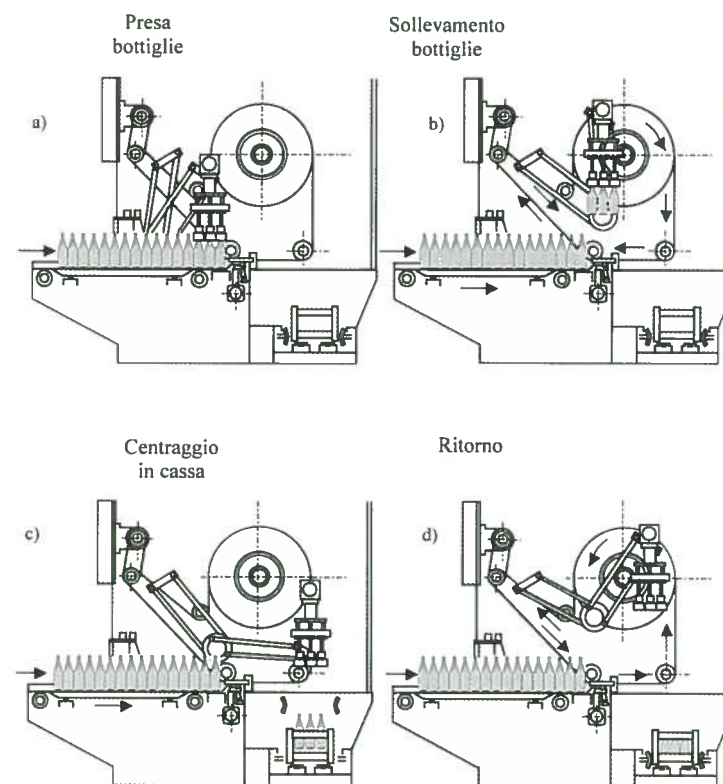


Fig. 8.95 - Fasi di funzionamento di un'incassettatrice.

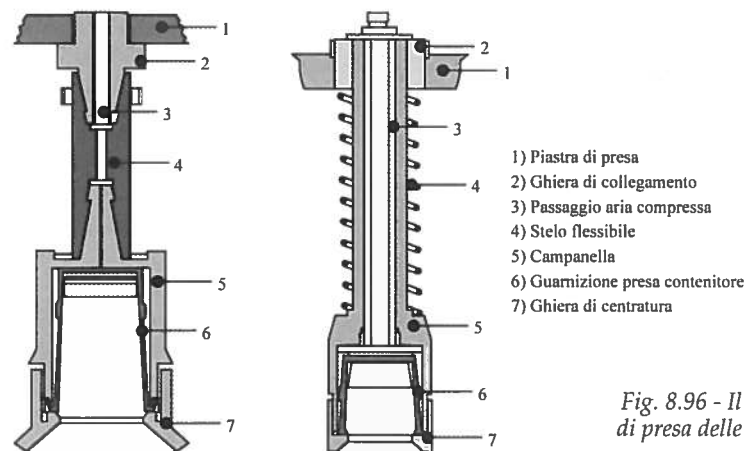


Fig. 8.96 - Il tulipano di presa delle bottiglie.

lipani delle testine di presa che può creare numerosi inconvenienti quali rottura dei contenitori o delle bottiglie e difficoltà di centraggio negli alveoli delle casse.

I tulipani infatti (fig. 8.96), devono essere sufficientemente flessibili da adattarsi alla posizione della bottiglie sul tappeto, ma non tanto da consentire un pendolamento accentuato.

Essi sono costituiti da un gambo, fissato alla piastra della testa, che porta inferiormente una campanella di plastica rigida.

Internamente alla campanella è montata, con vari sistemi, una guarnizione di para o di gomma sintetica che fa tenuta sul bordo della campana esterna. Tra questa e la guarnizione interna di gomma c'è un intercapedine a tenuta; quando il tulipano scende sulla bottiglia, in questa intercapedine è mandata aria compressa a circa 1 atm. La guarnizione interna si deforma e, tendendo a restringere la luce libera, si stringe attorno al collo del contenitore con forza sufficiente a trattenerlo durante il movimento del carro.

Allorché la bottiglia o il contenitore è stata introdotta nella cassa, l'aria viene scaricata, la guarnizione prende il suo profilo iniziale e lascia libera la bottiglia. La logica di tutte le operazioni è governata da un PLC.

È evidente che la macchina descritta ha un funzionamento ciclico, ossia l'introduzione delle casse avviene per gruppi. Tuttavia esistono anche delle macchine "continue", nelle quali il movimento delle teste è sincronizzato con quello delle casse. Esse hanno una disposizione come quella di fig. 8.97 e si comportano molto bene alle alte velocità, purché le tolleranze delle casse e delle bottiglie o dei contenitori siano contenute in limiti molto ristretti.

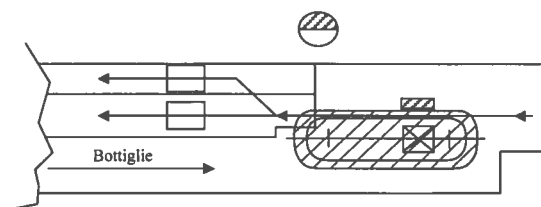


Fig. 8.97 - Incassettatrice a giostra (incassamento continuo).

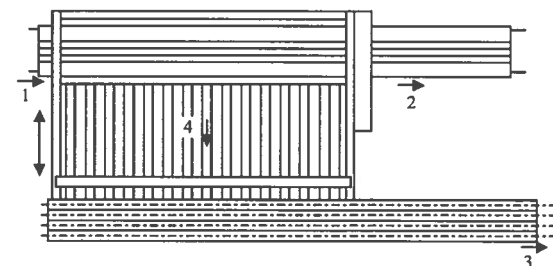


Fig. 8.98 - Layout decassettatrice. 1) Carro mobile; 2) Pista casse; 3) Nastri di uscita; 4) Piano di accumulo.

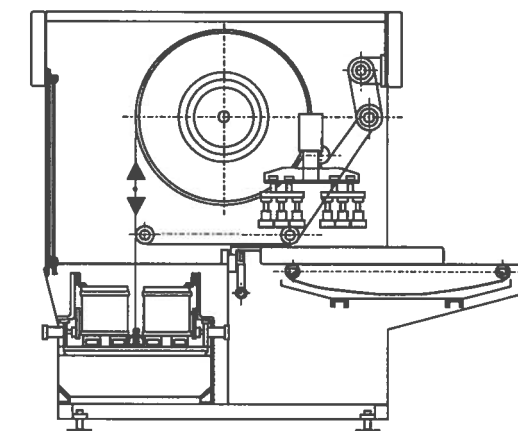


Fig. 8.99 - Decassettatrice a doppia pista-casse.

Le decassettatrici sono speculari alle incassettatrici con un funzionamento inverso. Le teste di presa discendono sulle casse piene, ferme sulla pista casse, agganciano i contenitori, li sollevano e li depongono sulla tavola di accumulo (fig. 8.98).

Una decassettatrice a doppia pista-casse di tipo tradizionale è rappresentata in fig. 8.99. Lo stesso carro porta due serie di piastre di presa distanziate tra loro di una distanza pari alle corrispondenti piste-casse.

L'imballaggio in fardelli

Gli impianti di palettizzazione per fardelli (fig. 8.100)

L'impianto di palettizzazione per fardelli¹³ è costituito dal corpo di palettizzazione e da una serie di trasportatori a rulli motorizzati; questi ultimi hanno la funzione di trasportare il pallet vuoto dall'apposito magazzino alla palettizzazione e, una volta completata la palettizzazione portarlo all'uscita della macchina.

¹³ Vengono definiti *fardelli* gli imballi di due o più confezioni in materiali plastici flessibili termoretraibili o estensibili.

- 1) freno distanziatore
- 2) rulliera singolo ingresso
- 3) rotazione pneumatica
- 4) acceleratore per rotazione pneumatica
- 5) arresto fardelli
- 6) spintore
- 7) struttura di sollevamento
- 8) paracadute
- 9) cestello strato
- 10) trave sollevamento
- 11) carrello orizzontale
- 12) trasportatore zona carico
- 13) arresto paletta
- 14) mettifalda
- 15) magazzino falda
- 16) magazzino palette
- 17) trasporto rulli motorizzati
- 18) fasciatrice
- 19) trasporto rulli folli
- 20) barriera
- 21) guide centraggio paletta
- 22) paracarro
- 23) protezioni perimetrali
- 24) quadro elettrico

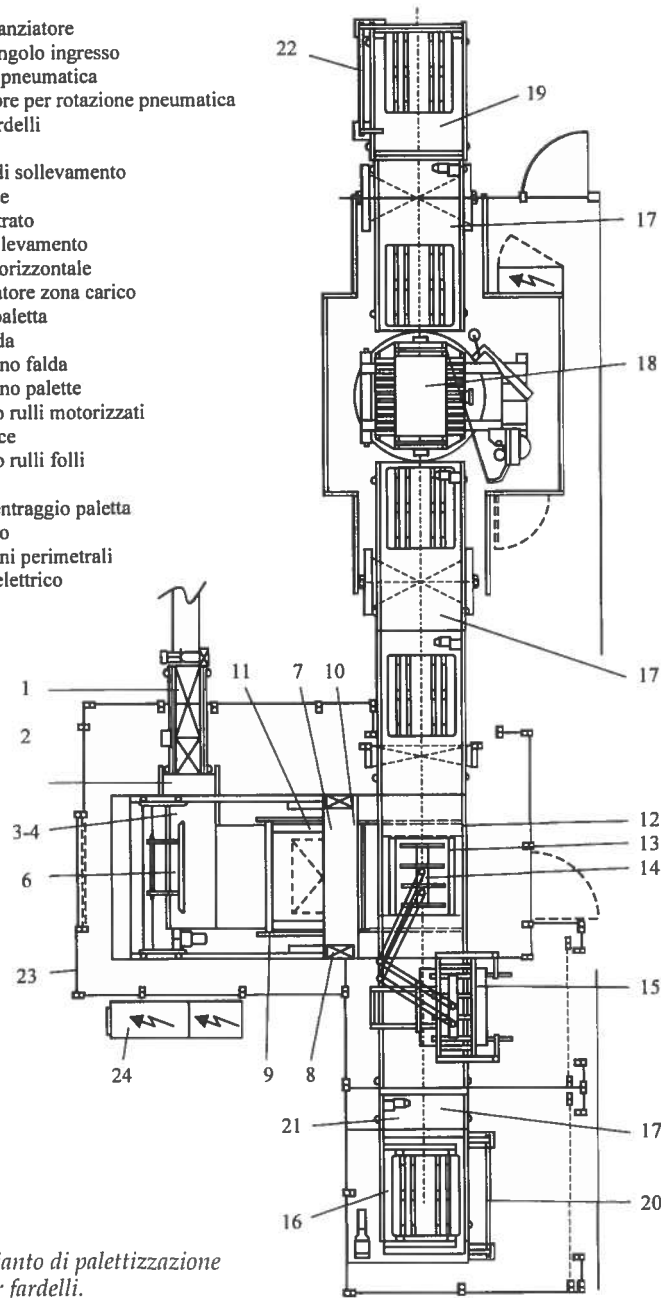


Fig. 8.100 - Impianto di palettizzazione per fardelli.

I fardelli provenienti dalla linea vengono intervallati su un nastro distanziatore e inviati alla rulliera di formazione file, dove si forma lo strato.

Una volta formato l'ultimo strato di fardelli un motoriduttore fa abbassare la barriera dell'introduttore e l'intero strato viene spinto nel cestello.

Lo strato subisce il compattamento su ogni lato dopo che il cestello è stato caricato e, successivamente, tramite la trave di sollevamento, viene spostato e depositato sulla paletta posta nella rulliera davanti al sollevatore. I pallet vuoti stazionano nell'apposito magazzino palette.

Lo spostamento verticale della trave tra i montanti del sollevatore è equilibrato da contrappesi che ne favoriscono l'avanzamento lineare.

Tra un strato e l'altro si interpongono delle falde che vengono posizionate dall'apposito mettifalde per dare maggior stabilità e compattezza alla paletta. Quando una paletta è stata completata, viene trasportata verso la fasciatrice e la macchina nel frattempo si predispone per ricominciare il ciclo.

Freno distanziatore

Il nastro distanziatore è dotato di un doppio tappeto gommato a velocità differenziata che permette di contenere la spinta conferita dai trasportatori a monte e di cadenzare l'ingresso dei fardelli sulla rulliera di formazione file. Ogni nastro (1) (fig. 8.101) è motorizzato con un motoriduttore (2), sostenuto da una struttura in acciaio inox.

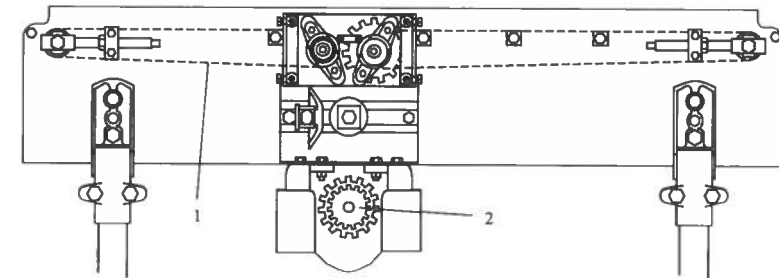


Fig. 8.101 - Freno distanziatore

Il corpo del palettizzatore

Il corpo del palettizzatore si può comporre dei gruppi indicati in fig. 8.102.

Rulliera formazione file-strato

Questa rulliera è costituita da una struttura in acciaio inox che sostiene un piano ai rulli su cui vengono formate le file di fardelli e da un piano in materiale a basso coefficiente d'attrito su cui le stesse file vengono accumulate fino a formare lo strato completo.

I rulli che introducono i fardelli per formare le file sono motorizzati da una cinghia piana ed hanno caratteristiche differenziate: i rulli in ingresso sono rigidi per agevolare la rotazione dei fardelli, mentre nella zona di formazione delle file sono frizionati per consentire l'accumulo progressivo dei fardelli senza sollecitare la cinghia.

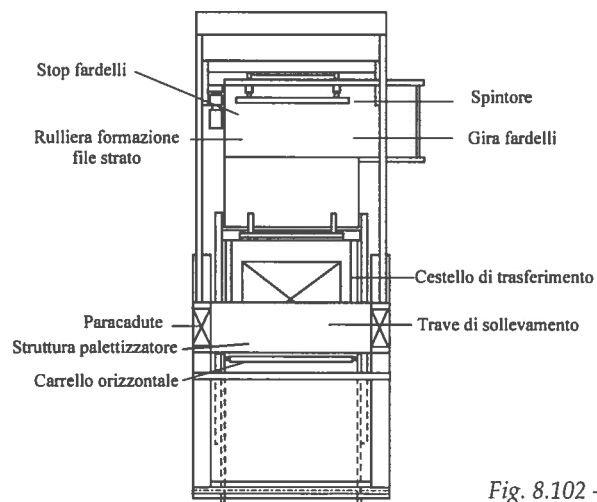


Fig. 8.102 - Corpo del palettizzatore.

Spintore strato

Lo spintore è costituito da una struttura in tubolari di acciaio inossidabile su cui scorre un carrello dotato di barriera mobile.

Una volta che le file sono state preparate sulla rulliera, il carrello, comandato da cinghie dentate, si sposta verso la zona di formazione strato e la barriera del carrello, che si trova in posizione abbassata, sposta le file dalla rulliera sul piano di formazione strato: la possibilità di sollevare detta barriera sopra i fardelli, permette di poter introdurre le nuove file sulla rulliera senza attendere il ritorno del carrello nella posizione di partenza e consente pertanto di raggiungere capacità produttive più elevate.

Il motoriduttore che movimenta il carrello è azionato da un inverter: questo permette di controllare le accelerazioni che i pacchi subiscono nella fase di spinta, in funzione della loro stabilità, raggiungendo così la massima capacità produttiva possibile.

Stop fardelli

Lo stop fardelli è un dispositivo che permette l'arresto dei fardelli giunti davanti allo spintore. Questo fa sì che il loro trasporto sulla rulliera zona spintore avvenga in modo corretto.

La struttura del palettizzatore

La struttura portante del palettizzatore è costituita in genere da un portale in lamiera di acciaio inox all'interno del quale sono contenuti i cinematismi per il sollevamento della trave e del cestello: nel traverso superiore è alloggiato l'albero di sollevamento collegato al motoriduttore e nei montanti scorrono i contrappesi di bilanciamento.

Il motoriduttore, che è posizionato esternamente per favorire l'ispezione e la manutenzione, è controllato da un inverter per garantire movimenti senza brusche accelerazioni.

Carrello orizzontale

Il carrello è formato da due fiancate in alluminio unite da due tubolari flangiati e da un corsoio su cui si impegna la manovella della traslazione orizzontale.

La funzione del carrello è di fornire un sostegno al cestello, seguendolo nel suo moto orizzontale, consentendo altresì di non ingombrare la zona di uscita pallet quando il cestello stesso si trova al carico; la possibilità di poter realizzare contemporaneamente le fasi di uscita pallet pieno e di caricamento cestello consente una capacità produttiva più elevata della macchina.

Trave di sollevamento

La trave di sollevamento supporta il carrello intermedio e il cestello nel loro moto di traslazione verticale.

La rigidità necessaria per assolvere a tale funzione è ottenuta per mezzo di due fiancate in acciaio unite da un traliccio che supporta la motorizzazione della traslazione orizzontale; il cinematismo che realizza tale spostamento è costituito da una manovella e da un corsoio (solidale con il carrello orizzontale) e permette di ottenere un moto uniformemente accelerato e decelerato del cestello che contiene il prodotto.

Paracadute

È costituito da un corpo centrale dal quale fuoriesce un perno che si incastra sulla piastra sagomata fissata al montante; i due paracadute fissati alle fiancate della trave, si azionano nel caso in cui si rompesse la catena del sollevatore, oppure in fase di manutenzione, tramite un comando pneumatico.

Cestello di trasferimento strato

La funzione del cestello è di contenere lo strato preformato, compattarlo alle dimensioni finali e depositarlo sulla paletta.

Poiché è necessario che sia dotato di elevata rigidità strutturale e di basso peso per ridurre le forze d'inerzia durante la traslazione, la struttura del cestello è costituita da due fiancate di acciaio inox unite da un telaio che contiene i cinematismi per l'apertura del piano a rulli e per la compattazione dello strato.

Queste funzioni sono controllabili da tastiera e quindi, nel caso di cambio formato, non è richiesta alcuna regolazione o manutenzione meccanica dei compattatori.

Girafardelli

Questo gruppo è in grado di consentire la rotazione di pacchi in base allo schema di palettizzazione impostato; il sistema è realizzato con una guida azionata da un cilindro pneumatico.

Guida centraggio e arresto paletta

L'arresto è un dispositivo che garantisce la corretta posizione della paletta mentre le guide consentono la centratura del pallet vuoto sotto la zona di lavoro per mezzo di guide regolabili.

Magazzino interfalde

Il magazzino interfalde è un telaio in acciaio inox che poggia su quattro piedi. La parte superiore è costituita da quattro guide verticali (fig. 8.103-1) che hanno la funzione di tenere le falde nella giusta posizione per un corretto prelievo. Su queste guide vengono installate delle spazzole (fig. 8.103-2) in modo da evitare che vengano prelevate due falde attaccate.

Mettifalde o mettifoglio

Il dispositivo mettifoglio è costituito da una colonna in acciaio inox su cui scorre verticalmente un carrello comandato da una cinghia dentata; a tale carrello è collegato un braccio rotante che porta all'estremità un telaio dotato di ventose capaci di trattenere il foglio interfalda. La combinazione del moto di traslazione verticale e di rotazione orizzontale permette alla macchina di prendere i fogli dal magazzino falde e di posizionarlo sul pallet. Alla base del braccio c'è la fotocellula di livello strato che rileva la presenza dello strato di fardelli, in modo che il braccio rotante vi posizioni sopra la falda.

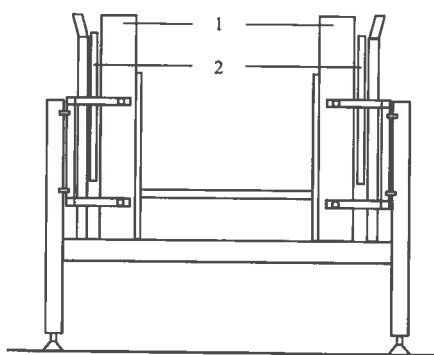


Fig. 8.103 - Magazzino interfalde

Rulliera motorizzata

Le rulliere di trasporto paletta (in diverse zone dell'impianto) sono costituite da due fiancate di acciaio zincato che supportano una serie di rulli motorizzati da una catena tangenziale. Tali fiancate, che naturalmente possono essere di differente lunghezza, supportano anche le fotocellule che controllano lo spostamento delle palette lungo la linea.

Magazzino palette vuote

La funzione del magazzino palette è quella di ricevere le pile di pallet dall'operatore e di cederli singolarmente al trasportatore di alimentazione palettizzatore; la struttura, costituita da un portale di acciaio verniciato, sostiene il meccanismo che controlla il sollevamento del carrello che sfila le palette.

Quest'ultimo è dotato di un dispositivo di presa paletta a due bracci che, azionati da cilindri pneumatici, innestano i loro ganci nelle aperture del pallet.

Due sponde verticali sono fissate alla struttura mobile del carrello tramite bulloni, svolgendo la funzione di guide per i pallet. Le sponde orizzontali sono installate sulla struttura piana della catena di trasporto.

Fasciatrice

È del tutto analoga alla macchina per casse o cartoni già descritta.

Guida paletta

Le guide palette sono dei componenti che consentono il centraggio delle palette stesse sulle rulliere di trasporto

8.8. LA DEPALETTIZZAZIONE DELLE BOTTIGLIE E DEI BARATTOLI

Lo sviluppo delle macchine per la depalettizzazione delle bottiglie e dei barattoli ha ricevuto una notevole impulso dall'affermarsi sul mercato dei vuoti a perdere. Indipendentemente dal tipo (bottiglia di vetro, bottiglie in PET, barattolo) i contenitori arrivano allo stabilimento su pallet palettizzati per strati sovrapposti su interfalde.

Il pallet confezionato è reso compatto e protetto da un "cappuccio" in polietilene termoretraibile; più raramente in estensibile. Per le piccole produzioni, o per lavorazioni-test sono sufficienti le macchine semiautomatiche del tipo mostrato in fig. 8.104. Esse consistono in un carrello mobile azionato a mano, portante una tesata di presa delle bottiglie, che a mezzo di una carrucola si abbassa manualmente fino allo strato delle bottiglie, le preleva e le depone, mediante traslazione a mano sul pianale di accumulo. Le bottiglie, trattenute da tulipani, vengono rilasciate facendo scaricare l'aria in pressione nei tulipani.

La potenzialità di queste macchine è piuttosto bassa e dipende dall'abilità e dalla capacità dell'operatore: in ogni caso la potenzialità non supera gli 1,5 strati al l'.

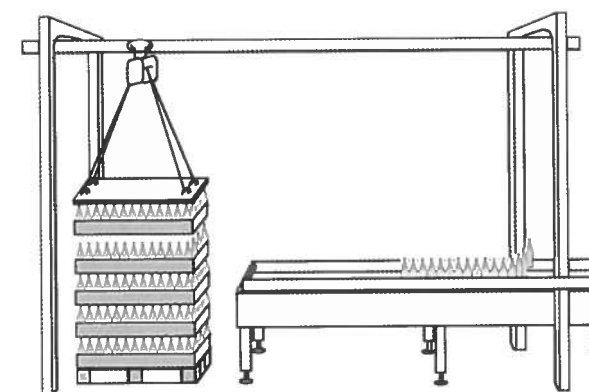


Fig. 8.104 - Depalettizzatore semiautomatico di bottiglie.

Per l'alimentazione di linee ad elevatissima resa è necessario ricorrere alle macchine automatiche (fig. 8.105).

Il pallet liberato dell'avvolgimento in termoretraibile viene posto sulla rulliera d'ingresso che lo trasla su una rulliera mobile analoga a quella dei palettizzatori e dei depalettizzatori di casse.

Tale rulliera solleva il pallet, strato per strato, in corrispondenza del tappeto di uscita; in questa posizione un carrello traslatore (fig. 8.106), dopo aver consolidato il pacco (fig. 8.107) spinge le bottiglie sul tappeto di uscita.

L'interfalda viene espulsa da un sistema prensile a depressione. Normalmente queste macchine sono dotate di un magazzino pallet vuoti e di un magazzino per le interfalde.

La loro resa assoluta può agevolmente superare i 4 strati per l'. Per il loro corretto funzionamento è necessario che il confezionamento del pallet sia pressoché perfetto e che le interfalde siano integre e prive di impronte di fondi troppo marcate.

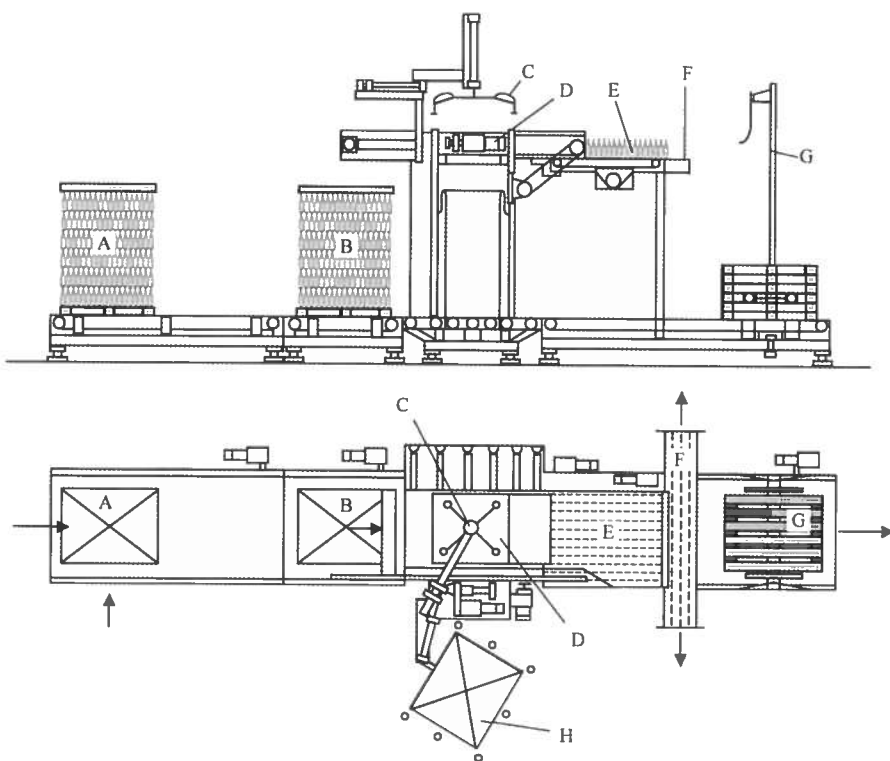


Fig. 8.105 - Linea di alimentazione vuoti ad elevata resa:

A) Carico pallet - B) pallet in sosta - C) Testa di presa dei vassoi e dei cartoni - D) Elevatore-discensore dei pallet - E) Tavola d'accumulo delle bottiglie - F) Nastri trasportatori delle bottiglie - G) Magazzino dei pallet di base - H) Magazzino dei cartoni).

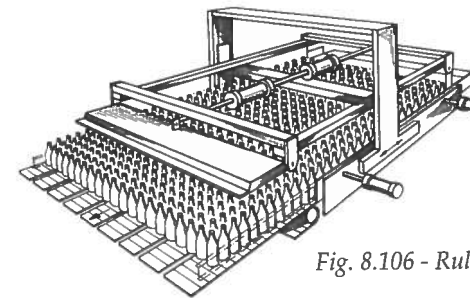


Fig. 8.106 - Rulliera di ingresso.

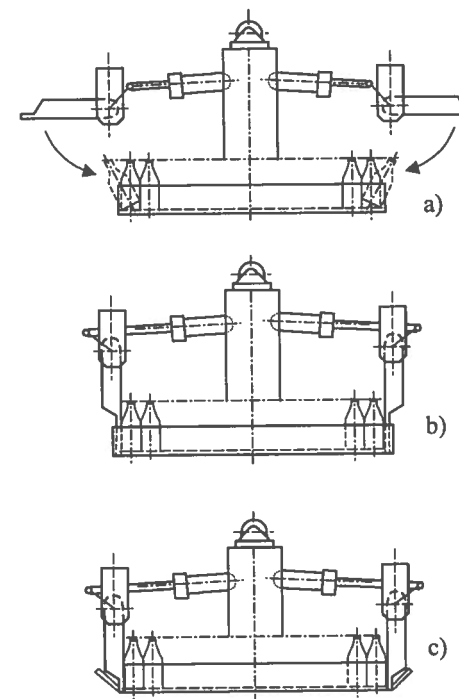


Fig. 8.107 - Consolidamento pacco.

8.8.1. I depalettizzatori bottiglie o contenitori a paletta ferma dal basso

Sono molto diffuse le macchine del tipo a paletta ferma con scarico dello strato in basso per la depalettizzazione di contenitori sfusi, quali bottiglie in vetro o materiale plastico, vasetti, barattoli. Lo scarico dello strato avviene ad un'altezza di circa 1000 mm da terra: ciò consente un miglior controllo da parte dell'operatore, che lavora sempre a terra senza quindi l'obbligo di salire su scale, pedane, ecc., con indubbi vantaggi sia in termini operativi che antinfortunistici.

La macchina è particolarmente adatta laddove si richiedano potenzialità elevate, alta affidabilità, ridotta manutenzione, bassi livelli di rumorosità e resistenza ad ambienti corrosivi.

La caratteristica che differenzia questo tipo di depalettizzatore rispetto ad altre macchine esistenti sul mercato, consiste nel centratore strati che è dotato di un comando di salita e discesa indipendente dal carrello principale, ma sincrono con esso: tale sistema riduce le cadute accidentali delle bottiglie e dei contenitori, perché in nessuna fase del ciclo essi sono lasciati liberi.

Nella sua configurazione tipica la macchina è costituita dai seguenti aggregati:

- Trasportatore centrale palette a catene.
- Gruppo di sollevamento a due montanti con contrappesi.
- Carrello telescopico di traslazione strato.
- Gruppo di spinta strato con quattro guide perimetrali.
- Pianale ausiliario di trasferimento strato.
- Centratore perimetrale degli strati.
- Dispositivo di bloccaggio falde durante la fase di spinta.
- Gruppo per la rimozione delle falde e/o cappucci.

Il palettizzatore è a struttura modulare e può essere completato con vari accessori quali:

- Trasportatori palette a catene e/o rulli motorizzati in ingresso.
- Impilatore palette vuote.
- Bancale di scarico a catene inox o plastica.
- Sistema controllo palette vuote.

Il depalettizzatore automatico per bottiglie e contenitori vuoti dall'alto

Descrizione macchina

Il depalettizzatore è concepito per la depalettizzazione di vetro nuovo o altri contenitori O.W., secondo il principio del braccio di spinta e cessione delle bottiglie dall'alto. Possono venire lavorate palette con interfalda o coperchio. Il sistema a spinta rende la macchina indipendente dal tipo di confezionamento della palette e depalettizza, senza particolari accessori, contenitori di diverso diametro ed altezza. La macchina lavora automaticamente, ma



Fig. 8.108 - Depalettizzatore (Simonazzi).

l'allontanamento del termoretraibile di protezione della palette avviene manualmente.

Sistema di lavoro

Dopo l'allontanamento manuale o automatico del termoretraibile o altro elemento di compattazione, la palette entra nel corpo ascensore della macchina. Qui viene centrata e, mediante sollevatore, portata all'altezza di depalettizzazione. Un dispositivo, provvisto di ventose e governato dal braccio di spinta, provvede all'allontanamento dell'interfalda depositandola nell'apposito contenitore. Dopo questa fase la palette viene innalzata nel campo d'azione del braccio, il quale spinge il primo strato sul tavolo d'uscita, i cui nastri hanno movimento intermittente. Al punto finale di questa fase viene presa la successiva interfalda che, durante il ritorno del braccio, viene depositata nel contenitore. Questa sequenza si ripete tante volte quanti sono gli strati della palette che, a svuotamento avvenuto, viene riportata al piano di carico e lascia la macchina. Tutta la successione dei movimenti è comandata elettronicamente.

Apposite pinze provvedono alla tenuta dell'interfalda, nel caso questa non abbia bordo, durante il tempo di spinta delle bottiglie.

Costruzione

In genere la struttura della macchina è in acciaio al carbonio e la macchina poggia su piedi a calotta regolabili in altezza. La trazione del sollevatore, del dispositivo a ventose e la spinta contenitori è assicurata dai motoriduttori.

Trasporto in uscita

Il tavolo di evacuazione bottiglie è dotato di trasportatori a catena (acciaio inox al Ni-Cr o in plastica). Il trasporto ad intermittenza garantisce un movimento delle bottiglie sicuro e stabile. In caso d'ingorgo, la macchina si ferma fino al ripristino delle condizioni di lavoro.

Trasporto palette

Il trasporto delle palette è previsto a catena o rulli (a seconda del tipo di palette). La successione automatica delle fasi di lavoro è governata da lettura con fotocellule e PLC.

Equipaggiamento elettrico ed elettronico

È preferibile che la macchina venga fornita dal costruttore completamente cablata. Il computer che la gestisce deve essere collocato in un quadro elettrico stagno all'acqua ed alla polvere, nel quale si trovino anche tutte le apparecchiature elettriche di comando, le sicurezze ed i trasformatori. Impulsi di comando mediante sensori e fotocellule. Segnalazioni con luci spia.

Conduzione

Tutti i comandi, così come le segnalazioni luminose e gli interruttori di sicurezza devono essere su un pulpito separato, montato su pedana, a portata di

operatore. La pedana è indispensabile e la sua misura minima deve essere di 2 m², con scala di accesso. La macchina è completamente automatica con possibilità di lavoro in manuale.

Ingrassaggio

L'oliatura catene, il cambio dell'olio ai motoriduttori sono da eseguire dopo intervalli di tempo prefissati. In genere vi sono pochi punti d'ingrassaggio, in quanto i cuscinetti e i supporti è bene che siano autolubrificanti.

Verniciatura

La verniciatura a fuoco di tutte le parti in acciaio al carbonio deve essere fatta prima della lavorazione. La verniciatura di fondo, in genere, è a base di resine epossidiche.

Prevenzione infortuni

La macchina deve essere costruita secondo le norme vigenti sulla sicurezza del lavoro e l'impianto elettrico deve essere a norma CEI.

Vi devono essere delle fotocellule di sicurezza per la protezione dell'operatore e l'interruttore di emergenza deve essere posto sulla parte frontale e sul retromacchina.

Eventuali equipaggiamenti speciali:

- Sollevatore: la macchina deve poter ricevere palette con altezza massima di 3.000 mm.
- Contenitore separato per interfalde.
- Il tavolo di uscita deve svolgere anche la funzione di polmone. La lunghezza del tavolo sarà variabile in funzione delle esigenze dell'utilizzatore.
- Apparecchiatura sussidiaria per diverse altezze di contenitori e differenti misure di palette.
- Dispositivo "a ventose" per l'allontanamento dell'interfalda.
- La macchina deve essere completa di magazzino palette.

La decappucciatura dei pallet bottiglie

I pallet di bottiglie da vetreria sono protetti per motivi igienici, ma soprattutto per conferire stabilità alla paletta confezionata, da un cappuccio di polietilene termoretrato.

Questo deve essere rimosso prima dell'ingresso della paletta nel depalettizzatore. L'operazione può essere fatta manualmente quando le bottiglie nuove vanno a reintegro della produzione; nelle linee che lavorano esclusivamente bottiglie da vetreria vengono impiegate decappucciatrici automatiche (fig. 8.109) che vengono poste a monte del depalettizzatore

Esse (fig. 8.109) costano di una rulliera di ingresso, di un corpo macchina dove viene eseguito il taglio del cappuccio e il sollevamento della guaina di polietilene, di una stazione per il deposito della guaina aperta e di una rulliera di uscita.

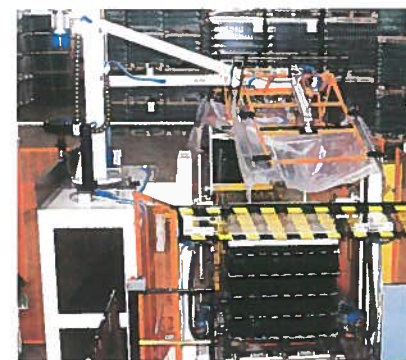
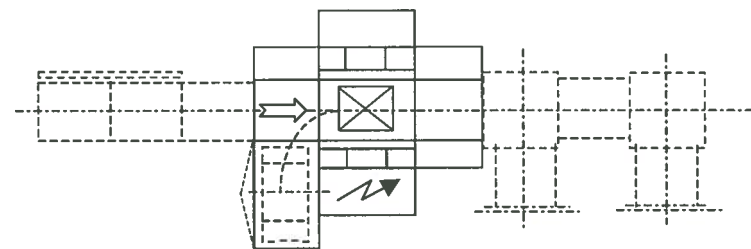


Fig. 8.109 - Macchina decappucciatrice (vista in pianta e foto).

L'azionamento di quest'ultima rulliera viene comandato dalla macchina di depalettizzazione a valle. La macchina in genere ha la possibilità del "cambio formato".

Le macchine fardellatrici

Principio di funzionamento

Con il termine *fardellatura* viene indicata l'operazione di imballaggio secondario in polietilene termoretraibile che involupa un gruppo di contenitori, normalmente in numero pari, poggiati o meno su un supporto (falda o vassoio) in cartone o materiale sintetico.

Questo tipo di imballaggio, largamente diffuso per le confezioni a perdere, sfrutta la caratteristica del foglio di polietilene, che viene leggermente mono-orientato (prestirato) in fase di fabbricazione, di termoretrarsi ad una temperatura intorno ai 70+80 °C.

Concettualmente una macchina fardellatrice è abbastanza semplice e si compone delle seguenti sezioni:

- introduzione contenitori
- dispositivo selezionatore pacchi a moto continuo
- svolgimento e taglio del film
- lancio film e avvolgimento contenitori
- forno di termoretrazione.

Il funzionamento della macchina, con riferimento alla fig. 8.110 che non prevede la barra saldante, è abbastanza semplice. La macchina è dotata di tap-

peto di alimentazione a più canali con dispositivo di smistamento all'ingresso. Un sistema di selezione a moto continuo provvede a separare il gruppo di contenitori da avvolgere. Mentre il piano dei contenitori avanza, il film viene svolto dalla bobina e un'apparecchiatura elettronica controlla lo svolgimento, in modo da mantenere il film sempre teso lungo tutto il suo percorso. Una cesoia rotante, composta da lama e controlama, taglia il film in spezzoni di lunghezza adeguata al pacco. La lunghezza di questi spezzoni è selezionata in rapporto ai diversi formati che la macchina può lavorare.

L'alimentazione del film alla stazione di avvolgimento avviene in continuo a velocità variabile programmata per ogni formato. Il lembo anteriore del film viene posizionato sotto il gruppo dei contenitori, una barra rotante provvede all'avvolgimento pacco, sovrapponendo il lembo posteriore a quello anteriore. Il fardello entra nel forno, dove avviene la termoretrazione del film e la saldatura dei due lembi. All'uscita un sistema di ventilazione ne accelera il raffreddamento.

Le macchine sono completamente automatiche e i comandi e i controlli sono centralizzati su una consolle provvista di display e visualizzatori alfanumerici, funzioni di autodiagnosi, comandi manuali, selezioni programmi di lavoro e accesso alle temporizzazioni e ai controlli per la manutenzione.

La linea di fardellatura

Una linea di fardellatura si compone delle seguenti parti:

- Introduzione bottiglie, nella quale le bottiglie sono disposte per file separate.
- Separazione pacchi.
- Preparazione vassoi.
- Disposizione pacchi su vassoi.
- Svolgimento taglio film.
- Lancio film e avvolgimento pacco.
- Forno di termoretrazione.

Queste linee molto spesso sono attrezzate per apporre al pacco, prima della retrazione o dopo la retrazione, la cosiddetta *maniglia da asporto*, consistente in una striscia autoadesiva con stringa di cartone o plastica centrale, non adesiva, che aderisce ai due lati della mezzeria del pacco e ne facilita la presa.

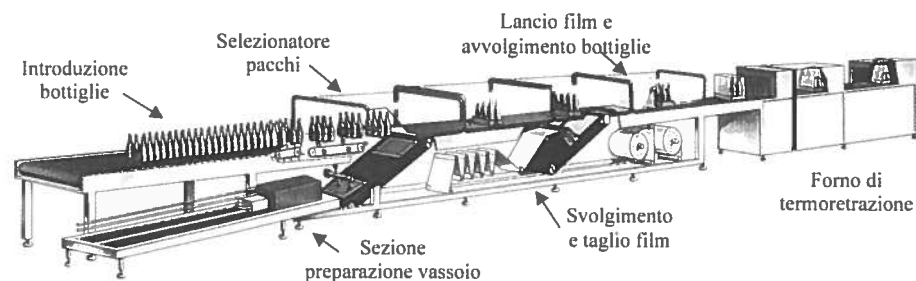


Fig. 8.110 - Linea di fardellatura (OCME).

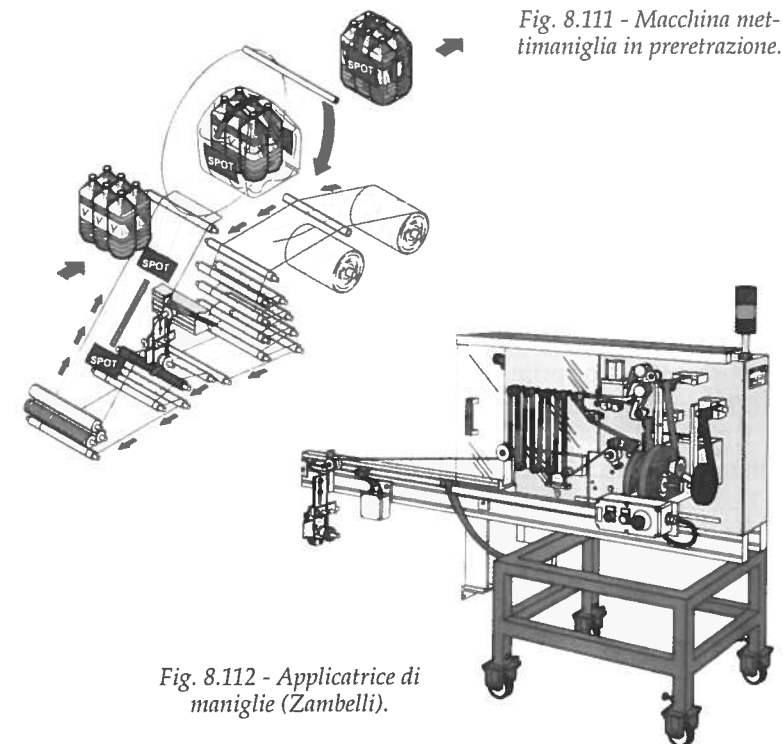


Fig. 8.111 - Macchina mettimaniglia in preretrazione.

Fig. 8.112 - Applicatrice di maniglie (Zambelli).

L'apposizione della maniglia in preretrazione è realizzata da un aggregato denominato *mettimaniglia* (fig. 8.111) secondo la sequenza di fig. 8.112. Le parti adesive della striscia aderiscono al foglio di plastica in una posizione ben precisata a mezzo di una tacca di riferimento portata dal termoretraibile.

L'incartamento "wrap-around"

L'incartamento dei contenitori "pieni" può essere eseguito per avvolgimento (wrap-around) o per incartamento in cartoni preformati. Nel confezionamento dei prodotti di massa il primo sistema ha quasi totalmente soppiantato il secondo, che si dimostra inadatto agli elevati ritmi produttivi delle attuali linee di confezionamento. Ci soffermeremo pertanto sul sistema wrap-around.

I principi costruttivi delle linee di imbottigliamento wrap-around sono analoghi a quelli visti per la fardellatura (fig. 8.113).

L'incartatrice si compone di tre sezioni:

- 1) il preparatore pacchi bottiglie;
- 2) il formatore cartoni;
- 3) il riempimento e la chiusura dei cartoni.

Il preparatore pacchi bottiglie è del tutto analogo a quello impiegato per le fardellatrici; infatti nella configurazione di fig. 8.114 la sezione *formazione pacchi* di una fardellatrice viene accoppiata ad una sezione di formatura, riempimento e chiusura contenitori.

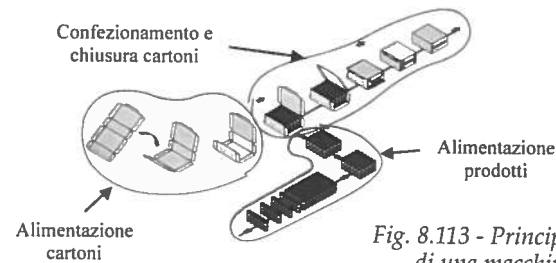


Fig. 8.113 - Principio di funzionamento di una macchina wrap-around.

Il prodotto viene prima raggruppato in uno shuffer (1) e posizionato da un divisore (2) quindi, spinto nel cartone, preventivamente piegato, da uno spintore (3).

Il formatore di cartoni

I cartoni fustellati sono prelevati da un apposito braccetto a ventosa (5) dal magazzino (4) (normalmente alimentato a mano), e posizionati all'interno della linea di trasporto e trasportati nella zona di riempimento (6). Prima di giungere alla zona di riempimento, il fustellato viene preparato per ricevere il prodotto:

- Il cilindro (7) prepara il fondo.
- Appena il cartone va avanti apposite guide (8) piegano il fustellato.
- Infine vengono chiuse le patte posteriore e anteriore (9 e 10).

Riempimento e chiusura cartoni

Lo spintore (3) spinge il pacco nel cartone, il procedimento di chiusura inizia per effetto del movimento stesso del cartone:

- La guida (11) chiude la patta anteriore del cartone (10).
- La guida (12) chiude la patta posteriore (9).
- La guida curva (13) chiude la falda top (14).
- Le guide laterali (15) chiudono le patte laterali (16).
- Con il movimento di avanzamento il cartone aziona l'applicatore di colla (17).
- Il cartone raggiunge il punto di stop (18).
- La guida (19) azionata da un cilindro (20) chiude la patta di top (21).
- Le guide pressanti laterali (22) chiudono le patte (16).

Completata la chiusura, alla fine del convogliatore lineare, il cartone viene avviato mediante due cinghie (23) sul nastro di uscita.

I robot di incassetamento/decassetamento - palettizzazione e depalettizzazione

La robotica nell'imballaggio

Da qualche decennio sullo scenario delle tecnologie alimentari hanno fatto la loro comparsa i robot che hanno trovato grandissima applicazione in

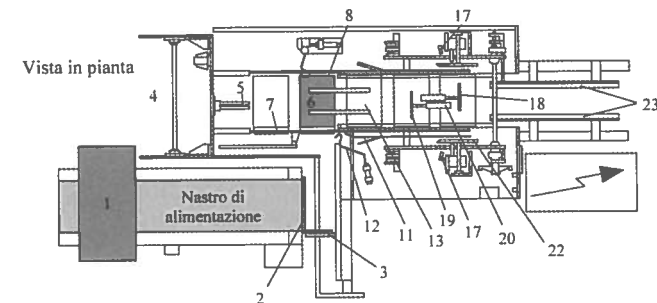
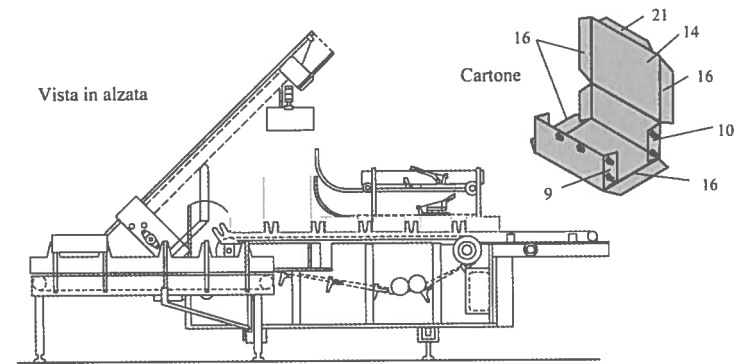


Fig. 8.114 - Macchina wrap-around (Zambelli). a) vista in alzata, b) vista in pianta.

molti operazioni di imballaggio; in particolare l'incassetamento, il decassetamento, la depalettizzazione e la palettizzazione.

Le funzioni di imballaggio secondarie (incassetamento - decassetamento e incartonamento) e di palettizzazione possono essere eseguite da macchine costituite da un braccio articolato e da una testa di presa appositamente progettata per l'operazione da eseguire.

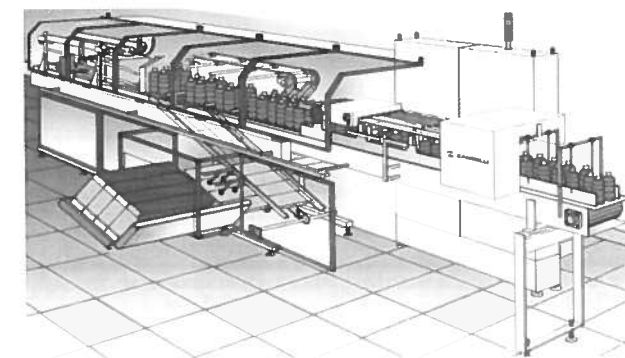


Fig. 8.115 - Macchina incartonatrice wrap-around (Zambelli).

L'adozione di queste tecnologie, là dove esistano i presupposti economici e impiantistici, ha comportato notevoli vantaggi, quali:

- Affidabilità elevata
- Massima precisione, con rigorosa ripetitività dei movimenti
- Ridotta manutenzione
- Grande flessibilità operativa che si estrinseca in:
 - Facile inserimento anche in layout di linea esistenti
 - Riduzione degli spazi occupati
 - Semplicità dei cambi formato e dei cambi di schema di palettizzazione
 - Possibilità di cambio automatico della testa di presa
 - Possibilità di cambio applicazione, salvaguardando il braccio robot.

Le possibilità operative di un robot da imballaggio correntemente impiegato sono riportate nella **tab. 8.I**.

Nel confezionamento alimentare vengono usati robot a quattro o sei assi (con o senza polso) con un carico massimo ammissibile fino a 400 kg.

Il numero operativo di cicli può arrivare fino a 12/1'.

Le teste di presa possono essere con:

- Prese laterali, che consentono il gripping per strato attraverso ganci per le casse e lamelle laterali e intermedie per cartoni e fardelli; il gripping per file senza lamelle intermedie.
- Presa dall'alto per mezzo di testa aspirante, con presa di collo attraverso aste laterali, bande gonfiabili e sistemi analoghi; presa di punta con testine pneumatiche.
- Prese dal basso con pettine tra rulli.

I robot depalettizzatori. Per le casse lavorano con gripping per file / per strato. Per contenitori sfusi (vetro - PET) lavorano con presa di collo con aste laterali / bande gonfiabili.

Per lattine sfuse lavorano con presa dall'alto con testa aspirante.

La capacità di lavoro (resa della macchina) è mediamente di 6 strati al 1'.

I robot inca-decassettatori. Lavorano con testine gonfiabili su singola o doppia pista. Con cinque teste hanno capacità di lavoro di 2400 casse/ora.

I robot per magazzino casse. Lavorano per gripping su singola o doppia pista. In abbinamento con gli LGV¹⁴ offrono espansione praticamente illimitata del magazzino senza strutture fisse.

I robot palettizzatori. Le macchine per casse lavorano con gripping per file o per strappo. Le macchine per fardelli con interfalde, con gripping per file o gripping per strato¹⁵ con lamelle intermedie. Le interfalde possono essere apposte con lo stesso robot (in questa scelta la resa oraria viene molto penalizzata) o

¹⁴ LGV (Laser Guide Vehicle).

¹⁵ Il gripping per strato con lamelle intermedie consente una resa pressoché doppia rispetto al gripping per file.

Funzione	Packaging	Metodo	Capacità	Prod.	Note	Formato di Rif.
Depalettizzatore	Casse	Gripping per file	6 strati/min.			
	Bottiglie sfuse	Preso di collo con aste laterali	6 strati/min			
	Lattine sfuse	Preso con testa aspirante	6 strati/min			
Inca./Decass.	Casse	Testine gonfiabili		2.400 c/h	Possibilità di cambio formato automatico	5 casse/testa
Magazzino casse	Casse	Gripping			In abbinamento con LGV, possibilità di espansione illimitata senza infrastrutture	
Palettizzatore	Casse	Gripping per file	6 file/min	24.000 bph		Cassa 3x4 Schema 4+4 5 strati
		Gripping per strato	5,5 strati/min	32.000 bph		
	Fardelli bottiglie	Gripping per file	5 file/min	13.500 bph	Interfalda depositata dal Robot stesso	Fardello 3x2 1,51 Schema 7+7+7 5 strati
			8,5 file/min	21.500 bph	Interfalda depositata da braccio esterno	
		Gripping per strato	2,5 strati/min	20.000 bph	Interfalda depositata dal Robot stesso	
			5,5 strati/min	42.000 bph	Interfalda depositata da braccio esterno	
	Fardelli lattine & Cartoni	Gripping per file	9 file/min	40.000 cph	Senza interfalda	Fardello 6x4 0,33L Schema 3+2+2+2 13 strati
		Preso dall'alto con testa aspirante	8,5 strati/min	110.000 cph	Senza interfalda	
	Bottiglie PET vuote	Preso di collo con aste laterali	3 strati/min	26.000 bph	Con "Palet-Pack"	145 bott./strato 6 strati
	Bottiglie PET piene	Testine gonfiabili	2,5 strati/min.	15.000 bph	In "Display-Tray"	96 bott./strato 4 strato

Tab. 8.I - Funzioni operative dei robot nel confezionamento alimentare.

con dispositivo esterno (la resa rispetto al caso precedente è incrementata del 70-80 %.

Le macchine per fardelli di lattine o per cartoni senza interfalde lavorano con gripping per file o con presa dall'alto con testa aspirante (in questo caso la resa raddoppia).

Le macchine per bottiglie PET vuote utilizzano la presa di collo con aste laterali / bande gonfiabili ed hanno una resa media di tre strati per minuto.

Le macchine per bottiglie piene in PET usano testine gonfiabili, "tipo incassettatrici", ed hanno una resa media di 2,5 strati al 1'.

I robot per applicazioni speciali consentono di effettuare due o più azioni contemporaneamente come ad esempio la depalettizzazione con gripping per file e/o per strato e il decassettamento con testina gonfiabile. Ovvero l'incassettamento - pallettizzazione con incassettamento con testine gonfiabili e la palettizzazione con gripping per file e per strato.

Le isole robotizzate. Si definiscono isole robotizzate le postazioni di lavoro che utilizzano il robot come macchina principale, corredata di tutti i suoi periferici e attrezzature.

Esse hanno un layout del tipo rappresentato in **fig. 8.116** che si riferisce ad un'isola per la palettizzazione di cartoni.

Funzionamento dell'isola robotizzata

L'impianto descritto è stato progettato per la palettizzazione dei cartoni¹⁶.

L'operatore, tramite un carrello, deposita la paletta o le palette vuote sul magazzino palette. Quando il carrello ha liberato la fotocellula di controllo della zona di carico, la paletta viene trasferita sul trasportatore a tre catene.

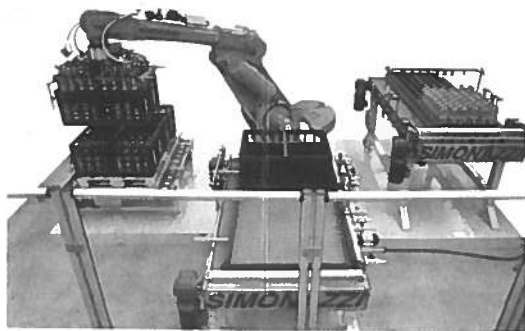


Fig. 8.116 - Isola robotizzata.

La paletta vuota si va a posizionare sul trasporto a tre catene sotto la testa di presa. Una volta arrestata, la paletta viene controllata (tramite fotocellule) e se questa risulta posizionata correttamente, il robot inizia il suo ciclo di lavorazione.

Il robot preleva uno strato di cartoni provenienti dal freno distanziatore e

¹⁶ Le posizioni citate nella descrizione di seguito si riferiscono al layout riportato nella **fig. 8.117**

scende sulla paletta vuota, posizionandolo secondo lo schema stabilito. Una volta raggiunta l'altezza giusta, il robot apre la pinza depositando lo strato, risale, ruota e preleva un altro strato. A questo punto effettua un altro ciclo simile al precedente.

Quando la fotocellula di controllo dell'ultimo strato va "in luce", si aprono gli arresti paletta e la paletta piena viene trasferita alla fasciatrice. Quindi gli arresti paletta si richiudono.

Di seguito sono elencati i gruppi componenti la linea, riportati nel layout di **fig. 8.117**.

- Freno distanziatore
- Trasportatori a 3 catene
- Trasporti a rulli
- Arresto paletta
- Rotazione pneumatica cartoni
- Robot
- Testa di presa
- Magazzino interfalde
- Magazzino palette vuote
- Paracarro

Freno distanziatore. Il nastro distanziatore è dotato di un doppio tappeto gommato a velocità differenziata che permette di contenere la spinta data dal sistema di trasporto a monte e di cadenzare l'ingresso dei fardelli sul trasportatore di formazione strato. Ogni nastro è motorizzato da un motoriduttore, sostenuto da una struttura in acciaio inox. Si può far riferimento alla **fig. 8.101**.

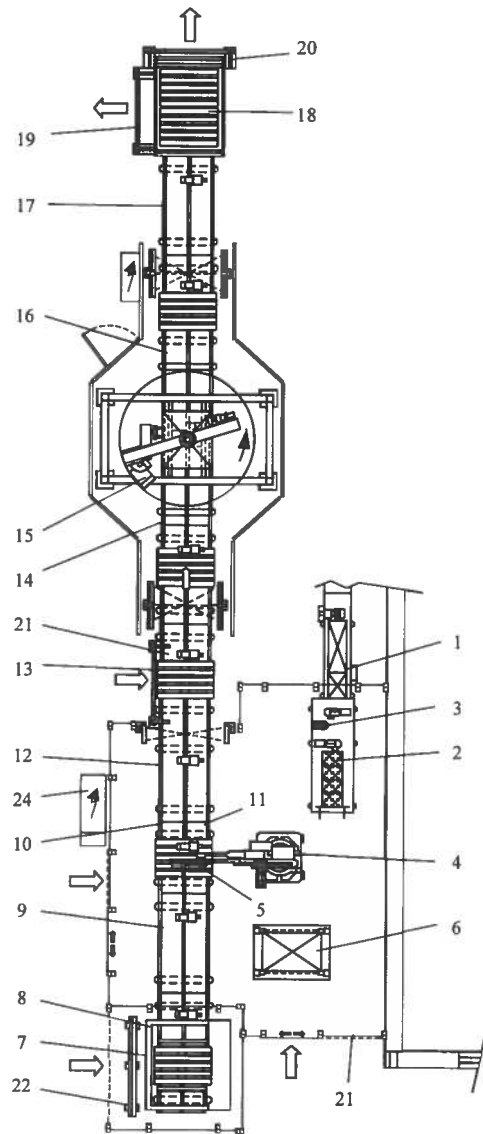
Trasportatori a 3 catene. Il trasportatore a 3 catene è costruito con fiancate in acciaio punzonate. Il movimento avviene tramite una trasmissione a catena (**fig. 8.118**) tra l'albero del motoriduttore e l'albero di traino catenaria. La struttura del trasporto è regolabile in altezza tramite piedi d'appoggio.

Trasporti a rulli. Le rulliere di trasporto paletta (in diverse zone dell'impianto) sono costituite da due fiancate di acciaio che supportano una serie di rulli motorizzati da una catena tangenziale. Tali fiancate, che naturalmente possono essere di differente lunghezza, supportano anche le fotocellule che controllano lo spostamento delle palette lungo la linea.

Arresto paletta. L'arresto è un dispositivo che garantisce la corretta posizione della paletta sul trasportatore a 3 catene.

Rotazione pneumatica cartoni. Il gruppo in oggetto è in grado di ruotare i cartoni per consentirne la corretta posizione in base allo schema di palettizzazione; questo è realizzato con una guida movimentata da un cilindro pneumatico.

Robot. Il robot gestisce, tramite un apposito software, i movimenti della testa di presa (es. apertura e chiusura bandelle etc.) e degli organi di presa.



- 1) Freno distanziatore
- 2) Rulliera singolo ingresso
- 3) Rotazione pneumatica
- 4) Acceleratore per rotazione pneumatica
- 5) Stop fardelli
- 6) Spintore
- 7) Struttura di sollevamento
- 8) Paracadute
- 9) Cestello strato
- 10) Trave sollevamento
- 11) Carrello orizzontale
- 12) Trasportatore zona carico
- 13) Arresto paletta
- 14) Mettifalda
- 15) Magazzino falda
- 16) Magazzino palette
- 17) Trasporto rulli motorizzati
- 18) Fasciatrice
- 19) Trasporto rulli folli
- 20) Barriera
- 21) Guide centraggio paletta
- 22) Paracarro
- 23) Protezioni perimetrali
- 24) Quadro elettrico

Fig. 8.117 - Layout isola robotizzata.

Testa di presa. La struttura della pinza è costruita in lamiera di acciaio inox piegata ed imbullonata. La presa del fardello avviene tramite un sistema di 2 carrelli scorrevoli azionati da 2 cilindri pneumatici. Alle estremità dei carrelli si trovano le bandelle di presa fardelli: queste sono realizzate in modo da chiudersi per non essere da intralcio quando la pinza lavora con le falde. La forza applicata alle bandelle è regolata da un riduttore. La presa delle falde avviene tramite le ventose, queste sono retrattili per mezzo dei cilindretti di pressione a bordo pinza.

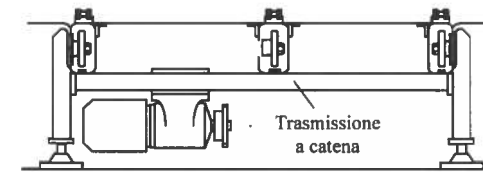


Fig. 8.118 - Trasportatore a 3 catene.

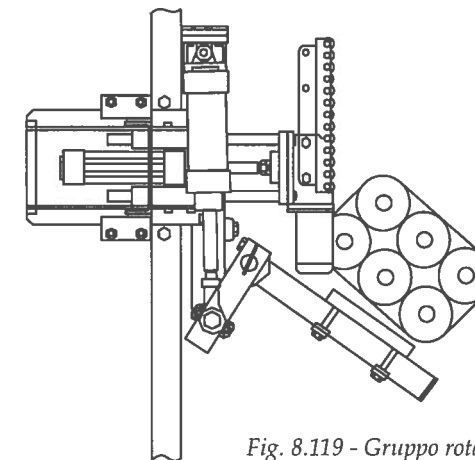


Fig. 8.119 - Gruppo rotazione pneumatica cartoni.

Magazzino interfalदे. Il magazzino interfalदे è un telaio in acciaio che poggia su quattro piedi. La parte superiore è costituita da quattro guide verticali (fig. 8.120-1) che hanno la funzione di tenere le falde nella giusta posizione per un corretto prelievo. Su queste guide sono installate delle spazzole (fig. 8.120-2) in modo da evitare che ne vengano prelevate due sovrapposte adiacenti.

Magazzino palette vuote. La funzione del magazzino palette è quella di ricevere le pile di pallet dall'operatore e di cederle singolarmente al trasportatore di alimentazione palettizzatore; la struttura, costituita da un portale di acciaio verniciato, sostiene il meccanismo che controlla il sollevamento del carrello che sfi-

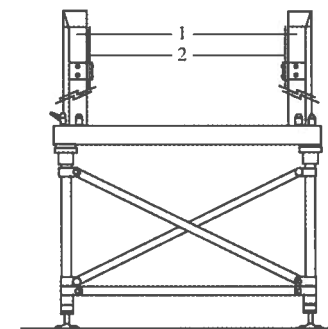


Fig. 8.120 - Magazzino interfalदे.

la le palette. Quest'ultimo è dotato di un dispositivo di presa palette a due bracci che, azionati da cilindri pneumatici, innestano i loro ganci nelle aperture del pallet. Due sponde verticali sono fissate alla struttura mobile del carrello tramite bulloni, svolgendo la funzione di guide per i pallet. Le sponde orizzontali sono installate in corrispondenza della catena di trasporto.

Paracarro. Il paracarro è posizionato sulle rulliere di prelievo e posizionamento palette e serve a fermare il carrello elevatore nel caso avanzi verso la rulliera più del necessario.

8.9. I CICLI TECNOLOGICI COMPLETI

È opportuno far riferimento ad un *ciclo tecnologico generalizzato* (fig. 8.121) per sistematizzare lo studio degli aspetti tecnici dell'industria alimentare; tale ciclo, opportunamente integrato e specializzato può essere esteso alla generalità degli alimenti.

Tuttavia tale ciclo, sostanzialmente immutato nella logica di processo, da quando, alla fine del secolo XIX le tecniche di produzione alimentare divennero pratica industriale, deve essere adattato continuamente alle rapide innovazioni introdotte dai nuovi materiali, dalle nuove tecnologie di produzione, dalle nuove esigenze di mercato.

8.9.1. La flessibilità degli impianti alimentari

Infatti per poter seguire positivamente l'evoluzione del mercato¹⁷, un impianto alimentare deve essere flessibile¹⁸ al massimo grado possibile, nei termini già precisati al capitolo III del presente volume. Tuttavia per alcune necessarie precisazioni si ripropone di seguito la fig. 8.121.

Per gli impianti di produzione di massa di prodotti alimentari, da tempo nella fase consolidata del loro sviluppo, la *gestibilità* si propone come una qualità più importante rispetto alla *adattabilità*, la quale, viceversa, risulta maggiormente desiderabile nella fase di lancio dell'attività, coincidendo questa con la ricerca di una migliore caratterizzazione del prodotto, della sua collocazione nella più adatta fascia di mercato e di una maggiore precisazione delle quote di mercato conseguibili.

¹⁷ Cfr. Gino Ferretti, Roberto Rizzo. La flessibilità degli impianti di imbottigliamento. Relazione presentata al I Convegno sull'Imbottigliamento e il Confezionamento dei Liquidi Alimentari - CI-CLA. 8-9 ottobre 1992. Parma.

¹⁸ Per avere un riferimento univoco alle qualità e alle proprietà di un impianto industriale, per definire con precisione alcuni dei vocaboli maggiormente coinvolti nella letteratura tecnica e per fissare un criterio oggettivo per valutare quantitativamente l'adattabilità di un impianto si rimanda al lavoro: "L'adattabilità degli Impianti Industriali" di F. de' Rossi e R. Rizzo in *Ingegneria Meccanica*, Ottobre 1983.

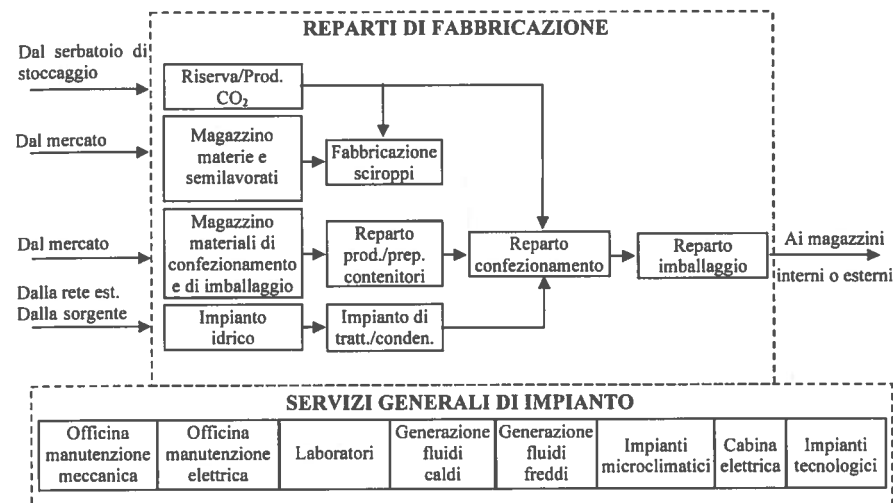


Fig. 8.121 - Ciclo tecnologico generalizzato per la produzione industriale degli alimenti.

La gestibilità è determinata da due caratteristiche: *l'elasticità e la flessibilità*. Tuttavia l'elasticità, intesa come l'attitudine di un impianto a subire variazioni quantitative della produzione senza variazioni qualitative e senza apportare sostanziali modifiche all'assetto produttivo, risulta per gli impianti alimentari una caratteristica più propria dell'adattabilità. Fondamentale per la gestibilità è la flessibilità, intesa come l'attitudine dell'impianto a subire variazioni qualitative della produzione con conseguente eventuale variazione delle quantità, ma senza sostanziali modifiche dell'assetto produttivo.

La flessibilità si esplica per aree, riguardante ciascuna una singola caratteristica qualitativa del prodotto, che vengono definite *domini della flessibilità*, e si articola sulle sezioni componenti l'impianto che vengono denominate *elementi di flessibilità*.

I domini della flessibilità

Nel settore alimentare i domini della flessibilità dell'impianto riguardano il confezionamento, i contenitori e il cibo da confezionare, ciascuno dei quali chiama in causa molti altri elementi della flessibilità quali: fabbricati, servizi di stabilimento e impianti specifici, secondo i gradi di influenza evidenziati dalla matrice di **tab. 8.II**.

Il dominio del condizionamento-imballaggio attiene al trattamento, al riempimento e all'abbigliamento del contenitore primario, al tipo di contenitore secondario e alla tipologia della palettizzazione; il dominio dell'alimento riguarda le caratteristiche, fisiche, fisico-chimiche e chimiche del prodotto da produrre; mentre il dominio dei contenitori investe i materiali di costruzione, la forma, le dimensioni e le caratteristiche meccaniche degli stessi.

La tipologia e la disposizione dei fabbricati non inibiscono, né condizionano in maniera significativa lo sviluppo di nuovi confezionamenti, perché le mac-

chine e gli impianti a questo deputati, normalmente vengono adattati, già in fase di progetto, alle tipologie edilizie proprie delle industrie alimentari. Le quali peraltro coincidono sostanzialmente con le tipologie impiegate nell'industria manifatturiera leggera, ossia campate di 8 + 12 m, con navate di 16 + 24 m, altezze da 8 + 10 m; strutture in precompresso o in metallo.

Escludendo la fabbricazione in sito dei contenitori metallici, che per la complessità dei cicli di lavorazione è opportuno siano prodotti in reparti dedicati, la fabbricazione di contenitori in materiali plastici o in poliaccoppiati non richiede tipologie costruttive particolari dei fabbricati che, al più, dovranno essere compartimentati, limitatamente alla zona di installazione delle macchine e, in casi particolari, termoisolati, per consentire il mantenimento di condizioni microclimatiche appropriate.

		DOMINI DELLA FLESSIBILITÀ					
		Confezionamento		Contenitori			Bevanda
ELEMENTI DELLA FLESSIBILITÀ	Fabbricati	X		X			X
	Impianti tec. di servizio	X X		X X X			X X
	Impianti specifici	X X		X X X			X X
X - Gradi di influenza							

Tab. 8.II - Matrice delle influenze.

Le macchine per la fabbricazione dei contenitori hanno dimensioni del tutto compatibili con quelle delle tipologie edilizie richiamate; inoltre non richiedono basamenti particolari, né sistemi di protezione ambientale speciali. È necessario e opportuno che le compartimentazioni interne e perimetrali vengano realizzate con pannelli e strutture prefabbricate di facile montaggio e rimozione per consentire rapidi cambiamenti e adeguamenti degli spazi (dimensionabilità).

Eventuali variazioni delle caratteristiche degli alimenti, anche quando esse richiedano uno stoccaggio condizionato (ad es. refrigerato), non comportano particolari adattamenti dei fabbricati, che tutt'al più, sia nella zona di fabbricazione

alimentare sia in quella di stoccaggio del prodotto finito, dovranno prevedersi serbatoi amovibili e celle frigorifere prefabbricate.

Gli impianti tecnici di servizio, in particolare quelli termici, elettrici, dell'aria compressa e del trattamento di reflui e rifiuti possono viceversa subire sostanziali modifiche nel loro assetto sia in ordine a variazioni nel ciclo di confezionamento, sia in seguito all'adozione di contenitori diversi da quelli inizialmente previsti e/o all'introduzione di nuovi alimenti che prevedano trattamenti termofisici aggiunti.

Variazioni nel confezionamento, con l'introduzione di contenitori a rendere comportano il riassetto, certamente rilevante, dell'impianto termico e dell'impianto di trattamento dei reflui liquidi ai quali, per effetto dell'installazione di nuovi impianti e macchine per il lavaggio e la sanificazione dei contenitori, sarà rivolta una domanda qualitativamente diversa.

Gli altri servizi dovranno fornire prestazioni quantitativamente maggiori ed essi quindi dovranno essere predisposti per una elevata elasticità.

L'adozione di nuovi contenitori, segnatamente quelli in plastica, da prodursi in loco, comporta il sostanziale riassetto della centrale d'aria compressa, che dovrà fornire aria necessaria per il soffiaggio, a pressione intorno ai 40 bar. Sarà anche richiesto il riassetto dell'impianto di condizionamento ambientale, almeno nella zona di fabbricazione dei contenitori, per conseguire i valori microclimatici richiesti per il corretto stampaggio e/o estrusione delle materie plastiche.

L'introduzione di sistemi termofisici di stabilizzazione degli alimenti comporta certamente variazioni dell'impianto termico, che dovrà fornire vapore tecnologico con caratteristiche compatibili con gli alimenti. In caso di produzione di nuova formulazione potrebbe essere richiesto anche il riassetto dell'impianto di trattamento dei reflui liquidi per adeguarlo ai nuovi carichi inquinanti derivanti delle inevitabili dispersioni dei nuovi componenti.

Le macchine e gli impianti specifici, con riferimento al segmento produttivo dedicato al confezionamento, vengono generalmente indicati come "linea di condizionamento", quelli per la produzione dei contenitori come "reparto di fabbricazione contenitori", quelli di produzione dell'alimento "fabbrica alimento", fabbricazione sciroppi nel caso di soft-drinks e di succhi di frutta, "cantina" per le bevande moderatamente alcoliche e "distilleria" per le bevande ad alto tasso alcolico.

Flessibilità delle linee di condizionamento

Per linea di condizionamento si intende l'insieme di macchine e impianti atti ad eseguire in maniera meccanizzata e possibilmente automatizzata e computerizzata le operazioni fondamentali rappresentate in fig. 8.122.

A ciascuna delle operazioni indicate, sono associate le macchine correntemente utilizzate per eseguire l'operazione stessa, che definiscono la configurazione di linea.

Le configurazioni di linea indicate in fig. 8.122, riferite ai contenitori a rendere e a quelli a perdere, vengono comunemente definite "di base", non escludendo che in casi particolari le linee possano assumere articolazioni e configurazioni diverse con l'inserimento di macchine speciali.

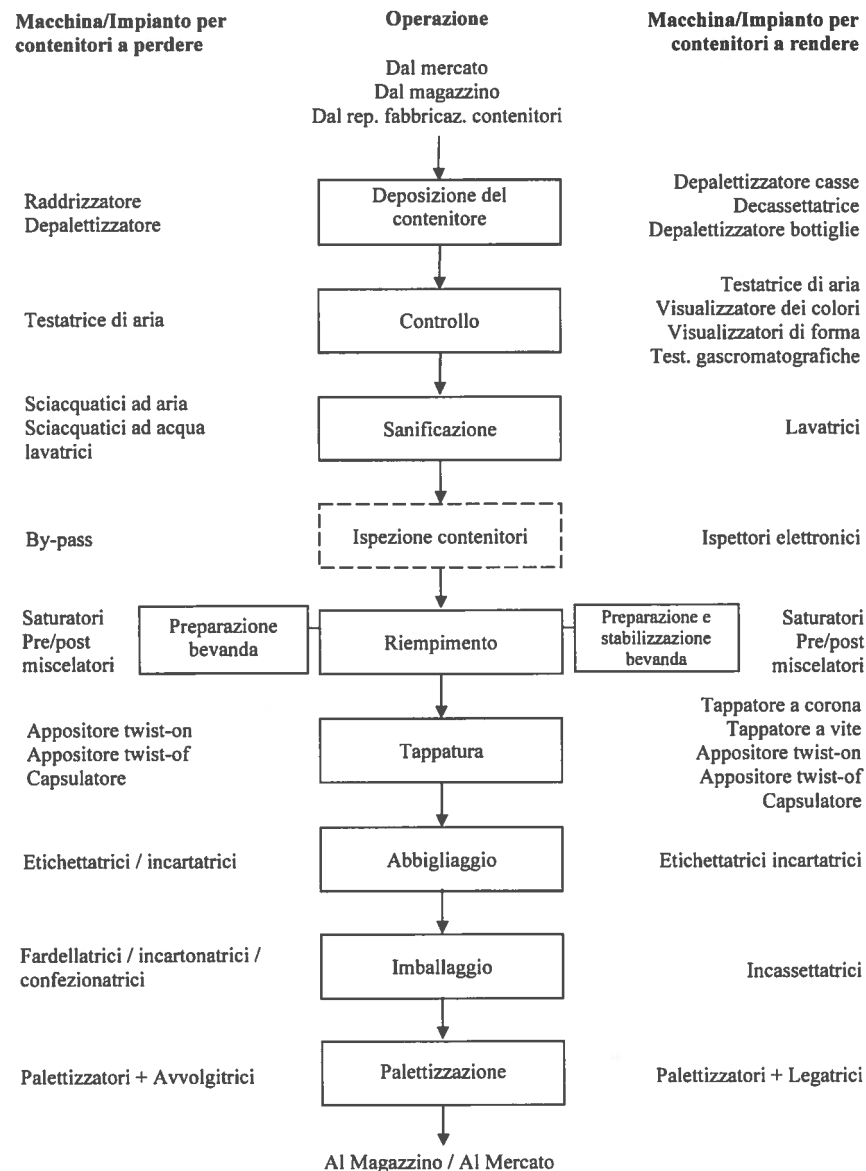


Fig. 8.122 - Operazioni fondamentali nel condizionamento degli alimenti.

Perché una linea sia flessibile deve esplicitare questa sua caratteristica nella possibilità di lavorare:

- contenitori riutilizzabili e non;
- contenitori in vetro e in plastica;
- contenitori la cui altezza e diametro siano compresi nel più ampio intervallo possibile;
- alimenti con particelle e pezzature solide in sospensione;

- bevande/alimenti edulcorati e non, gassati e non;
- etichettaggio con uno, due o tre pezzi, avvolgenti e non;
- etichettaggio con carta o film plastico;
- imballaggio semplice o multiplo;
- imballaggio in cestelli di plastica, in cartone, o in termofilm;
- palettizzazione a schema semplice o imbricato, legata e non.

La flessibilità di una linea di confezionamento si estrinseca dunque rispetto ai contenitori, alla bibita, ai materiali di abbigliamento, di imballaggio e di palettizzazione, ovvero rispetto a tutte i materiali diretti che intervengono nel ciclo di produzione.

L'analogia tra concetto di flessibilità e quello di produttività appare evidente, ma al contrario di quanto avviene per la produttività, non è agevole definire quantitativamente la flessibilità rispetto agli elementi precedentemente indicati.

Possiamo viceversa definire *grado di flessibilità* rispetto a tali elementi, il costo, comprensivo del tempo di fermo dell'impianto, per passare dalla configurazione che consente la tipologia produttiva base, a quella che consente la tipologia richiesta.

È evidente che il grado di flessibilità complessivo della linea dipende dalla flessibilità di ciascun componente e di ciascuna macchina e, in definitiva è riconducibile al costo di impianto. Volendo realizzare ad es. una linea di condizionamento per acqua minerale non gassata, con alto grado di flessibilità in relazione all'imbottigliamento di acqua minerale e bibite gassate in vetro a rendere e in plastica a perdere, essa assumerà l'assetto di **fig. 8.123**, nel quale i macchinari competenti alla configurazione base sono rappresentati con tratteggio.

Per conseguire tale flessibilità, oltre all'aggiunta delle macchine specifiche per i contenitori a perdere in plastica, riportate in disegno non tratteggiate, le macchine di impiego comune o macchine flessibili, quali la riempitrice, la etichettatrice e il palettizzatore saranno realizzate con accorgimenti particolari e saranno dotate di dispositivi speciali.

La riempitrice ad esempio dovrà essere dotata del circuito del liquido e di rubinetti perfettamente sanitizzabili; l'etichettatrice dovrà consentire l'incollaggio delle etichette a caldo e a freddo, avvolgenti e non; etichette avvolgenti termoretraibili o estensibili; il palettizzatore dovrà essere dotato di dispositivi e programmi che rendano controllabili sia gli spostamenti dei "colli rigidi", come le casse, sia dei "colli flessibili", come i fardelli e così via.

Il costo della flessibilità

Il caso analizzato, che rappresenta un caso limite, ma non infrequente, di flessibilità spinta, suggerisce tuttavia alcune considerazioni di carattere economico.

L'impianto di **fig. 8.123** in realtà risulta l'insieme di due linee distinte che hanno in comune tre macchine flessibili. Il costo di tali macchine, in virtù dell'esecuzione speciale, risulta del 30% circa superiore a quello di macchine non flessibili. Queste tre macchine rappresentano in valore circa il 45% della sezione di linea per l'imbottigliamento in plastica, che quindi, se fosse stata realizzata a sé

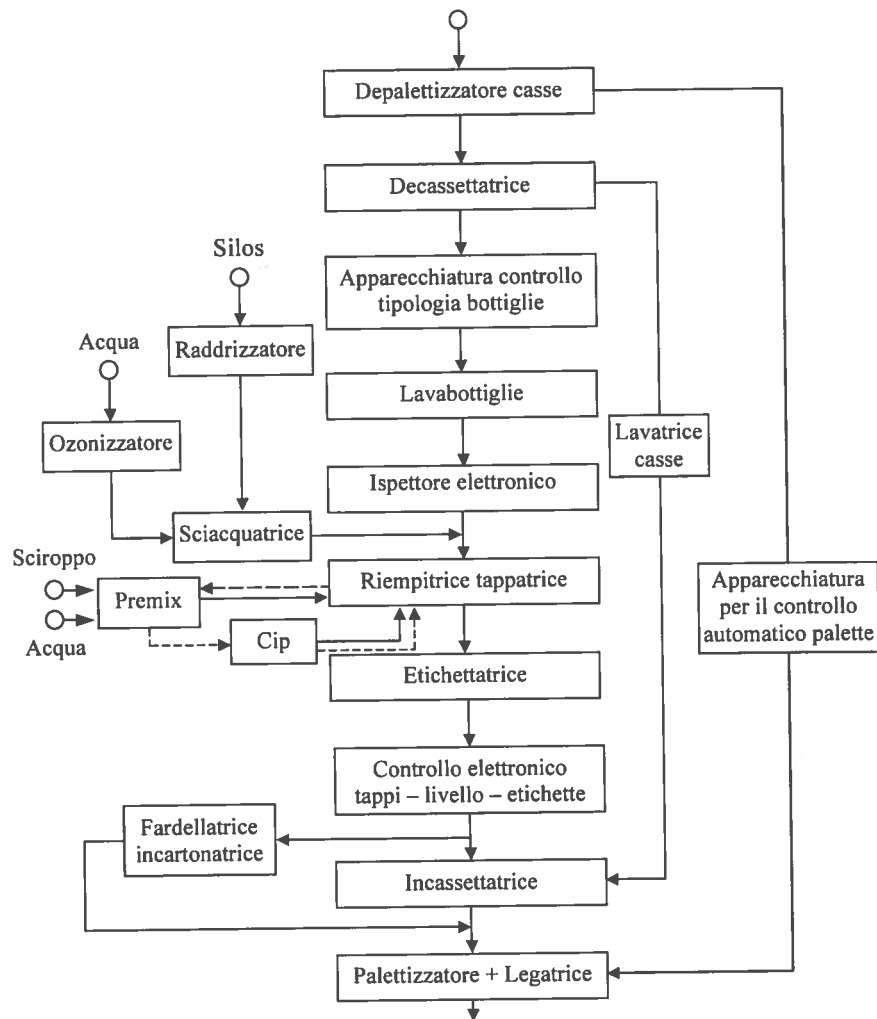


Fig. 8.123 - Linea per imbottigliamento di acqua minerale flessibile all'imbottigliamento di acqua gasata e soft-drink in vetro e in plastica.

stante con macchine non flessibili al vetro, sarebbe costata circa il 33% in più. A fronte di questo maggiore esborso si sarebbe avuta la piena disponibilità della linea, circostanza questa particolarmente gradita nei periodi di massima tensione produttiva, dati i caratteri di marcata stagionalità di molte industrie alimentari; con la soluzione dedicata si sarebbero inoltre eliminati i tempi di cambio-formato che, per quanto esigui, risultano sempre rilevanti. Specialmente nel caso di grandi impianti, si sarebbero poi eliminati i "periodi di apprendimento" conseguenti ai cambi formato, causa di sensibili costi per sfridi, scarti e bassa resa e si sarebbero ridotti i rischi e i tempi delle sanitizzazioni.

Tali extra costi di esercizio delle linee flessibili rispetto a quelle rigide hanno una variabilità, in funzione della dimensione produttiva dell'impianto, rap-

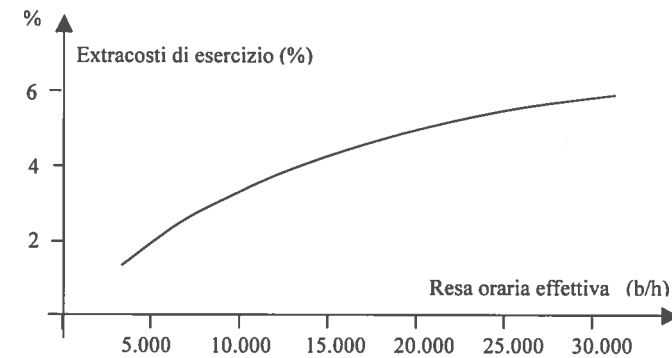


Fig. 8.124 - Extracosti di esercizio imputabili alla flessibilità.

presentata da grafici del tipo di fig. 8.124, che mostra il risultato di uno studio condotto su quattro impianti con una resa oraria rispettivamente di 6.000, 16.000, 24.000 e 30.000 bottiglie ora. Tali extracosti, tuttavia, possono largamente assorbire gli oneri derivanti dal maggiore costo iniziale di impianto. L'extracosto comprende sfridi, scarti, materie indirette, manodopera diretta, spese generali di fabbricazione ed energia.

La flessibilità spinta delle linee di condizionamento alimentare, allo stato attuale dell'arte, in relazione alla flessibilità raggiunta dalle macchine-base che compongono le linee stesse, comporta elevati costi di impianto e sensibili costi di esercizio che crescono con andamento fortemente crescente man mano che ci si avvicina alla flessibilità totale, ossia a una configurazione di linea che consenta di lavorare, nell'ambito di una ben precisata famiglia di prodotti, tutte le tipologie di contenitori e prodotti alimentari.

Tra i termini più significativi che definiscono la flessibilità, riportati in tab. 8.III, quelli che economicamente incidono di più sulla configurazione della linea sono nell'ordine Fc3, Fc1, Fil.

Quando si voglia conseguire la flessibilità rispetto a uno o più fattori indicati, è necessario eseguire, con uno dei metodi messi a disposizione dalle tecniche

I TERMINI DELLA FLESSIBILITÀ

Fc1 = flessibilità rispetto alla composizione del contenitore;

Fc2 = flessibilità rispetto alla dimensione e forma del contenitore;

Fc3 = flessibilità rispetto alla riutilizzabilità del contenitore;

Fb1 = flessibilità rispetto alla composizione della bevanda;

Fal = flessibilità rispetto all'abbigliamento;

Fil = flessibilità rispetto all'imballaggio;

Fpl = flessibilità rispetto alla palettizzazione.

Tab. 8.III - Termini della flessibilità.

di valutazione degli investimenti industriali, un'analisi di convenienza economica, tenendo in conto, se possibile, anche i rischi connessi alle operazioni di cambio prodotto, che spesso sono essenzialmente di natura microbiologica.

Indispensabile invece risulta, per un'adeguata gestibilità dell'impianto, la flessibilità rispetto alla forma ed alle dimensioni del contenitore (Fc2), quella rispetto alla composizione della bevanda (Fb1) e quella rispetto all'abbigliamento (Fal), flessibilità delle quali già dovrebbero essere dotate le macchine in fase di progettazione e all'atto della loro installazione. In tal caso i costruttori, che per altro hanno conseguito già importanti risultati, dovrebbero ulteriormente intensificare le loro ricerche per offrire di serie macchine dotate di questa possibilità.

Osservazioni sulla flessibilità degli impianti alimentari

Le indagini condotte sembrerebbero parzialmente in contrasto con la graduale tendenza dei produttori alimentari ad acquistare le macchine di linea più costose, in particolare i block di riempimento (sciacquatrice, riempitrice, capsulatrice, etichettatrice), flessibili a più tipologie di contenitori.

Sottolineando che sovente queste macchine più che essere flessibili sono predisposte per la flessibilità, nel senso che possono conseguire la piena flessibilità solo con successivi adattamenti, osserviamo che, il più delle volte, esse non vengono inserite in linee flessibili, ma in linee specializzate delle quali può prevedersi, per ragioni connesse all'evoluzione del business, o per ragioni esterne, la successiva, completa conversione ai nuovi contenitori. **La flessibilità in questo caso non rappresenta una condizione di esercizio, ma un tentativo di recupero del margine di rischio connesso all'investimento.**

Allo stato attuale della tecnica ci sembra una buona regola, nell'impostazione progettuale e realizzativa di una fabbrica alimentare, prevedere la massima flessibilità per i fabbricati industriali, una moderata flessibilità per gli impianti tecnici di servizio, una flessibilità economicamente motivata per le macchine e gli impianti specifici.

8.10. LE LINEE DI TENDENZA DELLE TECNOLOGIE ALIMENTARI

Le tecnologie alimentari possono essere sistematizzate in *tecnologie setticamente non protette* e *tecnologie asettiche*. Per una prima classificazione delle tecnologie setticamente non protette, si fa normalmente riferimento nell'ordine: al contenitore e alla sua riutilizzabilità, alla tipologia dell'imballaggio di distribuzione e alle caratteristiche reologiche e morfologiche del prodotto da confezionare (tab. 8.IV)

8.10.1. Le tecnologie setticamente non protette

I contenitori e i processi

Il famoso economista F. Marshall ha enunciato quello che, scherzosamente, è noto come teorema generale di Marshall sugli iceberg, affermando che i sette ottavi di tutte le cose non sono visibili. Questa considerazione ci sembra esprime-

Contenitore primario	Imballaggio di distribuzione	Caratteristiche del liquido
Vetro a rendere (VAR)	Casse in plastica	Limpido
Vetro a perdere (VAP)	Fardello termoretraibile/este... cartone	Con cellule/particelle in sospensione
PET a perdere	Cartone-fardello TR/EST	Viscoso
PET a rendere	Casse di plastica	
PE-PP	Cartone-fardello TR/EST	
Poliaccoppiati	Fardello TR	
Lattina	Fardello TR	

Nota: Per i liquidi è opportuno precisare se non necessitano di stabilizzazione, se sono prestabilizzati, se sono stabilizzati in volume.

Tab. 8.IV - Sistematizzazione delle tecnologie dell'imbottigliamento.

re con efficacia un aspetto peculiare delle tecnologie di cui trattiamo: i contenitori delle bevande alimentari, per quanto piacevolmente abbigliati e confezionati, appaiono, infatti, oggetti piuttosto banali. Essi sono, invece, il risultato di un lavoro complesso e interdisciplinare di ricerca, di sviluppo e di ingegnerizzazione riferito a più processi che devono essere opportunamente integrati¹⁹.

Dimensionalmente questo settore del comparto alimentare è di particolare rilevanza. Di questo imponente mercato, che comprende tutte le bevande preconfezionate (soft-drinks, caffè, latte, birra, thè, succhi e bevande ai succhi di frutta, bevande funzionali, distillati alcolici, vini ed acque minerali), i soft-drinks e le acque minerali, rappresentano la gran parte. Il giro di affari connesso a questo mercato è tanto rilevante da stimolare finalizzati approfondimenti di tutti i principali aspetti tecnico-produttivi ed economico-finanziari riguardanti le bevande, i materiali di confezionamento ed i cicli di produzione. Questi ultimi, in particolare, sono oggetto e soggetto di costante e continua ricerca applicata, come raramente si osserva in altri tipi di industrie di largo consumo.

Nell'area tecnico-produttiva si è orientati essenzialmente a conseguire:

- cicli produttivi che ottimizzino la produttività rispetto a tutti i fattori della produzione, garantendo predeterminati standard qualitativi;
- dimensioni produttive²⁰ degli impianti che consentano di avvicinarsi al minimo costo di produzione.

Pertanto le tecnologie alle quali ci riferiamo riguardano essenzialmente l'area del confezionamento, i procedimenti per il condizionamento alimento-conte-

¹⁹ Cfr. F. de' Rossi, R. Rizzo. Evoluzione e prospettive delle tecnologie di condizionamento delle bevande. Imbottigliamento - 5/84. Chiriotti Editore. Pinerolo (TO).

²⁰ Come misura di tale dimensione può essere assunta nella specie la resa oraria degli impianti, espressa in numero di contenitori per ora.

nitori e l'imballaggio, con la precisazione che intendiamo per tecnologia la maniera in cui viene ottenuto un prodotto avente prefissate caratteristiche e prestazioni.

Con tali premesse, intendiamo per *tradizionali* le tecnologie che impiegano i contenitori in vetro e in banda stagnata, *recenti* quelle che impiegano contenitori in resine sintetiche, poliaccoppiati, *avanzate* quelle che impiegano contenitori ottenuti da resine sintetiche con il procedimento della biorientazione e contenitori flessibili.

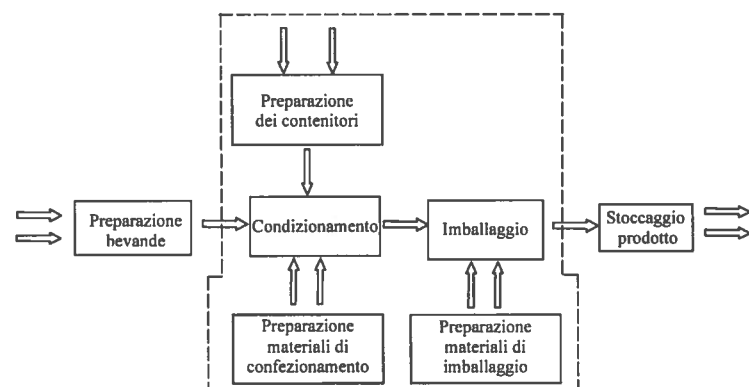


Fig. 8.125 - Diagramma delle fasi per la produzione di bevande e alimenti in matrice liquida confezionati in volume.

Le innovazioni nelle tecnologie tradizionali

Di tali innovazioni, le più significative per importanza e numero, che riguardano soprattutto il controllo in linea del processo, si sono verificate negli ultimi cinque anni, in gran parte sotto la spinta di tecnologie emergenti, nei confronti delle quali hanno voluto e vogliono rappresentare una difesa. In tal senso devono fra l'altro, interpretarsi i dati riassunti nel diagramma di fig. 8.126, dove è rappresentato, in percentuale sul totale, l'andamento dell'impiego del vetro per i contenitori per le bevande sul mercato mondiale negli ultimi dieci anni. Il trend, come si vede, è decisamente decrescente.

I nuovi contenitori di vetro

Il contenitore di vetro, rappresentando per antonomasia il "contenitore resistente meccanicamente e sicuro igienicamente". Esso tuttavia per assolvere a tali funzioni deve possedere la necessaria resistenza meccanica. Il contenitore in vetro nacque e conservò a lungo un peso molto elevato. Il primo processo innovativo, iniziato alla fine degli anni sessanta del secolo scorso, è stato il progressivo alleggerimento con il miglioramento delle caratteristiche meccaniche, sia attraverso tecnologie di produzione delle bottiglie (migliore qualità del vetro ed opportuna distribuzione dello stesso nel contenitore), sia attraverso lo studio di forme geometriche più appropriate che hanno consentito negli ultimi anni un conveniente impiego del vetro anche per i contenitori a perdere.

Risolti positivamente i problemi di convenienza economica, per il rinnovo e il miglioramento dell'immagine dei contenitori, per altro vincolati a forme otti-

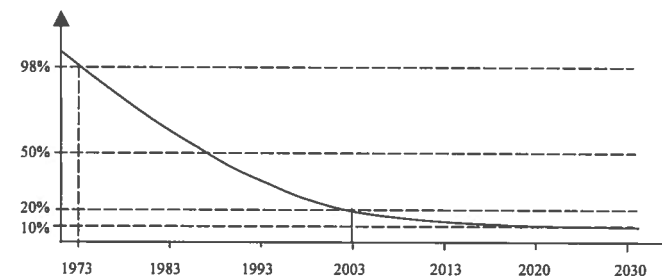


Fig. 8.126 - Impiego percentuale del vetro rispetto al totale dei contenitori per bevande.

mali sotto il profilo economico, si è puntato sull'abbigliamento, negli Stati Uniti si è così sviluppata la tecnica del plasti-shield.

Questa nuova tecnica di abbigliamento consiste nel pre-etichettare le bottiglie in vetreria, all'uscita dei forni di tempera, con film avvolgenti di polistirolo, di PET o di PVC.

L'etichettaggio avviene per termoretrazione intorno al corpo del contenitore di un segmento tubolare, serigrafato e decorato di detti materiali, o secondo tecniche tradizionali da bobine²¹.

Oltre al miglioramento dell'immagine, i rivestimenti plastici forniscono anche i seguenti "plus":

- ulteriore riduzione del peso vetro in quanto il film avvolgente esplica certamente una funzione protettiva nei confronti degli shock meccanici;
- triplicazione della superficie etichettata (etichettatura circolare per 360°) con possibilità di veicolare informazioni supplementari e/o pubblicitarie riguardanti il prodotto.
- maggior richiamo dell'attenzione dei consumatori;
- riduzione del livello di rumorosità nelle fasi di confezionamento.

Allo stato dell'arte, i principali limiti di impiego delle bottiglie pre-etichettate con film plastici riguardano il loro comportamento a temperature superiori a 68 °C per tempi superiori a 15' e per immissione in soluzioni chimicamente aggressive. Quindi il lavaggio e la sanificazione con soluzioni caustiche e/o acide e la pastorizzazione in volume possono provocare danni alle pellicole plastiche.

Molto avanzati sono gli studi sul comportamento di tali pellicole sotto l'azione combinata del calore, dei detersivi e degli shock meccanici per aumentarne la resistenza.

Per tali contenitori non si riscontrano particolari inconvenienti né sui nastri trasportatori flex-top e table-top, né tra gli organi meccanici in movimento del macchinario di condizionamento-imballaggio, purché siano evitati sui bancali di trasporto accumuli con pressioni superiori ai 30 kg/dm² e le guide e gli organi di presa del macchinario siano sagomati in maniera da non determinare pressioni di presa troppo elevate e vengano realizzati con materiale a basso coefficiente di attrito, ma sufficientemente elastico (polietilene, polipropilene, teflon).

²¹ Questa tecnica può essere applicata anche sulla linea di confezionamento da macchine, che nella funzione sostituiscono o integrano le etichettatrici.

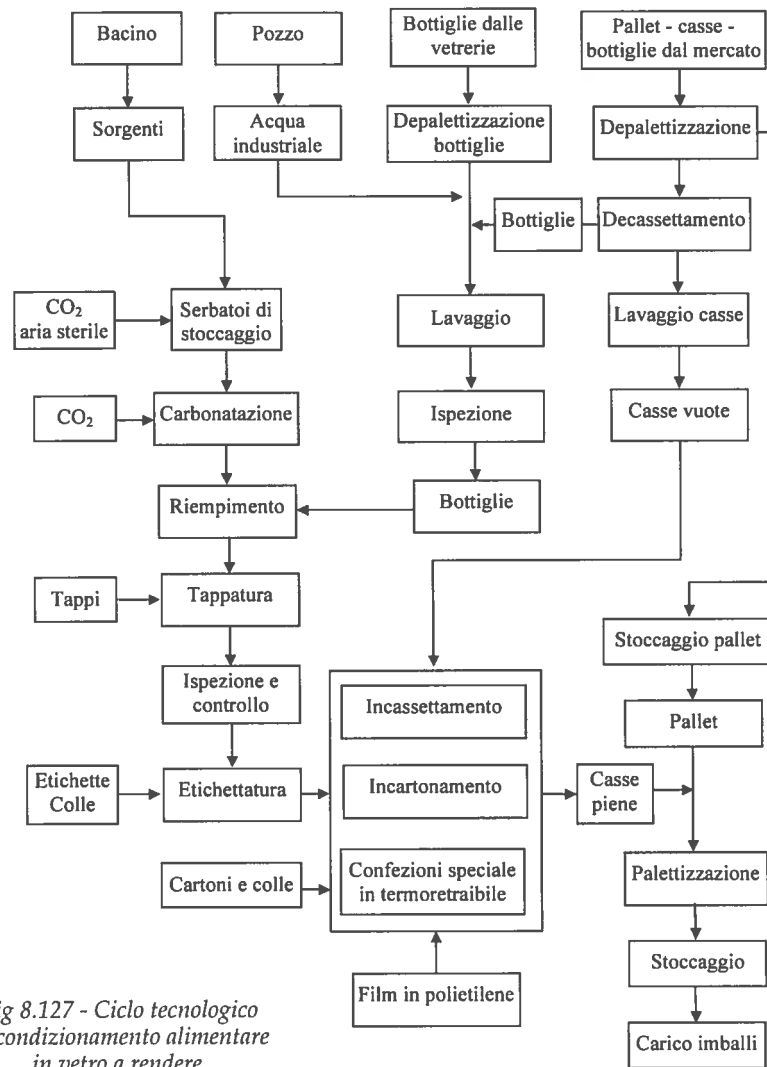


Fig 8.127 - Ciclo tecnologico di condizionamento alimentare in vetro a rendere.

Come imballaggi secondari possono impiegarsi tutti quelli usati per il vetro a perdere non pre-etichettato, anche se i più idonei, sotto l'aspetto estetico, appaiono quelli che consentono di vedere le bottiglie (fardelli in termoretraibile trasparente, cartoni sfinestrati e simili).

L'incremento di costo di un contenitore pre-etichettato con plasti-shield può valutarci intorno al 20% del costo dello stesso contenitore non pre-etichettato.

Le innovazioni nel ciclo di condizionamento in vetro

Tutte le operazioni fondamentali del ciclo classico per il vetro a rendere (fig. 8.127) vengono continuamente migliorate e, ove necessario, adeguate nelle modalità di esecuzione. Sono state introdotte operazioni di controllo aggiuntive

miranti ad assicurare una elevata qualità di massa ed individuale al prodotto ed operazioni di confezionamento aggiuntive per avere maggiore sicurezza nel maneggio del prodotto confezionato e migliore presentazione estetica.

Questi risultati sono stati conseguiti per mezzo delle ispezionatrici elettroniche dei vuoti, dei controlli computerizzati dei pieni, delle avvolgitrici con estensibile e delle reggettatrici delle palette confezionate. Con tali sistemi è stata raggiunta la completa automaticità di ogni singola operazione e sono in via di sperimentazione macchine multifunzione che possono facilitare la totale automazione del ciclo.

Il condizionamento e l'imballaggio in contenitori di poliaccoppiato

I poliaccoppiati sono film composti multistrato, come schematicamente mostrato in fig. 8.128, ottenuti da film sottili di materiali di diverse caratteristiche fisiche, chimiche e fisico-chimiche, ma con caratteristiche meccaniche compatibili (flessibilità, coefficienti di allungamento e simili) sovrapposti ed incollati con adesivi aventi elevate caratteristiche di purezza.

Dai fogli così ottenuti vengono fabbricati i contenitori le cui caratteristiche risultano dalla somma delle caratteristiche proprie di ciascuno degli strati componenti il poliaccoppiato. Nel caso delle acque minerali, che rappresenta anche il caso più critico per questi contenitori, gli strati utili sono cinque. Le caratteristiche e le funzioni di ciascun strato sono riportate nella tab. 8.V.

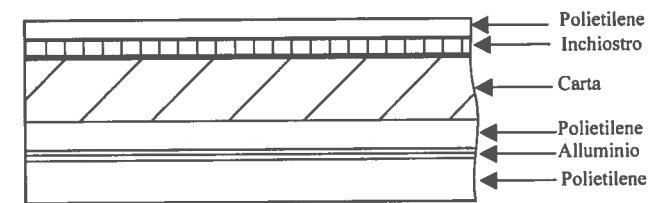


Fig. 8.128 - Sezione trasversale schematica di un poliaccoppiato.

Strato	Materiale	Caratteristiche	Funzione
1°	Polietilene	Atossicità, termosaldabilità	Contatto diretto con il liquido
2°	Alluminio	Resistenza meccanica, impermeabilità, opacità	Protezione delle caratteristiche organolettiche
3°	Polietilene	Incollabilità	Ancoraggio
4°	Carta	Barriera ad agenti esterni, resistenza meccanica, supporto alla stampa	Protezione rispetto agli agenti esterni
5°	Polietilene	Buona impermeabilità all'acqua, elasticità, resistenza allo strappo	Protezione aggiuntiva agli agenti esterni

Tab. 8.V - Le caratteristiche e le funzioni degli strati costituenti i poli accoppiati.

Il contenitore

Il contenitore in poliaccoppiato è idoneo per il confezionamento di liquidi alimentari prestabilizzati e non gassati. Esso è altamente protettivo nei confronti del contenuto e, quindi, particolarmente idoneo a liquidi alterabili sotto l'effetto di agenti esterni quali l'ossigeno e la luce.

Inidoneo alla pastorizzazione in volume, ha tra le aree preferenziali di impiego le acque minerali ed i soft-drinks piatti, le bevande ai frutti e ai succhi di frutta prodotti in ambiente asettico.

Il contenitore, per le modalità proprie di ottenimento, deve avere forma geometrica definita, preferibilmente parallelepipedo; esso è autoportante e sopporta carichi assiali dello stesso ordine di grandezza di quelli delle bottiglie in PE.

Lo strato esterno, per la sua natura e per l'estensione della superficie, è particolarmente adatto a portare messaggi pubblicitari estesi.

La formatura del contenitore ed il condizionamento

I contenitori in poliaccoppiato possono essere preformati o formati in fase di riempimento. I primi sono ottenuti da fustellati, con le stesse tecniche impiegate per gli astucci di cartone, a differenza dei quali hanno i lembi termosaldati anziché incollati; i secondi sono ottenuti direttamente da bobina e la loro formatura avviene durante l'operazione di riempimento.

Quest'ultima tecnica consente di ottenere un contenitore privo di spazio di testa, quindi particolarmente idoneo ai soft-drink, che possono essere confezionati in ambiente asettico e alle acque minerali.

Riferendoci ai contenitori formati in fase di riempimento, il diagramma tecnologico riportato in fig. 8.129 mostra tutte le operazioni fondamentali, sostanzialmente analoghe a quelle dei cicli relativi agli altri contenitori già esaminati.

La singolarità è che tutte le operazioni di condizionamento avvengono in una macchina monoblocco con rilevanti risparmi di risorse.

Con i contenitori multistrato nel settore alimentare ci si è avvicinati a quello che rappresenta, per molti aspetti, il sogno degli impiantisti e dei responsabili dei sistemi produttivi; si è, infatti, raggiunta la massima integrazione dei mezzi di esercizio, concentrando in uno solo di essi un intero ciclo di produzione.

D'altra parte, in questa tecnologia, il confezionamento non richiede operazioni di raccordo di particolare impegno con le precedenti operazioni di condizionamento, talché la semplicità dell'intero impianto è veramente sorprendente.

La sezione in pianta del contenitore ha dimensioni tali da essere perfettamente compatibile con le dimensioni delle palette (800x1200 e 1000x1200) generalmente impiegate per i trasporti e l'immagazzinamento automatici.

Il condizionamento e l'imballaggio in contenitori metallici

I contenitori metallici vengono utilizzati per il confezionamento degli alimenti da più di un secolo, in virtù di alcune loro caratteristiche peculiari quali la rigidità, la robustezza, la buona ermeticità, la resistenza agli sbalzi termici e ad elevati gradienti di temperatura.

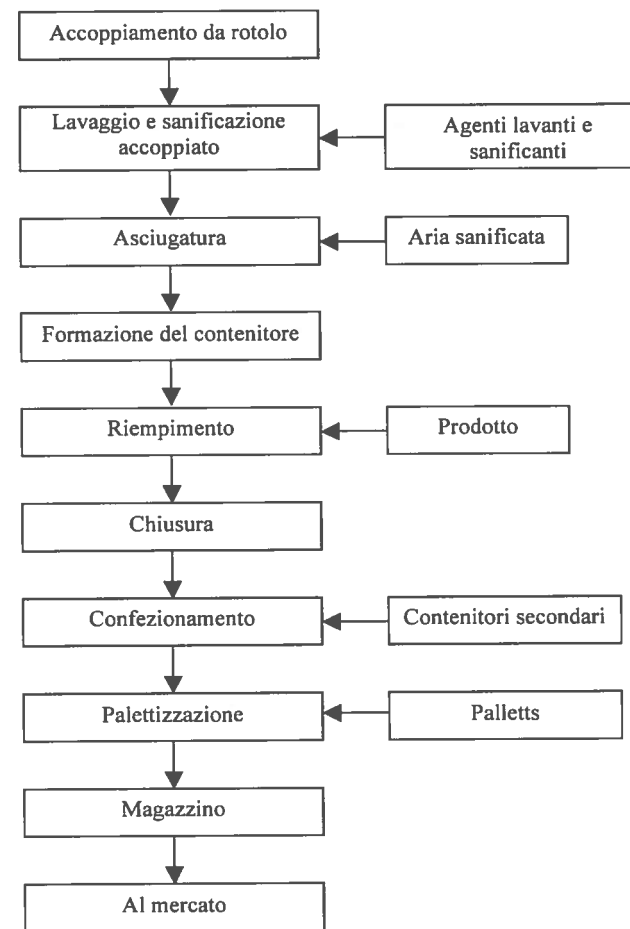


Fig. 8.129 - Ciclo tecnologico del condizionamento e dell'imballaggio in poliaccoppiato.

Relativamente recente è il loro impiego per le bevande e i liquidi gasati.

Motivi di successo di questa tipologia di confezione sembrano essere il fascino dell'oggetto barattolo in virtù della sua espressione estetica, le prestazioni d'uso (infrangibilità e facilità di apertura)²² la forma e le dimensioni, particolarmente adatte al trasporto personale.

Il ritardo con cui il barattolo entrò nel settore del soft-drink è dovuto essenzialmente alle difficoltà che si sono riscontrate nella messa a punto di resine che rappresentassero un'efficace barriera protettiva tra il contenitore e il contenuto acido e molto aggressivo nei confronti della banda metallica e dell'alluminio. I problemi furono risolti con l'introduzione di nuovi tipi di vernici interne che sostituirono le tradizionali vernici oleoresinose, vale a dire le vernici acriliche, viniliche, epossidiche e fenoliche, le quali di fatto rappresentano il mate-

²² L'uso del coperchio easy open è generalizzato nei barattoli per il soft-drink.

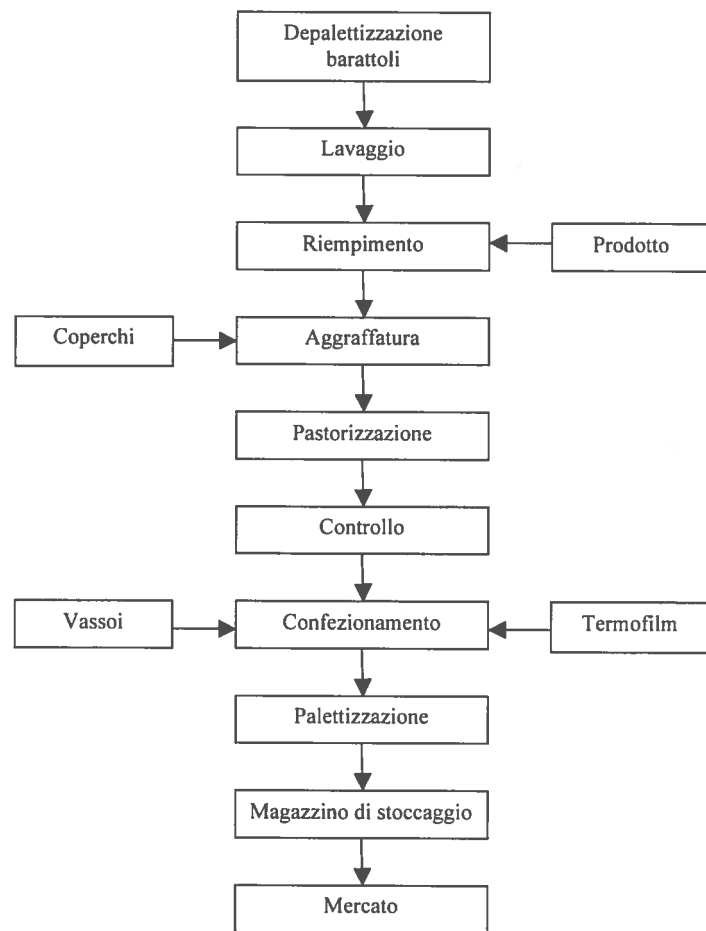


Fig. 8.130 - Ciclo tecnologico del condizionamento e dell'imballaggio in contenitori metallici.

riale contatto, confinando la banda metallica alla funzione di supporto di tale materiale.

Queste vernici, di natura organica, in particolare quelle a base di poliesteri epossidico, dal punto di vista chimico e chimico-fisico presentano una elevata stabilità; dal punto di vista meccanico conservano a lungo buone elasticità ed aderenza al supporto.

I limiti di cessione di tali vernici, accettabili per le matrici liquide alimentari, non lo sono altrettanto per l'acqua minerale ed alcuni liquidi alcolici, che dopo un periodo di 4+5 mesi risultano alterati nei loro caratteri organolettici.

Il contenitore

Le lattine attualmente impiegate per il soft-drink, le birre e i succhi di frutta hanno capacità di 250, 330, 500 cc con grande prevalenza dei formati intermedi, che possono considerarsi formati standard a livello mondiale.

I materiali utilizzati sono la banda stagnata e l'alluminio; con la banda stagnata si fabbricano lattine a 2 e 3 pezzi, con l'alluminio solamente barattoli a due pezzi.

I barattoli a 3 pezzi sono ottenuti da lamiera a spessore sottile mediante saldatura del corpo (elettrica, a riporto di stagno-piombo, a laser) ed aggraffatura del fondo; i barattoli a due pezzi vengono ottenuti col sistema D & I (Drawn and Wall Ironed) per imbutitura e reimbutitura di dischi metallici tranciati da nastro. Nella fase di reimbutitura avviene lo stampaggio del fondo.

I barattoli a tre pezzi, avendo due linee di discontinuità in più rispetto ai barattoli a due pezzi, risultano, in genere, meno affidabili di questi ultimi. Tuttavia, poiché i nuovi barattoli a tre pezzi hanno spessori del corpo più elevati ed uniformi ed hanno la sutura longitudinale saldata elettricamente, essi risultano parimenti validi.

Ricerche condotte in tal senso, ormai da alcuni anni, hanno confermato che le prestazioni dei due tipi si equivalgono. I barattoli possono contenere liquidi gassati e resistono alle operazioni di pastorizzazione fino a temperature intorno ai 75 °C.

Il condizionamento in contenitori metallici

Per quanto riguarda il condizionamento, i contenitori metallici danno le prestazioni più vicine a quelli del vetro. Le operazioni previste per il condizionamento non sono diverse da quelle previste per il vetro, come appare dal diagramma tecnologico riportato nella fig. 8.130.

Il macchinario di produzione è molto più veloce e semplice di quello necessario per il vetro in quanto il contenitore è praticamente infrangibile; manca in generale l'operazione di etichettaggio essendo i barattoli prelitografati.

Per quanto riguarda il confezionamento secondario, il barattolo non ha particolari problemi, anche se l'imballo più pratico e conveniente si è dimostrato il fardello in termoretraibile.

Le dimensioni del barattolo standard sono compatibili con le europalette. In tab. 8.VI si riportano le dimensioni principali in base alla destinazione d'uso.

Le tecnologie dei contenitori polimerici biorientati

Dopo qualche anno dalla sua comparsa sulla scena industriale, per ciascuna nuova tecnologia si è potuto constatare che le ragioni del suo successo erano sempre da ricercarsi tra le seguenti:

- possibilità di copertura di mercati speciali, le cui particolari esigenze trovavano soddisfazione nelle caratteristiche peculiari di quel contenitore
- semplificazioni nella logistica
- semplificazioni dei cicli produttivi
- riduzioni dei costi di primo impianto
- vantaggi nella gestione produttiva dell'azienda.

Il conseguimento di uno o più di tali obiettivi, per quanto importante, non riusciva tuttavia a compensare oltre certi limiti le deficienze tecnologiche del contenitore «nuovo» rispetto a quelli in vetro.

L'affermazione di mercato di contenitori «nuovi», che pur hanno permesso di conseguire risultati di buona validità assoluta e relativa (rispetto a quelli tradizionali) resta condizionata, nel medio e lungo termine, alla realizzazione di ulteriori progressi verso un contenitore ottimale per prestazioni e costo.

Su tale scenario i contenitori biorientati in resine sintetiche si sono dimostrati i più promettenti e validi. Per essi sono tuttora in corso ricerche molto avanzate per individuare nuove resine e nuovi procedimenti che migliorino ulteriormente le prestazioni tecniche e tecnologiche.

Per quanto attiene alle resine, risultati abbastanza soddisfacenti sono stati ottenuti nel campo del PP, del PEN e del copolimero acril-nitrite²³.

Per i processi, risultati validi e soddisfacenti si sono ottenuti con la tecnica della biorientazione.

Diam. int. (mm)	Altezza (mm)	Capacità (ml)	Usi principali
52,4	73,0	140	Concentrato di pomodoro
	88,2	175	Succhi di frutta
	96,0	190	Succhi, condimenti
64,5	34,5	81	Tonno
	35,6	85	
	39,0	98	
65,3	77,7	234	Frutta, legumi, polpa di pomodoro Patate, legumi
	101,0	309	
72,8	58,0	220	Petfood, funghi
	65,0	240	Polpa di pomodoro
	105,0	405	Concentrato di pomodoro
	109,0	425	Pomodori pelati, polpa di pomodoro, frutta, legumi, petfood
83,4	38,0	160	Tonno Mais, legumi Patate, legumi Olio alimentare e lubrificante
	40,0	170	
	44,0	196	
	86,6	430	
	114,0	588	
99	88,0	620	Tonno
	118,0	825	Pelati, frutta, legumi, caffè, petfood
	145,5	1053	Petfood
155	118,0	2050	Concentrato di pomodoro
	125,0	2167	Tonno
	151,5	2650	Pelati, frutta, legumi
	178,0	3160	Pomodori pelati
	237,0	4250	Concentrato di pomodoro

Tab. 8.VI - alcuni dati tecnici dei contenitori metallici più utilizzati.

²³ Gli studi sull'acril-nitrite hanno subito una pausa, in ragione di alcuni aspetti igienico-tossicologici di questa resina non completamente chiariti.

Sulla quale riteniamo opportuno intrattenerci brevemente.

Nel 1972, nei laboratori della Dupont, si scoprì che un poliestere termoplastico, ottenuto dalla esterificazione dell'acido tereftalico con glicole etilenico, sottoposto a stiro assiale secondo i tre assi fondamentali alla temperatura di transizione vetrosa, riportato a temperatura ambiente migliorava sorprendentemente le proprie caratteristiche meccaniche ed alcune sue qualità fisiche; in particolare la resistenza a trazione e la impermeabilità ai gas.

La scoperta era di fondamentale importanza per le nuove frontiere che apriva allo sviluppo delle materie plastiche in tutti i settori di applicazione, ma in particolare in quello del confezionamento a perdere, settore più degli altri sensibile ai miglioramenti prestazioni-costo complessivo del prodotto alla distribuzione.

Gli stessi ricercatori cui si deve la scoperta ne intuirono le possibilità di applicazione nel campo delle bevande e svilupparono ulteriori ricerche mettendo a punto il know-how ancora oggi impiegato nella fabbricazione di corpi cavi biorientati²⁴.

Il condizionamento in contenitori di PET

I contenitori in PET hanno una elevata trasparenza alla quale non è assolutamente comparabile quelli realizzati in PVC Bio; inoltre a parità di peso, rispetto a queste, hanno una resistenza meccanica 4 volte superiore.

Una bottiglia del peso di 36 g può contenere un litro e mezzo di bevanda gassata a 3,5 volumi senza problemi apprezzabili di deformazione a temperatura ambiente; per ottenere le stesse prestazioni da una bottiglia in PVC Biorientato essa dovrebbe avere un peso di 85 g.

L'impermeabilità ai gas, a parità di spessore, è di circa il 30% superiore rispetto a quella di una bottiglia di PP Biorientato.

Un significativo contributo alle prestazioni delle bottiglie di PET, è fornito dalla forma, che dovrebbe essere ogivale con fondo emisferico (fig. 8.131).

Per ovvi motivi di stabilità le bottiglie con fondo emisferico devono essere provviste di una coppetta di base di polietilene o polipropilene, incollata al fondo emisferico.

Questa è una complicazione notevolissima, talché dopo una prima fase iniziale è stato adottato il "fondo petaloide" che, senza eccessiva penalizzazione per il peso della bottiglia, consente di eliminare la coppetta di base con notevole semplificazione del ciclo produttivo. Le bottiglie in PET allo stato attuale non permettono la pastorizzazione in volume, se non ricorrendo alla tecnica della "ricristallizzazione"²⁵.

Il ciclo tecnologico relativo alla fabbricazione delle bottiglie e al condizionamento in PET è riportato in fig. 8.132.

²⁴ Tra i ricercatori che si dedicarono con successo alla industrializzazione dei manufatti in PET biorientato vi furono gli italiani G. Nicolais, V. Ghisolfi, R. Rizzo.

²⁵ Cfr. Capitolo quinto del volume quarto dell'opera: Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande. Roberto Rizzo. Chirioti Editori. 2006.

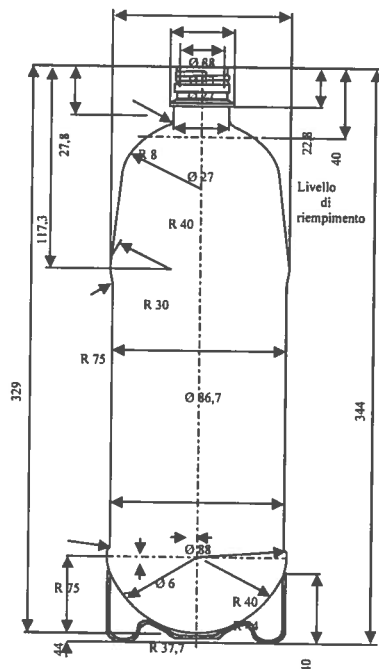


Fig. 8.131 - Bottiglia tipizzata da 1,5 l in PET.

8.10.2. Fondamenti delle tecnologie di condizionamento igienicamente protette

Il condizionamento sterile o asettico, come preferiscono alcuni, è un obiettivo industrialmente raggiunto solo da pochi anni²⁶, ma che le tecniche di condizionamento dei liquidi alimentari da sempre hanno perseguito²⁷.

Notevole risorse sono state profuse dai costruttori di impianti e dagli stessi utilizzatori nella ricerca di sistemi industrialmente validi, che risolvessero in maniera adeguata questo problema.

L'obiettivo è importantissimo, sia sotto l'aspetto economico sia della qualità, per almeno tre ordini di motivi:

- 1) possono essere eliminati i costosi processi di stabilizzazione termofisica che in molti casi arrecano danni irreversibili ai caratteri organolettici del prodotto;
- 2) possono essere eliminati dalla formulazione gli stabilizzanti chimici, spesso causa di caduta verticale dell'immagine di qualità e genuinità del prodotto, ancorché responsabili essi stessi di alcune "ricadute organolettiche" del prodotto;

²⁶ Una recente corrente di pensiero, che ci sembra meritevole di attenzione e con la quale concordiamo, fa una precisa distinzione tra condizionamento sterile e condizionamento asettico, riservando il primo termine alle operazioni di trattamento del liquido ed il secondo a quelle di confezionamento.

²⁷ Cfr. G. Ferretti, R. Rizzo. Stato dell'arte e prospettive dell'imbottigliamento sterile. Industrie delle bevande - XXII (1993) Aprile. Chiriotti Editore. Pinerolo (TO).

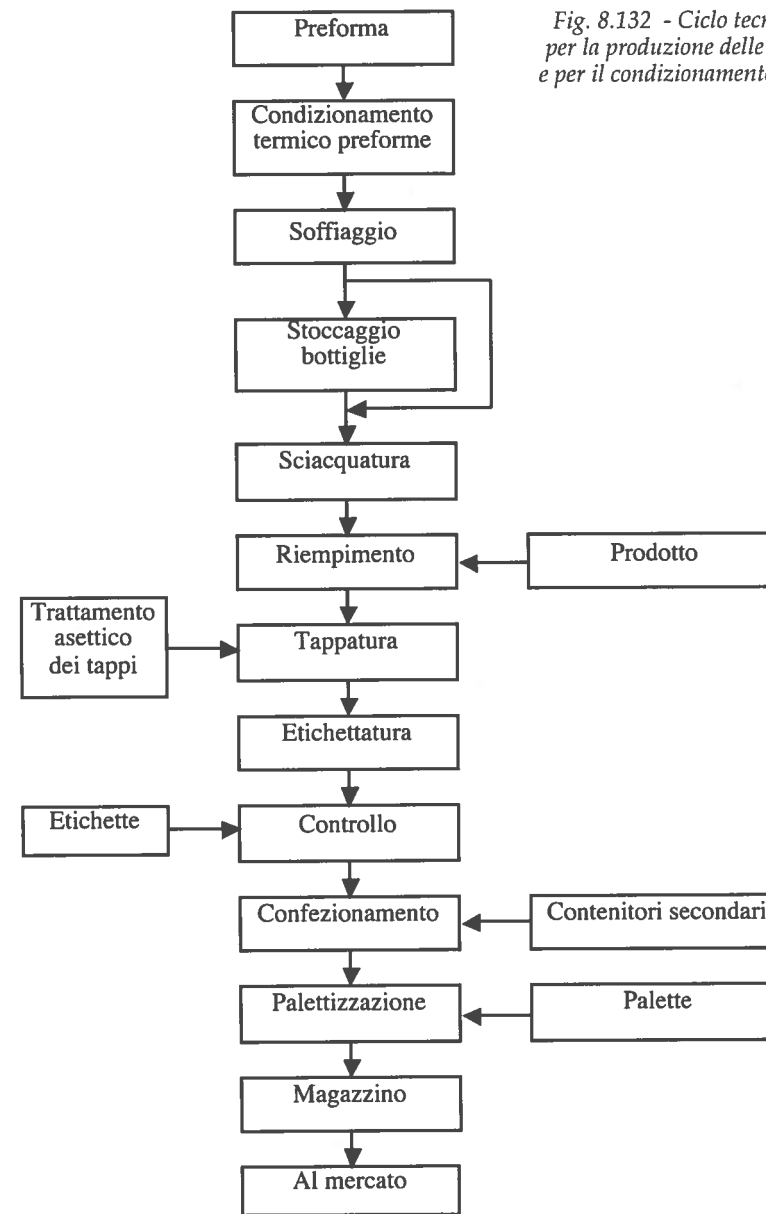


Fig. 8.132 - Ciclo tecnologico per la produzione delle bottiglie e per il condizionamento in PET.

- 3) si semplifica notevolmente il layout degli impianti, potendosi eliminare ingombranti apparecchiature quali generatori di vapore, pastorizzatori, scambiatori di calore, filtri e simili.

La configurazione base di un impianto per l'imbottigliamento sterile è quella riportata in fig. 8.133.

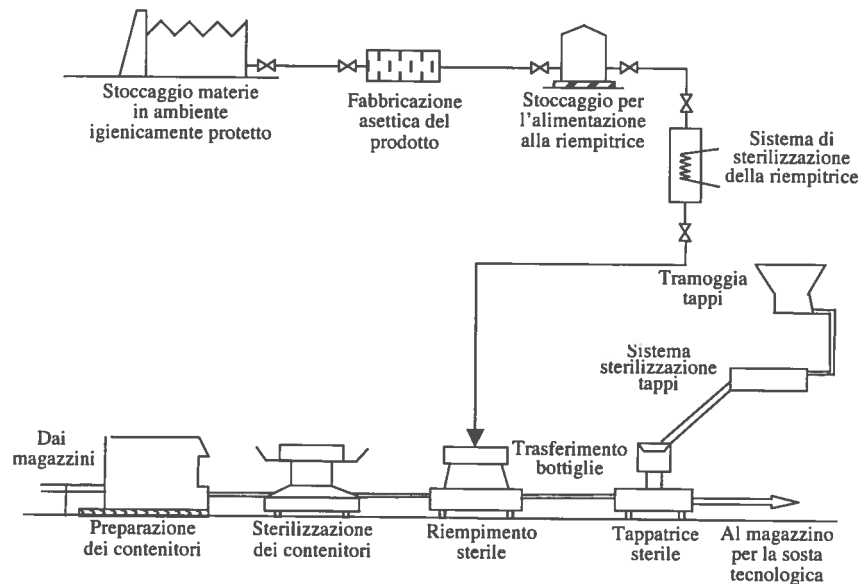


Fig. 8.133 - Configurazione di un impianto per il condizionamento aseptico di alimenti a matrice liquida.

I punti critici, suscettibili di provocare o introdurre inquinamento nel prodotto sono: il "circuitto del liquido", ovvero il circuito di adduzione dal reparto fabbricazione della bevanda ai serbatoi di stoccaggio del liquido per l'alimentazione delle riempitrici, i serbatoi stessi con la tubazione di collegamento con la riempitrice, la riempitrice, i tappi, il circuito dei tappi, in particolare la tramoggia, il sistema di trasferimento dei tappi dalla tramoggia alla tappatrice e infine la tappatrice stessa; il circuito dei contenitori, ossia il sistema di preparazione dei contenitori e il sistema di trasferimento dei contenitori alla riempitrice, nonché le parti esterne della riempitrice che vengono in contatto con l'imboccatura dei contenitori.

È da notare che ciascuno di questi circuiti è protetto da una o più apparecchiature che assicurano a monte delle macchine la "sterilità" del materiale.

La sterilità dei materiali

A monte del circuito di alimentazione delle riempitrici, se la natura del prodotto lo permette (bevande liquide), sono installati filtri sterilizzanti, detti anche amicrobici, con vagli idonei alle dimensioni dei microrganismi che possono svilupparsi nelle bevande (tab. 8.VII).

Quando le caratteristiche dell'alimento lo permettono, vengono impiegate le tecniche di sterilizzazione ad elevata temperatura e per breve tempo (HTST), note anche con il termine "flash", messe a punto principalmente per migliorare l'accettabilità di molti prodotti termosensibili, la cui qualità viene notevolmente deteriorata dalle tecniche di termosterilizzazione tradizionali (trattamenti termici lenti).

Esse si basano fondamentalmente su un processo di riscaldamento-raffreddamento rapido, mediante circolazione del prodotto attraverso un'apparec-

Bevanda	Microrganismi	Dimensioni (Mm)
Soft Drink	Lieviti	3+20
	Batteri lattici	0,45+10
	Batteri acetici	0,6+04
Vino	Lieviti	3+20
	Muffe (spore)	3+15
	Batteri lattici	0,45+10
Birra	Batteri acetici	0,6+4
	Lieviti, muffe, batteri lattici, batteri acetici	Come sopra
	Sarcina	1,8+2,4
	Bacillus subtilis	0,8+1,8
	Zymomonas aerobico	1+2,6
	Escherichia coli	1+6
Micrococcus viscosus	0,5+3,5	

Tab 8.VII - Microrganismi che possono svilupparsi nelle bevande.

chiatura di scambio termico a conduzione rapida detto *flashpastorizzatore*.

Molto varia è la tipologia di queste apparecchiature in relazione al tipo dello scambiatore impiegato: a piastre tubolari ed a superfici raschiate ad iniezione diretta del vapore, a vuoto e simili.

La scelta dipende essenzialmente dalla composizione e dalle caratteristiche reologiche del liquido e dei solidi in esso dispersi, ma anche da considerazioni economiche in rapporto alla qualità che si intende perseguire.

Così, ad esempio, gli scambiatori a piastre hanno un costo relativamente basso e ridotte dimensioni di ingombro, sono modulari (per cui si può aumentare facilmente la loro capacità) e richiedono poca manodopera; per contro essi necessitano di pompe ad elevata pressione e di connessioni robuste ad alta tenuta, in quanto eventuali perdite sono difficili da rilevare. Il loro campo di adozione è quello dei prodotti con bassa viscosità privi di pezzature solide di dimensioni superiori a qualche millimetro.

Gli scambiatori a superficie riscaldata sono particolarmente indicati per il trattamento di concentrati e di prodotti ad elevata viscosità. Rispetto ai precedenti sono più costosi e, comprendendo parti mobili, richiedono una manutenzione molto accurata con conseguente aumento dei costi di esercizio.

Tra i sistemi di raffreddamento che seguono al riscaldamento rapido del liquido, molto interessante si dimostra il raffreddamento con espansione sotto vuoto, perché è un processo rapido, economico per le grandi portate, adatto per prodotti di viscosità molto variabile; esso tuttavia necessita di un'altezza barometrica superiore ai 10 m, di un'accurata strumentazione per il controllo del processo e, in alcuni casi può comportare la perdita di composti volatili aromatici per evaporazione.

Molte combinazioni sono possibili tra i sistemi di riscaldamento e quelli di raffreddamento, ma particolarmente interessanti dal punto di vista dell'affidabilità e dell'efficienza sono: il *sistema sotto vuoto* e il *sistema sotto pressione*. Quest'ultimo prevede il riscaldamento su superficie raschiata, la sosta in un recipiente pressurizzato con pompa di circolazione per il mantenimento del calore, il raffreddamento su superficie raschiata e recipiente pressurizzato per il liquido raffreddato. Il sistema sottovuoto, invece, prevede il riscaldamento su superficie raschiata con sosta in recipiente pressurizzato per il mantenimento del calore ed il raffreddamento mediante espansione sottovuoto con stoccaggio a riciclo.

A valle della macchina di preparazione del contenitore, che nel caso di una linea VARV può essere una lavatrice, o una soffiatrice nel caso di una linea in plastica VARP ad alimentazione diretta, od ancora un raddrizzatore nel caso delle linee VAPP ad alimentazione indiretta, è posta una sciacquatrice, spesso con settore di lavaggio asettico, che svolge la duplice funzione di rimuovere dal contenitore eventuali residui grossolani, discreti o diffusi, e di bonificarli, riducendo così notevolmente la carica batterica conseguente al lavaggio (VARV) o a prolungati stoccaggi (VAPP)²⁸.

Una ricerca condotta sulla carica microbiologica nei contenitori di vetro in uscita dalla lavatrice, i cui esiti sono sintetizzati nella *fig. 8.134*, ha messo in evidenza che statisticamente le bottiglie provenienti dalla lavatrice in nessun caso sono esenti da contaminazioni. C'è solo da domandarsi se i batteri rilevati sono da considerarsi pericolosi per la persona e per la particolare bevanda che si va a confezionare, dando risposta ai seguenti quesiti:

- Può qualcuno dei microrganismi rilevati in bottiglia alterare il prodotto?
- Se qualcuno di essi è patogeno, può sopravvivere nel prodotto?
- Esistono normative cogenti circa il tipo di carica e la carica massima ammissibile nel prodotto?

Se una sola di queste domande ha una risposta dubbia è indispensabile ricorrere alla post-sterilizzazione del contenitore tramite sciacquatrice che può essere fatta con agenti chimici (H₂, O₂, O₃ e simili) o con agenti fisici (calore da vapore o acqua calda).

La sterilizzazione dei tappi e delle capsule di chiusura può essere conseguita con vapore surriscaldato, se il materiale è in grado di sopportare senza deformazioni temperature dell'ordine dei 150 °C per tempi di 5÷10 s; allo scopo, vengono utilizzate camere a pressione dotate di sportelli a cassette per l'entrata e l'uscita dei tappi. Per i tappi di plastica in PE o tappi di metallo dotati di guarnizione di tenuta in plastica, si può ricorrere ad irradiazione interna ed esterna di perossido di idrogeno i cui residui possono essere eliminati con acqua sterile che, a sua volta, può essere trattata con aria sterile.

Altri tentativi sono stati effettuati con radiazioni ionizzanti, ponendo tuttavia problemi di efficacia sanitizzante in relazione alla sicurezza d'uso. Non essendo infatti proponibile l'impiego di dosi elevate con effetti sterilizzanti di sicura affidabilità, bisogna ricorrere a dosi blande, largamente al di sotto dei 10 kGy,

²⁸ VARV : vuoto a rende vetro. VARP: vuoto a rendere plastica. VAPP: vuoto a perdere plastica.

Durata della ricerca: 3 settimane

Terreni colturali impiegati: medio adatto alla ricerca di batteri dannosi alla birra, medio adatto ai batteri dannosi ai succhi di frutta, medio adatto ai batteri coliformi.
 Modalità della ricerca: sono stati prelevati otto contenitori per volta, ogni giorno, in corrispondenza dell'ingresso alla riempitrice, protette con foglio sterile di alluminio, agitate con circa 50 ml di acqua sterile di diluizione e filtrate a membrana.
 L'acqua residua nelle bottiglie era di 1÷2 ml.
 Sono stati analizzati anche 50 cc di acqua di spruzzatura della lavatrice che sono stati filtrati a membrana.

Risultati

Numero di batteri, potenzialmente dannosi all'acqua minerale compresi tra 0 e 400 per contenitore.
 Raramente assenza di batteri dannosi alla birra.
 Presenza di lieviti dannosi alla bibita ed ai succhi di frutta.

Considerazioni sui risultati

L'acqua residua nei contenitori solo raramente è priva di germi.
 La fonte delle infezioni non è identificabile con certezza.
 Nel caso di muffe, lieviti e batteri è estremamente improbabile che essi provengano dall'acqua di spruzzatura.
 È molto probabile che la contaminazione sia imputabile a gocce di condensa oppure a lavaggio non completo.

Fig. 8.134 - Ricerca sulla carica microbiologica nei contenitori VAR in uscita dalla lavatrice.

le quali pongono interrogativi sulla possibilità di eliminare i microrganismi di alterazione come spore e cellule vegetative, che possono successivamente svilupparsi nel liquido confezionato.

8.11. IL CONDIZIONAMENTO ASETTICO

Il condizionamento asettico, inteso come stabilizzazione e confezionamento degli alimenti liquidi o in matrice liquida, è stato introdotto per consentire un salto di qualità del prodotto finale. Dall'analisi dei diversi impianti di condizionamento tradizionali, si è notato, infatti, che le proprietà organolettiche del prodotto fresco venivano irrimediabilmente compromesse attraverso l'uso di trattamenti drastici, necessari per garantire conservabilità nel lungo periodo.

Il condizionamento tradizionale prevede, infatti, al fine di ottenere la sterilità commerciale, l'uso di trattamenti di natura chimica oppure di trattamenti termici di pastorizzazione sul prodotto confezionato con irrimediabile degrado delle qualità nutritive e organolettiche.

Per poter migliorare dunque la qualità intrinseca del prodotto evitando la perdita di valori nutrizionali, si è cercato di seguire alcuni criteri sviluppati

nel tempo da diversi gruppi di lavoro, grazie ai quali è stato possibile definire la struttura di un impianto asettico. Tali criteri sono i seguenti:

1. **Sterilizzazione di prodotto e contenitore separate**, individuando per ognuno il sistema più efficace per distruggere i microrganismi (cellule o spore) che possono nuocere alla salubrità del prodotto, senza però danneggiare eccessivamente le proprietà nutritive e organolettiche delle bevande.
2. **Riempimento a temperatura ambiente**, in modo da non sottoporre i contenitori a stress termici, liberandoli in qualche modo dall'esigenza di essere costruiti con criteri e materiali termoresistenti.
3. **Sterilizzazione veloce del prodotto** prima di essere confezionato, seguita da un immediato raffreddamento, con enormi vantaggi da un punto di vista qualitativo. È possibile, infatti, adottare trattamenti sterilizzanti del prodotto di tipo HTST se non addirittura UHT (Ultra High Temperature), che comportano brevissimi tempi di trattamento ad alte temperature.

La tecnologia attuale dell'asettico riesce a soddisfare pienamente a tutti questi criteri, conseguendo la sterilità del prodotto, dei contenitori e delle capsule prima del processo produttivo e mantenendo inalterato questo stato fino alla chiusura del contenitore. Il riempimento a temperatura ambiente inoltre rende possibile l'impiego di contenitori in vetro, resine sintetiche e poliaccoppiati.

L'esigenza di mantenere l'asetticità dei contenitori e del prodotto sino alla fine del confezionamento impone, tuttavia, di lavorare in un ambiente operativo rigorosamente controllato sotto l'aspetto microbiologico. Tale ambiente confinato è noto con il nome di "camera bianca", ossia un locale in cui la concentrazione di particelle aero-portate è mantenuta sotto rigido controllo.

Nel rispetto di questi criteri basilari, si è proceduto negli anni all'identificazione di diverse tipologie di linee, che potessero ottenere le migliori garanzie d'igiene, attraverso il minor costo d'installazione e di produzione.

È possibile, concettualmente, realizzare il ciclo tecnologico del condizionamento asettico in due modi diversi a seconda di come avviene la stabilizzazione del prodotto:

4. ciclo asettico parziale (o tradizionale) in cui la sterilizzazione del prodotto avviene per via termica;
5. ciclo asettico integrale in cui la stabilizzazione del prodotto è ottenuta a freddo o a temperatura ambiente.

La differenziazione proposta non riguarda, in questo caso, le modalità con cui tappi e contenitori raggiungono la sterilità prima di giungere al monoblocco di riempimento e tappatura; questi possono essere alimentati a partire da condizioni di sterilità o trattati durante il percorso all'interno del processo. Uno dei metodi per la sterilizzazione a freddo (temperatura ambiente) consiste nell'ultrafiltrazione, cioè nell'eliminazione dei microrganismi mediante filtrazione su setti finissimi, in grado di trattenere particelle dell'ordine dei micrometri. Questo sistema garantisce l'eliminazione di tutte le specie batteriche consentendo il passaggio ai soli eventuali virus, i quali non avendo cellule sulle quali insidiarsi avrebbero comunque breve esistenza.

I costi di questa tecnologia sono tuttavia molto elevati se confrontati con

quelli della stabilizzazione fisica per via termica, la quale peraltro offre notevoli garanzie di sicurezza date dalla lunga esperienza nel suo impiego.

Mentre il ciclo asettico integrale, data la sua complessità ed i costi elevati, non è mai stato applicato su scala veramente industriale, tre sono le tipologie di linee asettiche definite industrialmente, anche se attualmente solo quella a contaminazione controllata CC trova buoni riscontri in termini d'installazione.

Le linee di imbottigliamento asettiche

Il primo sistema asettico parziale di cui tratteremo è quello che va sotto la denominazione di *ciclo AC*. Questo sistema presenta una sola barriera asettica al riempimento, ossia quella per i tappi dei contenitori, in cui si prevedono tre unità: una di sanitizzazione, una di risciacquo con acqua sterile e una per l'asciugatura. I contenitori conservano invece la loro sterilità di partenza, e almeno teoricamente, l'asettico parziale AC non presenta rischi di contaminazione per i contenitori. Va messo tuttavia in evidenza come debbano essere attuati particolari accorgimenti per mantenere la sterilità degli stessi dopo la produzione. Inoltre, essendo impensabile di poter utilizzare contenitori già sterili se non prodotti sul luogo, in linea risulta necessaria un'unità di produzione sterile dei contenitori.

Vediamo come si presenta il diagramma del ciclo AC per valutare al meglio le differenze con gli altri cicli **fig. 8.135**.

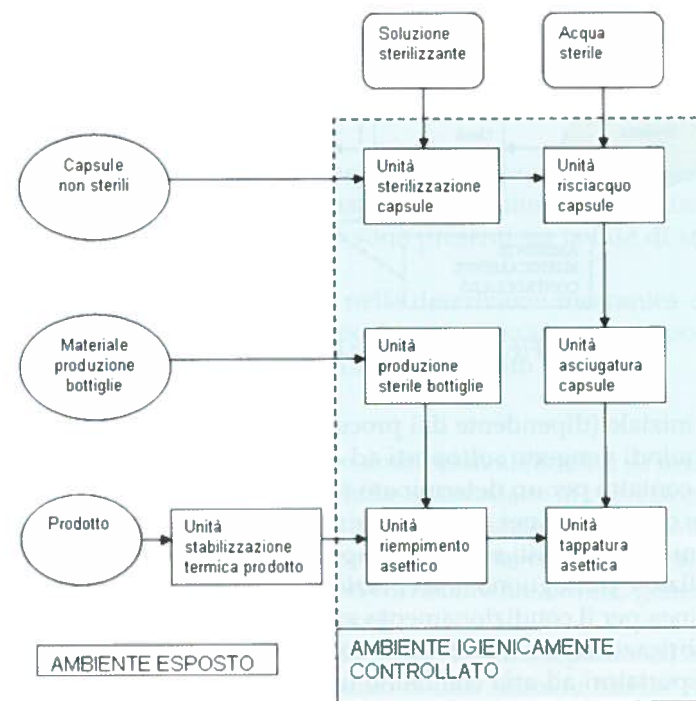


Fig. 8.135 - Schema linea tipo AC.

Dopo un primo momento in cui sembrava che predominasse la configurazione impiantistica del tipo AC, con produzione sterile dei contenitori mediante l'uso delle tecnologie monostadio di produzione dei contenitori, questi sistemi sono stati abbandonati e sono state preferite configurazioni di aseptico parziale CC (contaminazione controllata) fig. 8.136.

Lo schema proposto mostra il ciclo aseptico attualmente più utilizzato; con esso viene realizzato un processo che funziona se il livello di contaminazione iniziale dei singoli componenti rientra nel limite dei valori stabiliti. Sia tappi che contenitori entrano nell'ambiente igienicamente controllato con la propria cari-

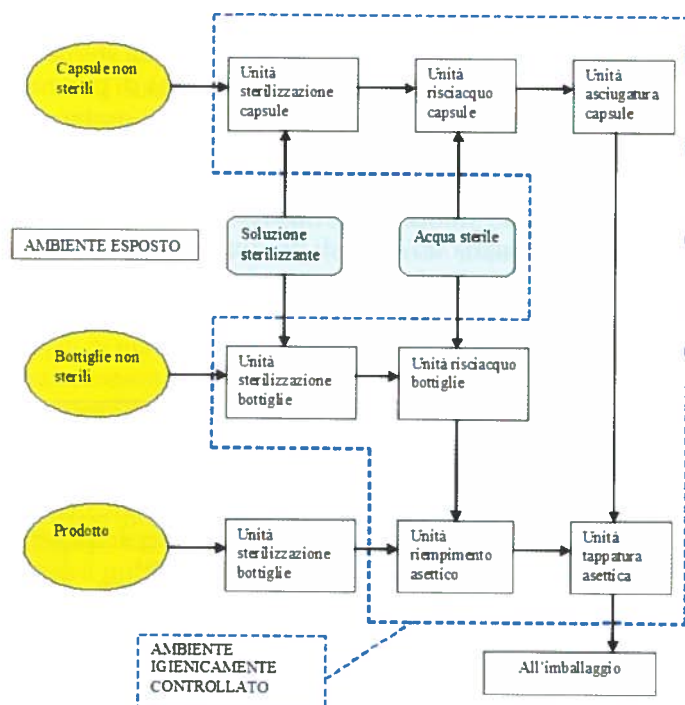


Fig. 8.136 - Schema linea tipo CC.

ca microbica iniziale (dipendente dai processi subiti in precedenza ma lo stesso controllata), quindi vengono sottoposti ad un processo di sterilizzazione. Entrano, infatti, in contatto per un determinato tempo con una soluzione sterilizzante o sanitizzante opportuna, per poi essere risciacquati con acqua sterile. Una volta che i contenitori sono stati riempiti e capsulati, escono dall'ambiente igienicamente controllato e proseguono la lavorazione come nelle linee tradizionali.

Nella linea per il condizionamento aseptico CC è possibile inserire un segmento di fabbricazione dei contenitori, collegato direttamente alla riempitrice mediante trasportatori ad aria che fanno uso di filtri assoluti inseriti in un ambiente non strettamente controllato. Nel caso dei contenitori in plastica possono essere utilizzate delle soffiatrici bistadio. Questo tipo di soffiatrice possiede sola-

mente lo stadio di soffiatura, mentre l'iniezione e la formatura della provetta avvengono in una fase precedente prima di pervenire allo stabilimento. Le temperature in gioco sono di molto inferiori rispetto al caso delle soffiatrici monostadio (si parla di circa 110°C) e quindi i contenitori in uscita dalla macchina non possono considerarsi aseptici, ma a "contaminazione controllata". Si suppone, infatti, che le loro cariche microbiche siano sempre più o meno le stesse e siano modeste.

Per il trasporto delle bottiglie verso la zona di confezionamento possono essere impiegati trasportatori ad aria con filtraggio assoluto, avendo cura di studiare un percorso lineare, di limitare l'accumulo dei contenitori sulle linee di trasporto allo stretto necessario e di disporre il percorso dei trasportatori con contenitori vuoti in un ambiente comunque controllato.

Il trattamento cui sottoporre i contenitori prima del riempimento prevede una sterilizzazione con acido peracetico diluito della durata di alcuni secondi, impiegando grandi giostre poste in zone a contaminazione controllata.

La configurazione di un impianto aseptico a **contaminazione non controllata (NCC)** è caratterizzata invece dal fatto che i contenitori entrano in linea con una carica microbica iniziale >100 (ma <1000) unità formanti colonie per bottiglia (ufc/bott.). L'azienda, in questo caso, non si accolla i forti costi iniziali per la produzione d'imballaggi primari, per contro, però, non ha alcuna garanzia e nessun controllo sulla contaminazione delle bottiglie. Esse devono quindi essere "pesantemente trattate" per raggiungere la sterilità commerciale.

Questo caso è sicuramente il peggiore poiché non si conoscono con esattezza le condizioni delle bottiglie, provenienti da silo con riordinatore oppure da depalettizzatore. Non è possibile dunque risalire alla storia pregressa delle stesse ovvero come sono state prodotte, stoccate ed in quale ambiente e non si può avere l'assoluta certezza che tutti i contenitori siano stati sottoposti allo stesso trattamento.

Il cuore del confezionamento aseptico è la fase di "riempimento" e questa risulterà particolarmente evidente quando nel seguito verrà analizzato il monoblocco di riempimento, al cui interno sono presenti sia la fase di sterilizzazione delle capsule che dei contenitori.

Tuttavia prima di addentrarci nella descrizione meccanica del funzionamento del monoblocco rotativo, è opportuno analizzare come si possa mantenere la sterilità durante tutta la fase di confezionamento.

La qualità igienica dell'ambiente

Spesso le condizioni igieniche e ambientali all'interno di un impianto alimentare risultano particolarmente critiche e non adatte al confezionamento aseptico. Nel caso di un classico impianto a "contaminazione controllata", la presenza di trasportatori bottiglie con trasportatori ad aria, contribuisce a creare grosse masse d'aria in movimento che, se non correttamente filtrata, generano notevoli problemi d'inquinamento dei contenitori.

Per questo motivo si provvede in primo luogo a separare ed isolare la zona di sterilizzazione e riempimento a mezzo di una "camera bianca", ambiente nel quale il numero di particelle nell'aria è mantenuto al di sotto di un determinato livello, in modo da soddisfare i requisiti di una specifica classe di contaminazio-

ne. Con questo termine si suole indicare il numero di particelle contaminanti, di determinate dimensioni, contenute nell'unità di volume (in genere il piede cubo).

La camera bianca è quindi una struttura di dimensioni tali da contenere l'impianto in tutto o in parte e ha funzione di isolare la zona ove avviene la parte sensibile del processo. In essa viene immessa aria filtrata (con flusso laminare tale da portare verso il basso le impurità) con un numero di particelle variabile in funzione della classe e con un sistema di velocità, portate e ricircoli tali da mantenere il sistema in sovrappressione rispetto all'esterno. Viene impedito così l'ingresso d'inquinanti in questa "zona sensibile" dell'impianto.

Nella camera stessa esiste una suddivisione in locali differenti, ognuno con una specifica funzione ed una determinata classe il più possibile idonea alla particolare applicazione. Nel monoblocco trattato si avrà classe 10000 nella sterilizzatrice e sciacquatrice, mentre la classe 100 è quella delle zone dell'isolatore presenti all'interno della riempitrice.

Per l'individuazione delle diverse classi di contaminazione, si segue una catalogazione fornita dalla US Federal Standard, in cui si privilegiano le unità di misura anglosassoni, esprimendo il volume di aria in piedi cubi e il diametro del-

CLASSI		Limiti di classe									
		0,1 µm		0,2 µm		0,3 µm		0,5 µm		0,5 µm	
		Volume		Volume		Volume		Volume		Volume	
SI	Inglese	m³	ft³	m³	ft³	m³	ft³	m³	ft³	m³	ft³
M1		350	9,91	75,7	2,14	30,9	0,875	10	0,283		
M1,5	1	1240	35	265	7,50	106	3	35,3	1		
M2		3500	99,1	757	21,4	309	8,75	100	2,83		
M2,5	10	12400	350	2650	75	1060	30	353	10		
M3		35000	991	7570	214	3090	87,5	1000	28,3		
M3,5	100			26500	750	10600	300	3530	100		
M4				75700	2140	30900	875	10000	283		
M4,5	1000							35300	1000	247	7
M5								10 ⁵	2830	618	17,5
M5,5	10000							3,53E5	10000	2470	70
M6								10 ⁶	28300	6180	175
M6,5	100000							3,53E6	10 ⁵	24700	700
M7								10 ⁷	2,83E5	61800	1750

Tab. 8.VIII - Catalogazione US Federal Standard.

le particelle in µm. Proponiamo qui di seguito la catalogazione originale con tutti i riferimenti per i vari diametri delle particelle.

Negli ultimi anni si è deciso tuttavia di utilizzare la corrispettiva tabella fornita dalla ISO 14644 che identifica con il sistema di misura internazionale gli stessi requisiti previsti dalla FS209 D.

Numero (N) di classificazione ISO	Limiti di concentrazione massima (particelle/m³ d'aria)					
	0,1 mm	0,2 mm	0,3 mm	0,5 mm	1 mm	5 mm
Classe ISO 1	10	2				
Classe ISO 2	100	24	10	4		
Classe ISO 3	1000	237	102	35	8	
Classe ISO 4	10000	2370	1020	352	83	
Classe ISO 5	100000	23700	10200	3520	832	29
Classe ISO 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
Classe ISO 7				352000	83200	2930
Classe ISO 8				3520000	832000	29300
Classe ISO 9				35200000	8320000	293000

Tab. 8.IX - Catalogazione ISO 14644.

La conversione è possibile tra le due norme e prevede quindi i seguenti rapporti:

Norma	Classe					
ISO 14644	3	4	5	6	7	8
FS209	1	10	100	1000	10000	100000

Tab. 8.X - Rapporti di conversione tra la ISO 14644 e la Federal Standard.

In generale per produzioni in camera bianca (anche dove non si fa uso di Isolatori microbiologici come nell'imbottigliamento), le pareti, il soffitto, il pavimento, le porte, le finestre, il sistema d'illuminazione devono inoltre rispondere a determinati requisiti, secondo la classe corrispondente. La camera bianca più frequentemente impiegata per il confezionamento asettico di alimenti o bevande risulta in classe 100 in condizioni operative. La classe della camera può essere espressa, tuttavia, a seconda di tre diverse condizioni:

- Classe a camera completa vuota: la camera è completa, presenta tutti i sistemi di aerazione e misurazione funzionanti, ma in essa non sono presenti le macchine per il processo.
- Classe a macchina ferma: la camera è completa, sono installati i macchinari, ma la determinazione del numero di particelle viene eseguita con i macchinari non in funzione.

- Classe con macchine in produzione: la camera funziona con le macchine in produzione. Questa situazione determina una riduzione della classe nominale; ad esempio da osservazioni empiriche è stato verificato che una camera di classe 10 a macchina ferma diviene di classe 100 a macchina funzionante.

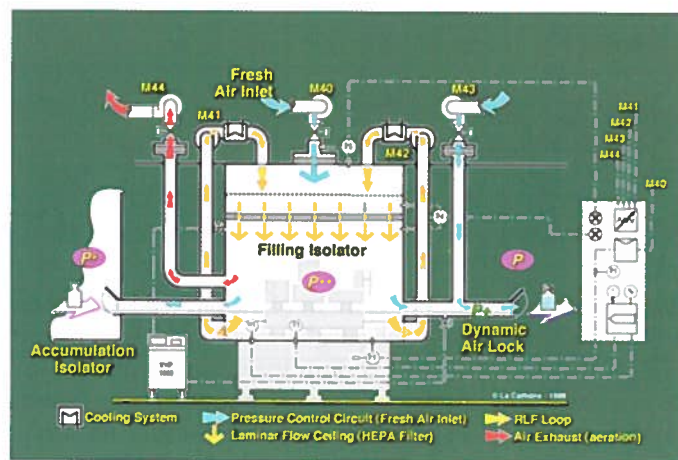
Questa classificazione è utile in fase di progettazione per verificare l'esattezza dei dimensionamenti eseguiti di pari passo con l'esecuzione operativa dei vari reparti macchina.

Al fine di ottenere il grado di astaticità desiderato nelle varie sezioni della macchina, vengono inseriti sulla parte superiore della struttura dei particolari filtri.

Questi filtri sono dotati di particolari setti per il trattenimento di microparticelle e vengono suddivisi in base al loro utilizzo in:

- ▷ HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) per camere bianche di classe superiore a 100, con un'efficienza del 99,97% nel trattenere particelle con diametro medio di 0,3µm.
- ▷ ULPA (Ultra Low Penetration Air Filter) per le camere bianche di classe 1-100, con un'efficienza minima del 99,999% nel trattenere particelle con diametro medio di 0,12µm.

Sia che si utilizzino i primi o i secondi, l'aria all'interno della camera bianca viene comunque ricambiata circa 360÷500 volte in un'ora ed è pressurizzata con almeno 25,4 mm di colonna d'acqua rispetto all'esterno. È opportuno che la camera bianca sia dotata del sistema di ricircolo dell'aria dell'80÷90%.



Schema della La chalone.

Altre dotazioni utili per la camera bianca sono: indicatori di velocità dell'aria, regolazione della velocità dei ventilatori mediante inverter, regolazione della temperatura e dell'umidità all'interno della camera, sistema automatico di lavaggio e disinfezione delle superfici interne della camera, maniche (solo su riempitrici lineari) per il prelievo dei campioni e per eventuali manipolazioni interne.

8.12. BIBLIOGRAFIA

- M. Agliati. 1994. Costi di prodotto e controllo dei costi: dai sistemi tradizionali al metodo basato sulle attività. Egea. Milano.
- F. Amigoni. 1988. Le misure nel controllo dell'economia delle imprese. Giuffrè. Milano.
- C. Baccarani. 1993. Imprese commerciali e sistema distributivo. Giappichelli. Torino.
- M. Bergamin Barbato. 1991. Programmazione e Controllo in ottica strategica". UTET. Milano.
- C. Berliner, J. Brimson. 1989. Cost management for today's advanced manufacturing. Harvard Business School Press. U.S.A.
- A. Bubbio. 1991. Fabbisogni informativi e progettazione della contabilità analitica: verso un sistema di rilevazioni analitiche a supporto anche della gestione
- R. Cooper, R. Kaplan. 1991. The design of cost management system. Prentice Hall International. New York.
- C. De Matté. 1984. Nascita e sviluppo dell'innovazione nell'impresa. Relazione tenuta all'incontro di studio "Riflessi dell'innovazione sulle strutture di mercato e sulla condotta dell'impresa: teorie e prassi innovative", Jesi 5-6 settembre.
- F. De' Rossi, R. Rizzo. 1980. I contenitori per liquidi alimentari: situazioni e prospettive. Industrie Alimentari, febbraio. Chiriotti Editori. Pinerolo (TO).
- F. De' Rossi, R. Rizzo. 1982. I consumi di energia nell'industria delle bevande: aspetti generali e studio di impianti tipici. Industria delle bevande, aprile. Chiriotti Editori. Pinerolo (TO).
- F. De' Rossi, R. Rizzo. 1983. L'adattabilità degli impianti industriali. Ingegneria Meccanica, n. 10.
- F. De' Rossi, E. Mastrogiovanni, R. Rizzo. 1988. Metodica per un'analisi delle condizioni di lavoro dell'impresa. IV Congresso Nazionale di Ergonomia. Ischia.
- P. Decroly. 1982. Les apports de l'orientation moléculaire. Plastiques Flach, dicembre.
- O. Gaterud. 1980. The future of the Pet-bottle: opportunities in Europe, European soft drinks service. London Seminar - June.
- M. Grillo, F. Silva. 1991. Impresa concorrenza organizzazione. NIS. Roma.
- H. Gruber. 1994. Differenziazione del prodotto ed evoluzione della struttura di mercato: il caso del mercato delle acque minerali. Il Mulino. Bologna.
- K. Halgall. 1982. Stampaggio di preforme e tazze di base di bottiglie PET. Poliplast, novembre.
- J. Innes, F. Mitchell. 1994. I costi di struttura, metodologie di analisi e di gestione. Egea Milano.
- F. W. Mc Farlan. 1984. Information technology changes the way you compete. Harvard B. review.
- A. Jacquemin. 1987. La nuova economia industriale. Il Mulino. Bologna.
- R. Kaplan. 1991. Accounting lag: the obsolescence of cost accounting systems. Prentice Hall International. New York.
- K. Kristensen. 1982. Come pianificare lo stoccaggio ad iniezione quando si producono bottiglie in PET. Poliplast, gennaio.
- K. Lancaster. 1971. Consumer Demand: a new approach. Columbia University Press. N.Y.
- G. Pachè. 1991. La logistica nei rapporti industria-distribuzione: il caso francese, Bocconi Comunicazione. Milano.
- G. Panati, G. Golinelli. 1991. Tecnica economica, industriale e commerciale. NIS. Roma.
- C. Peri. 1982. L'innovazione nell'industria alimentare italiana: risultati di un'indagine analitica e confronti internazionali - Atti della giornata di studio sull'innovazione nel settore alimentare- Roma 30 novembre.
- L. Pilotti. 1988. La logistica distributiva in Italia: le opportunità di collaborazione tra industria e distribuzione. Bocconi Comunicazione. Milano
- M. Porter. 1982. La strategia competitiva. Tipografie Compositori. Bologna.
- M. Porter. 1985. Competitive Advantage. Creating Superior Performance. Free Press, New York. Trad. it. 1989. Il vantaggio competitivo. Edizioni Comunità. Milano.
- G. Petroni. 1989. Il ruolo della ricerca e dello sviluppo in rapporto ai nuovi indirizzi strategici delle imprese alimentari Europee. Parma.
- R. Ravazzoni. 1988. L'industria delle acque minerali: problemi distributivi e profili di sviluppo, Commercio, vol. 31, n. 1.
- M. Riva et al. 1989. Equilibri idrochimici delle acque minerali naturali italiane. Industrie delle Bevande - ottobre. Chiriotti Editori. Pinerolo (TO).

- L. Rizza. 1983. Tecniche della termoregolazione industriale oggi e nel prossimo futuro. Poliplast, maggio.
- R. Rizzo. 1976. Tecnica dell'imbottigliamento. Chiriotti Editori. Pinerolo (TO).
- Rizzo R., 2006. Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande. Vol. 5 - "Le tecnologie di preparazione e imballaggio delle acque minerali e delle bevande". Chiriotti Editori, Pinerolo (TO).
- P. Saraceno. 1978. La produzione industriale - nona edizione. Libreria Universitaria Editrice. Venezia.
- R. Sbrana. 1994. La distribuzione commerciale. Giappichelli. Torino.
- G. Sferlazzo *et al.* 1993. Caratterizzazione di acque minerali italiane mediante tecniche statistiche multivariate. L'igiene moderna, n. 99.
- L.W. Steele - Managing technology - Mc Graw Hill 1988 - N.Y.
- J.K. Shank, V. Govindarajan. 1992. Strategic cost management and the value chain. Journal of Cost Management.
- K. Shankj., V. Govindarajan. 1991. L'analisi dei Costi per la Gestione Strategica. Guerini e Associati. Milano.
- W. Stanton, R. Varaldo. 1991. Marketing. Il Mulino. Bologna.
- G. Toscano. 1991. Il calcolo dei costi per attività lungo la catena del valore: l'evoluzione della teoria. Edizioni Unicopli. Milano.
- R. Willig. 1982. Contestable Markets and the Theory of Industry Structure. Harcourt Brace. N.Y.
- E. Zaninotto. 1991. Efficienza e potere nei canali di distribuzione, Bocconi Comunicazione. Milano.

– PARTE QUARTA –

**PROCESSI LOGISTICI E TIPOLOGIE DI RIFERIMENTO
DI ALCUNE PRODUZIONI ALIMENTARI**

- ▶ Logistica interna degli stabilimenti alimentari.
- ▶ I processi logistici della supply chain alimentare.
- ▶ L'industria vinicola.
- ▶ L'industria birraria.
- ▶ L'industria lattiero-casearia: Il Parmigiano Reggiano.
- ▶ L'industria delle conserve vegetali: Il Pomodoro.
- ▶ Prodotti carnei e conserve animali: Il Prosciutto.
- ▶ Impianti dell'industria molitoria e cerealicola.
- ▶ La pasta.

*L'uomo è dotato non solo di raziocinio,
ma anche di fantasia e creatività.
Egli ha quindi forte tendenza a manifestare all'esterno
i suoi intimi sentimenti, ma nello stesso tempo avverte
il bisogno che dall'esterno si ecciti la sua fantasia*

R.R.

*L'urgenza delle merci è riconosciuta da chi le ordina,
ma non impegna il destinatario*

Un logistico anonimo

Capitolo nono

LOGISTICA INTERNA DEGLI STABILIMENTI ALIMENTARI

9.1. DEFINIZIONE DELLA FUNZIONE LOGISTICA

La logistica è la disciplina che tratta la gestione integrata (fig. 9.1) dell'intero ciclo operativo dell'azienda, industriale o del terziario, attraverso le sue principali funzioni di gestione dei materiali (approvvigionamento delle materie prime e dei componenti), di gestione della produzione (programmazione, fabbricazione, assemblaggio, controllo) e di gestione della distribuzione fisica dei prodotti finiti (movimentazione, stoccaggio, trasporto, imballo, ricezione e spedizione, assistenza post-vendita ai clienti). L'obiettivo fondamentale è di garantire un elevato livello di servizio ai clienti, fornendo prodotti d'alta qualità, con rapidi tempi di risposta e a costi competitivi.

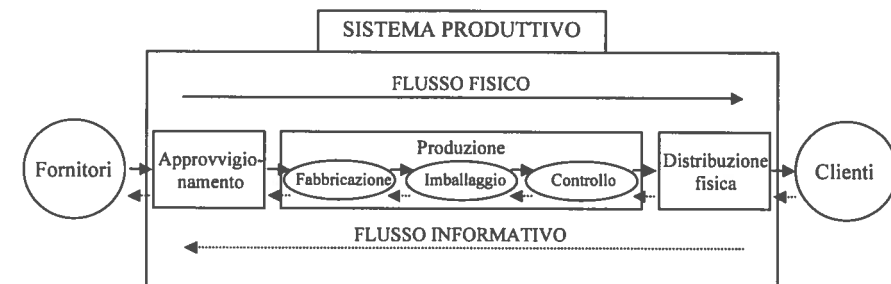


Fig. 9.1 - Schema generale della catena logistica.

Strumenti essenziali per l'ottenimento di questo obiettivo sono l'integrazione, anche attraverso l'utilizzo mirato delle risorse dell'automazione, dei flussi fisici e dei flussi informativi relativi a tutte le attività operative dell'azienda e la flessibilità dei mezzi produttivi e di trasporto per far fronte, con rapidità e senza oneri elevati d'adattamento, alla continua evoluzione della gamma produttiva.

Obiettivo degli studi di logistica è pertanto quello di individuare i criteri generali e i metodi quantitativi che presiedono alla scelta, alla progettazione e alla gestione di sistemi logistici integrati e flessibili, che siano in grado, da un lato di assicurare l'integrazione dei flussi fisici e dei flussi informativi, e dall'altro di rispondere con flessibilità e rapidità alle esigenze di riconfigu-

razione del sistema produttivo indotte dai cambi formato¹: si può quindi parlare di *logistica interna* alla fabbrica di produzione e di *logistica esterna* o *distributiva*.

Integrazione impiantistica ed automazione logistica

All'interno della catena logistica si possono individuare due principali flussi: quello *fisico* (di materiali in lavorazione, di prodotti oppure di servizi) dal fornitore al cliente e quello *informativo* in senso inverso; inoltre è di solito presente un flusso dal processo produttivo al sistema di controllo e viceversa, assolutamente necessario per la realizzazione della produzione desiderata.

Nella realtà aziendale le tre funzioni della logistica precedentemente ricordate (gestione dei materiali e approvvigionamento delle materie prime e dei componenti, gestione della produzione, gestione della distribuzione fisica dei prodotti finiti) hanno spesso un peso relativo assai diverso passando da un settore ad un altro. Un'industria, che produca macchine utensili, non ha problemi distributivi perché opera su commessa, ma ha unicamente problemi di gestione dei materiali acquisiti presso innumerevoli sub-fornitori; al contrario un'industria, che fabbrichi alimenti, tenuto conto delle poche materie prime necessarie e del tipo di produzione a ciclo tecnologico obbligato, deve risolvere principalmente problemi di logistica esterni legati cioè alla distribuzione capillare dei prodotti. Esistono anche aziende che, stante la tipologia di prodotto, devono impegnarsi a razionalizzare e a gestire in modo integrato tutte le attività della logistica, come capita, ad esempio, nel settore automobilistico, nel quale l'approvvigionamento dei componenti, anche più semplici, deve essere strettamente coordinato con la fornitura e con la distribuzione del prodotto finito.

Garantire un elevato livello di servizio al cliente significa:

- eseguire la fornitura dei prodotti (o servizi) richiesti dal cliente nella quantità, nella condizione, nel luogo e nel tempo richiesti;
- offrire un livello qualitativo dei prodotti rispondente alle attese del cliente;
- garantire tempi rapidi di risposta all'ordine con prezzi contenuti dei prodotti.

L'integrazione armonica delle attività operative è il principale strumento per realizzare tali obiettivi, in quanto riduce le inefficienze ed i tempi di inattività.

È noto che l'industria di processo, proprio per la peculiarità di realizzare i prodotti attraverso un "ciclo tecnologico obbligato", è in grado di attuare una forte integrazione dei flussi fisici e dei flussi informativi, tramite le risorse dell'automazione (sia rigida sia flessibile) disponibili in termini di nuove tecnologie meccaniche, elettroniche ed informatiche che portano alla realizzazione della cosiddetta Continuous Flow Manufacturing - CFM - fabbricazione a flusso continuo. I vantaggi conseguenti sono l'integrazione di tutte le attività operative (sia produttive sia di servizio) con abbattimento dei tempi e conseguentemente dei costi di produzione.

La *logistica integrata e flessibile* ha appunto lo scopo di applicare l'approc-

¹ Cfr. Pareschi, Persona, Ferrari, Rigattieri. *Logistica integrata e flessibile*. Progetto Leonardo. Ed. Bologna 2002.

cio CFM alla produzione manifatturiera, eseguita nel passato "a ciclo tecnologico non obbligato" in quanto si tratta di fabbricare una molteplicità di parti che vengono poi assemblate fino a costituire il prodotto finito. Tale applicazione della produzione manifatturiera si estrinseca attraverso il sistema CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Si è assistito nel tempo ad un'integrazione sempre più spinta dei flussi logistici, attraverso le risorse dell'automazione applicate sia agli aspetti fisici sia agli aspetti informativi, coinvolgendo anche le altre attività di approvvigionamento e distribuzione, e quindi all'esterno, il sistema dei fornitori e dei clienti (fig. 9.2).

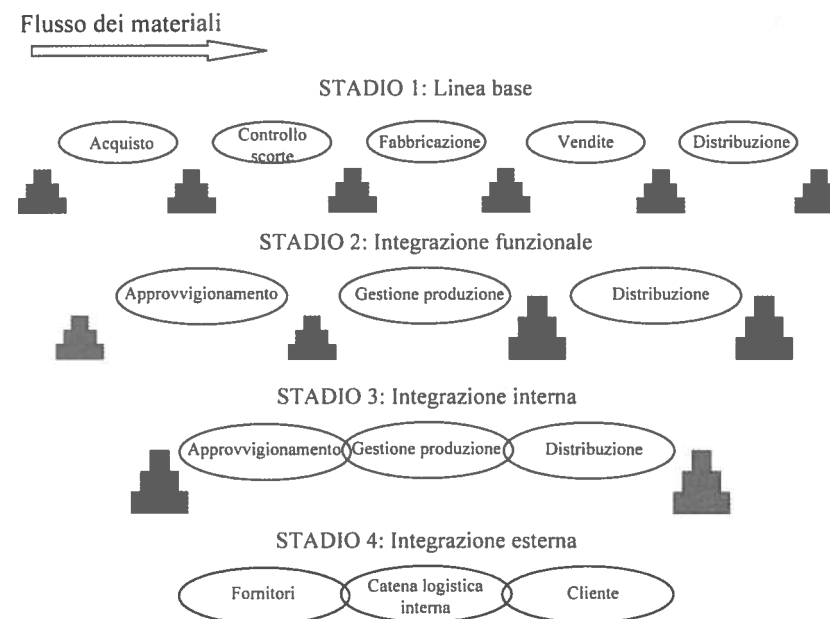


Fig. 9.2 - Evoluzione del concetto di integrazione logistica.

Si noti come al crescere del grado di integrazione si assista alla riduzione, e successivamente all'eliminazione, delle scorte intermedie. Ma l'integrazione e l'automazione logistica del ciclo operativo non sono sempre sufficienti a rispondere pienamente alla variabilità del mercato, è quindi necessario che il sistema di produzione acquisti adeguate caratteristiche di flessibilità.

Flessibilità come risposta alla variabilità del mercato

La variabilità del mercato richiede una continua evoluzione ed innovazione dei tipi di prodotto e la loro tipizzazione. Ciò comporta la necessità di realizzare una produzione *flessibile ed elastica*, il che si può ottenere attraverso l'automazione flessibile dei sistemi e dei processi produttivi (fig. 9.3).

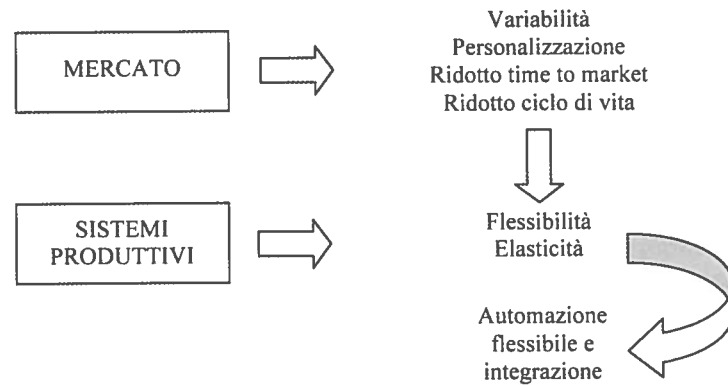


Fig. 9.3 - Influenza del mercato sulla struttura produttiva.

Il concetto di fabbrica automatica flessibile si è sviluppato, infatti, come risposta alla tendenza mondiale verso un tipo di produzione per lotti, tendenza adottata dalla economia concorrenziale o di mercato che caratterizza i paesi occidentali. Economia di mercato significa ricerca di nuove tecnologie di fabbricazione per ridurre i prezzi dei prodotti; significa ancora produzione di una maggiore varietà di prodotti e di una loro spinta personalizzazione, nonché introduzione più frequente di nuovi prodotti, con conseguente diminuzione del ciclo di vita degli stessi e quantità più ridotte dei lotti.

È opportuno prendere atto che l'età della *produzione di massa* (fabbrica tradizionale) è definitivamente tramontata ed è iniziata l'era della *produzione variabile e flessibile* (fabbrica moderna).

La fabbrica moderna si caratterizza per:

- l'elevata elasticità del sistema produttivo per rispondere a variazioni quantitative del mercato, ovvero possibilità di variare la propria capacità produttiva;
- l'alta flessibilità del processo produttivo per rispondere a variazioni qualitative del mercato ovvero possibilità di variare il mix produttivo; in sostanza attuare il concetto: *innovazione del processo al servizio della innovazione di prodotto*.

Flessibilità del processo produttivo significa:

- flessibilità nelle attrezzature di produzione;
- flessibilità nel sistema logistico;
- flessibilità nel sistema di gestione e controllo.

L'automazione integrata e flessibile è quindi strumento essenziale della fabbrica rivolta alla produzione di prodotti di largo consumo, quali sono appunto quelli alimentari.

Trasversalità della funzione logistica

La funzione logistica è trasversale all'intero sistema produttivo. I criteri di scelta e progettazione dei sistemi logistici sono strettamente legati a:

- evoluzione dei sistemi produttivi;

- tipo di processo e quindi:
 - configurazioni di lay-out;
 - attrezzature produttive di fabbricazione, confezionamento e imballaggio;
 - sistemi di trasporto interno;
 - sistemi di stoccaggio;
- modalità di approvvigionamento dei materiali;
- modalità di distribuzione al mercato dei prodotti finali;
- criteri e metodi di gestione e controllo dell'avanzamento della produzione;
- criteri e metodi di gestione impiantistica e di manutenzione della fabbrica.

Definizioni e richiami

A questo punto si ritiene utile proporre alcune definizioni e richiami.

Definizione di sistema di produzione

Si definisce *sistema di produzione* (industriale o del terziario) un complesso di macchine, apparecchiature e servizi atti a permettere la trasformazione di materie prime o derivati (semilavorati) in prodotti finiti (fig. 9.4).

Si definiscono *fattori di produzione* tutti gli elementi materiali e immateriali che contribuiscono alla realizzazione della produzione (le attrezzature di produzione e di servizio, la manodopera, le energie, il know-how, ecc.). Il sistema di produzione pertanto si inserisce in una struttura, sistema od organizzazione produttiva, più complessa, che si chiama *impresa o azienda*, rivolta al perseguimento di obiettivi economici o di altro genere.

Le trasformazioni operate sulle materie prime sono di natura tecnica (fisica o chimica), con variazioni di composizione chimica, dello stato fisico, della forma, delle dimensioni, dei pesi, dei volumi delle merci in entrata, per ottenere in uscita altre merci o servizi. Nell'impianto industriale si possono distinguere, oltre ad uno o più

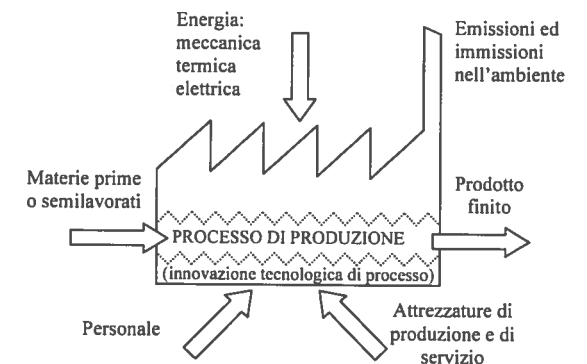


Fig. 9.4 - Schema di un sistema di produzione.

impianti di produzione o tecnologici che realizzano il processo produttivo, anche più impianti complementari di servizio, volti ciascuno al soddisfacimento di una determinata esigenza (impianto idrico, impianto elettrico, impianto dell'aria compressa, impianto produzione vapore tecnologico, ecc.) del processo produttivo e delle attività produttive.

Classificazione dei prodotti finiti

Le attività produttive non sono rivolte soltanto alla produzione dei beni strumentali (macchine, utensili ed oggetti vari, automobili, ecc.) e di consumo (tessuti, prodotti alimentari, carta, farma-ceutici e simili), ma anche alla produ-

zione di servizi (si pensi ad un trasporto pubblico, ad una mensa, ad un magazzino per la conservazione di merci deperibili, ad un ospedale, ad un impianto di distribuzione di energia elettrica o di acqua per usi civili, ad una centrale elettrica et similia). Si hanno conseguentemente imprese produttrici di servizi.

Classificazione dei sistemi produttivi

In un sistema produttivo si possono generalmente distinguere:

- uno o più impianti di produzione in senso stretto o detti anche impianti tecnologici;
- un certo numero di impianti di servizio.

L'impianto tecnologico è quell'insieme più o meno coordinato di macchine, apparecchiature, congegni e dispositivi costituenti un'unità organica e tecnologicamente precisata, nella quale vengono compiute le operazioni di trasformazione vera e propria delle materie prime e/o semilavorate in prodotto finito. Gli impianti tecnologici da soli non consentono però di ottenere alcun prodotto: il loro funzionamento è possibile in virtù di altri impianti complementari, strettamente inseriti nella struttura complessiva, detti *impianti di servizio*. Gli impianti di servizio possono essere comuni ai diversi impianti di produzione e possono diversificarsi sostanzialmente solo sotto l'aspetto della potenzialità. Gli impianti di produzione possono dunque essere diversissimi e classificabili con riferimento a vari criteri.

Con riferimento al diagramma tecnologico o processo produttivo, si distinguono:

processi produttivi monolinea (produzione di cemento, ghisa, impianti alimentari, ecc.);

processi produttivi sintetici o convergenti (elettrodomestici, automobili, elettronica, ecc.)

processi produttivi analitici o divergenti (petrolchimica, mobili, tessile, ecc.). Nei processi monolinea l'output di ogni operazione passa tutto attraverso l'operazione successiva. Nei processi sintetici le materie prime ed i componenti convergono da varie direzioni nella fase terminale del processo che spesso è l'*assemblaggio*. Nei processi analitici da una o poche materie prime si ottengono molti prodotti diversificati.

- Con riferimento al modo di realizzare il prodotto si distinguono impianti di produzione:
 - per "processo" (fabbricazione) (es. industria alimentare);
 - per "parti" (fabbricazione e successivo assemblaggio) (es. industria meccanica).
- Con riferimento al modo di rispondere alla domanda di mercato si distinguono:
 - produzione per magazzino (su specifica del produttore o calcolata sul prevedibile andamento della domanda di mercato);
 - produzione su commessa (singola o ripetitiva) su richiesta specifica del cliente
- Con riferimento al modo di realizzare la produzione, ovvero alla continuità del processo produttivo, si distinguono:

- impianti a ciclo continuo o a flusso (impianti di confezionamento alimentare, raffinerie, impianti chimici);
- impianti a ciclo intermittente (produzione ripetitiva per lotti, produzione per cicli variabili su disegno o su commessa a seconda delle esigenze del cliente).

Classificazione degli impianti di servizio

Gli impianti di servizio ausiliario sono impianti complementari, inseriti nei sistemi produttivi, ma non direttamente partecipanti alla produzione, finalizzati ad uno dei seguenti scopi:

- produzione e alimentazione di energia termica e/o elettrica agli impianti tecnologici;
- alimentazione e scarico di materiali solidi e/o di fluidi vari;
- realizzazione di condizioni ambientali idonee alla produzione o conservazione dei beni e ad assicurare il benessere fisiologico dei lavoratori;
- realizzazione di condizioni di igiene e sicurezza, sia all'interno del sistema produttivo, sia a protezione dell'ambiente esterno.

Gli impianti di servizio sono presenti in tutti gli stabilimenti industriali o nei siti del terziario e la loro concezione e struttura sono del tutto generali e indipendenti dalla particolare tecnologia produttiva.

- Per quanto riguarda l'entità servita, si distinguono impianti di servizio per i mezzi produttivi ed impianti di servizio per le persone.
- Per quanto riguarda il tipo di servizio si possono avere impianti di alimentazione o centrifughi ed impianti di scarico o centripeti.

La logistica aziendale ovviamente tiene conto anche dei flussi fisici ed informativi relativi agli impianti di servizio. Particolare attenzione viene riservata agli impianti di alimentazione e scarico dei materiali solidi e/o fluidi vari.

9.2. LA LOGISTICA INTERNA DEGLI STABILIMENTI ALIMENTARI

In genere gli stabilimenti alimentari possono raccogliere numerose linee di produzione con capacità produttiva differenziata in termini di resa oraria e mix produttivo.

Si aggiunga a questo che molte linee hanno terminali di testa (depalettizzatore, soffiatrici e simili) e terminali di coda comuni e si potrà immaginare quanto importante diventi, ai fini di una sana gestione della fabbrica, la logistica interna alle linee e quella generale di stabilimento.

In **fig. 9.5** è riportato il layout di due linee di confezionamento alimentare in contenitori di vetro a perdere con alcuni terminali di testa comuni e con una piattaforma di carico automatica comune. Questa configurazione propone quattro importanti elementi di logistica interna:

1. trasportatori di bottiglie o altri contenitori primari
2. trasportatori di casse / fardelli / cartoni
3. trasportatori di palletts vuoti
4. sistemi di trasporto a magazzino di palette confezionate.

9.2.1. I trasportatori dei contenitori primari (o di confezionamento)

Vi sono due tipologie di trasportatori per i contenitori alimentari:

- i trasportatori a nastro, adatti a tutti i tipi di contenitori,
- i trasportatori ad aria, adatti essenzialmente a contenitori polimerici, leggeri e non fragili.

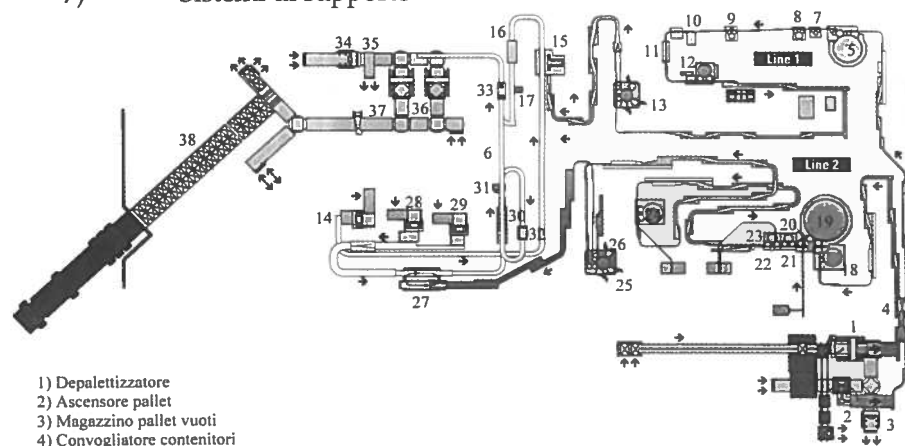
Con i trasportatori a nastro, il contenitore si muove solidalmente con una catena di trasporto senza essere necessariamente a questa vincolato. Il contenitore può essere solo appoggiato al piano mobile (*trasporto libero*) o vincolato ad esso attraverso piatti, ganasce e sistemi simili (*trasporto positivo*).

Nei trasportatori ad aria, lo spostamento delle bottiglie avviene su "letto fluido" essendo le stesse "solamente guidate" da una via di corsa sulla quale sono appoggiate con l'anello della бага.

I trasportatori con catene table-top e flex-top

I trasportatori bottiglie con catene (fig. 9.6) sono composti da sette aggregati meccanici:

- 1) Struttura (rettilinea o curvilinea)
- 2) Testata motorizzata
- 3) Testata folle
- 4) Motorizzazione
- 5) Guida bottiglie piene
- 6) Raccogli gocce
- 7) Sistemi di supporto



- 1) Depalettizzatore
- 2) Ascensore pallet
- 3) Magazzino pallet vuoti
- 4) Convogliatore contenitori

- Linea 1
- 5) Riempitrice
 - 6) Convogliatore casse
 - 7) Tappatrice a vite
 - 8) Tappatura con sughero
 - 9) Applicatore gabbia metallica
 - 10) Applicatore capsule a pressione
 - 11) Tunnel di pressione
 - 12) Applicazione capsule champagne
 - 13) Etichettatrice
 - 14) Ascensore cartoni
 - 15) Robot d'imballaggio
 - 16) Sigillatura cartoni
 - 17) Etichettatura cartoni

- Linea 2
- 18) Sciacquatrice
 - 19) Riempitrice
 - 20) Chiusura per fermi di plastica
 - 21) Tappatura con sughero
 - 22) Applicatore gabbia metallica
 - 23) Ispettore di livello
 - 24) Applicazione capsule champagne
 - 25) Etichettatrice
 - 26) Ispettore etichette
 - 27) Incartonatrice
 - 28) Ascensore cartoni
 - 29) Ascensore cartoni
 - 30) Sigillatura cartoni

Fig. 9.5 - Layout di due linee vetro a perdere per bevande (Krones).



Fig. 9.6 - Componenti principali del bancale di trasporto bottiglie con nastri trasportatori table-top o flex-top.

Descrizione dei trasportatori

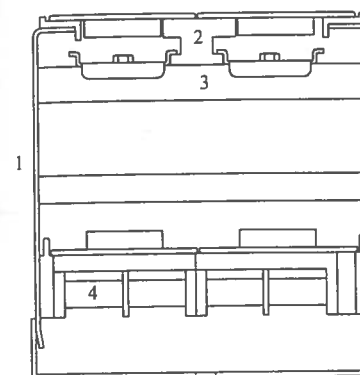


Fig. 9.7 - Sezione del trasportatore.

Struttura

La struttura del trasportatore dei contenitori primari è composta da fiancate rettilinee e curvilinee in acciaio inox AISI 304 (fig. 9.7-1); il profilo di scorrimento delle catene è in polietilene ad alta densità (fig. 9.7-2); i distanzieri in acciaio inox AISI 304 (fig. 9.7-3); i rulli di ritorno catene in materiale plastico antifrizione montati su perni in acciaio inox (per catene in resina acetica) (fig. 9.7-4); oppure pattini di ritorno catene montati su distanzieri in acciaio inox (per catene in acciaio inox); oppure guide di scorrimento sagomate montate su profili idonei per entrambi i tipi di catene (acciaio inox e resina acetica).

Testata motorizzata

La testata motorizzata è composta da:

- 1) Scatola porta motoriduttore
- 2) Pignoni di comando con catena duplex e relativo tenditore
- 3) Albero in acciaio inox bonificato e rettificato, dimensionato in base al numero di vie, alla lunghezza ed al peso delle bottiglie da trasportare
- 4) Ruote di traino in nylon caricato, realizzate in due metà per una rapida sostituzione senza smontare l'albero di traino relativo
- 5) Supporti del tipo autoallineanti con protezione e ingrassatore

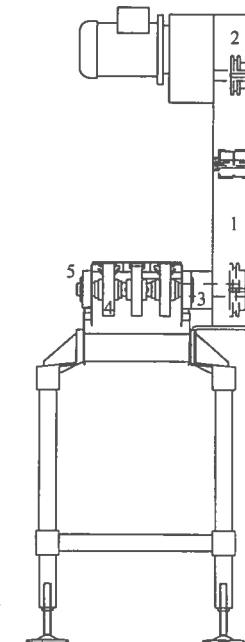


Fig. 9.8 - Sezione della testata motorizzata.

Testata folle

La testata folle è composta da:

- (1) Fiancate in acciaio inox
- (2) Albero in acciaio inox bonificato e rettificato
- (3) Ruote folli in nylon caricato con materiale antifrizione
- (4) Supporti del tipo autoallineanti con protezione ed ingrassatore

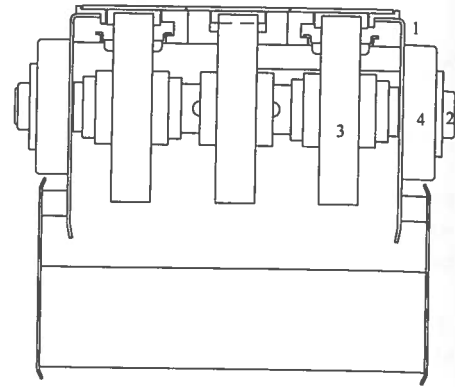


Fig. 9.9 - Sezione della testata folle.

Motorizzazione

Vengono adottate diverse soluzioni che rispondono a varie esigenze:

- motorizzazione diretta con il motore direttamente montato sull'albero con staffe antirotazione azionato attraverso un variatore di frequenza (fig. 9.10);
- motorizzazione dotata di scatola portamotore, montata direttamente sopra il trasportatore stesso (fig. 9.11).

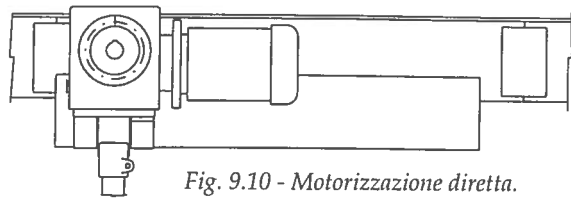


Fig. 9.10 - Motorizzazione diretta.

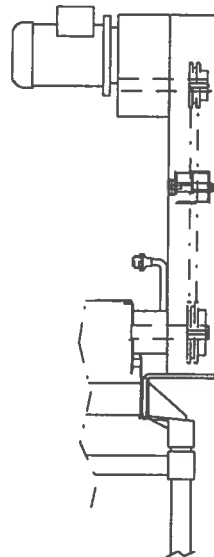


Fig. 9.11 - Motorizzazione a rinvio con scatola.

Guida contenitori

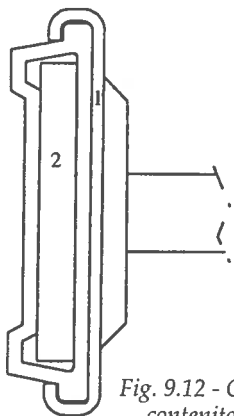


Fig. 9.12 - Guida contenitori.

Le guide contenitori vengono costruite a seconda del tipo e delle caratteristiche dei contenitori da trasportare.

Per contenitori e bottiglie vuote in vetro, si usa un profilo di polietilene (fig. 9.12-1) opportunamente sagomato animato con piatto di rinforzo (fig. 9.12-2).

Per contenitori e bottiglie piene in vetro si usa un profilo di polietilene (fig. 9.13-3) sagomato in funzione della posizione delle etichette.

Per contenitori e bottiglie in plastica si usano guide con tondini (fig. 9.14-4) in acciaio inox opportunamente distanziati a seconda della forma delle bottiglie.

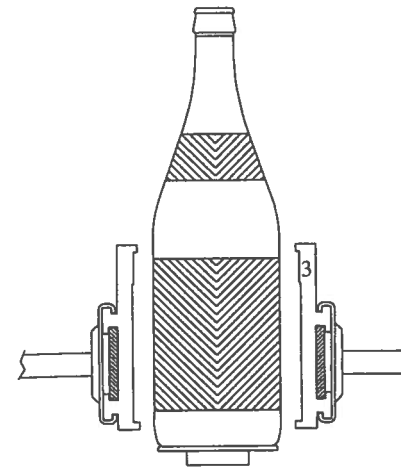


Fig. 9.13 - Guida salvaetichette per contenitori in vetro.

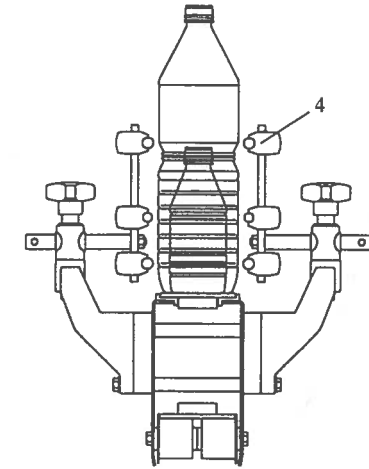


Fig. 9.14 - Guida salvaetichette per contenitori in plastica.

Normalmente per trasporti a una via vengono utilizzate guide registrabili come rappresentato in fig. 9.15 con supporto in poliammide rinforzato (fig. 9.15-5).

Per trasporti a due o più vie vengono utilizzate guide fisse (fig. 9.16-6) con supporti in acciaio inox stampato.

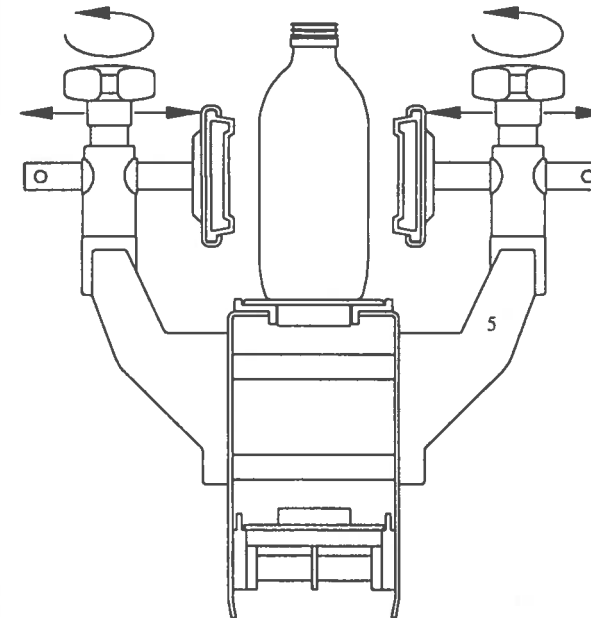


Fig. 9.15 - Registrazione guida.

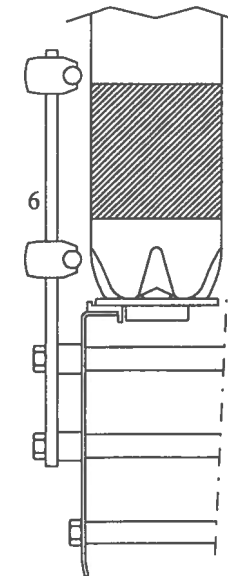


Fig. 9.16 - Guida fissa.

Supporti

Le supportazioni sostengono il peso dei trasportatori e vengono eseguite in base alle tipologie dei trasportatori. Sono costituiti da tubolari in acciaio (fig. 9.17 - 1) e da piedi d'appoggio stampati con materiale antisdrucchiolo (fig. 9.17 - 2).

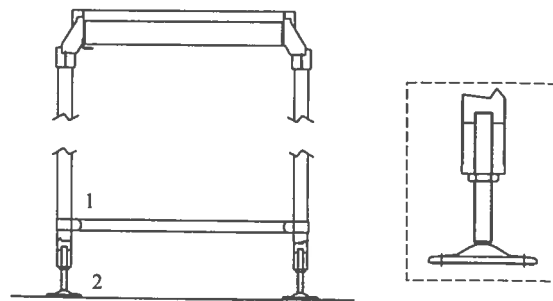


Fig. 9.17 - Struttura di sostegno trasportatore.

L'alimentazione elettrica dei trasportatori

Per l'installazione di prese di corrente, quadri di alimentazione, interruttori di protezione contro sovraccarichi, potenza richiesta, controllo di fase, tipo di cavo di alimentazione bisogna fare riferimento agli obblighi di legge per garantire l'incolumità delle persone e la sicurezza ambientale.

Relativamente all'impianto elettrico di distribuzione dell'energia, c'è l'obbligo della sua regolare e integrale appartenenza ad uno dei "sistemi normalizzati TN, TT o IT con le rispettive protezioni attive associate e in ogni caso col coordinato impianto di terra. L'intera installazione deve essere attuata e mantenuta in conformità alle relative prescrizioni tecniche della norma CEI 64-8; inoltre l'impianto di terra (con le protezioni attive associate) deve essere denunciato all'ente locale territorialmente competente per la prescritta verifica iniziale e poi per le successive verifiche periodiche.

Il quadro di controllo e comandi è in genere dotato di sinottico dei trasportatori a catena. Questo permette di controllare il funzionamento dei trasportatori o con una serie di led o con un Personal Computer di supervisione.

L'impianto di trasporto contenitori deve essere costruito in conformità alle Direttive, attualmente vigenti all'interno dell'Unione Europea in materia di sicurezza. Esso porta pertanto il marchio CE impresso su una targa, apposta sull'impianto.

Funzionamento meccanico dei trasportatori

I trasportatori per contenitori pieni sono normalmente azionati da motori a velocità variabile comandati normalmente a mezzo di variatori di frequenza.

All'uscita di macchine rotative viene inserito di solito un convertitore di frequenza per poter prelevare i contenitori mantenendo il passo della macchina a monte. In tal modo vengono sincronizzati i nastri di decelerazione per portare i contenitori da una via a più vie.

Nel caso in cui siano montati sui trasportatori motori a velocità fissa, essi vengono gestiti con accumuli in cascata: quando il nastro si riempie di contenitori (un adeguato sensore o fotocellula verifica la condizione di pieno) e se a valle i trasporti sono pieni, il motore viene fermato in modo da limitare la pressione sui contenitori. La ripartenza avviene anch'essa in sequenza.

I motori che alimentano macchine a velocità variabile sono pilotati da inver-

ter per permettere di funzionare sincronizzati con la macchina a valle. In questo modo viene controllata la pressione in ingresso esercitata dagli stessi contenitori.

Nel caso di file separate il funzionamento è il medesimo. È tuttavia utile che i motori siano pilotati da inverter e che le velocità dei nastri vengano sincronizzate con le velocità delle macchine a valle o a monte.

Talora vengono montati motori a doppia velocità. I nastri possono funzionare a velocità doppia di quella stabilita in modo da regolare meglio gli accumuli.

Dispositivi automatici di comando e controllo dei nastri trasportatori

Dispositivi automatici o comandati da quadro manualmente

In genere la pulsantiera di comando dei trasportatori viene montata sul quadro di linea. Essa permette l'impostazione dei vari parametri e la regolazione della velocità dei trasportatori, quando presente, avviene attraverso l'impostazione del formato per mezzo di un selettore.

Le sicurezze

Emergenza: Il circuito di emergenza fa capo ad un relè di sicurezza che garantisce l'apertura del circuito di potenza all'interno del quadro. Sul quadro e in prossimità della postazione operatore lungo la linea, vari pulsanti a fungo di emergenza permettono l'intervento tempestivo in caso di pericolo.

Mediamente ogni 300 ore va verificata la funzionalità di ogni pulsante a fungo di emergenza con la seguente modalità:

- Si avvia la linea (pulsante di marcia) e si preme il pulsante a fungo di emergenza. Si verifica che il circuito di potenza venga disabilitato e che le lampade di emergenza si accendano. Si ripete tale procedura per ogni pulsante a fungo.
- Ad ogni avviamento (pressione sul pulsante di marcia) una sirena deve entrare in funzione per il tempo indicato sullo schema elettrico.

Lampeggiante e colonne luminose: ogni 500 ore va verificata l'efficienza delle lampade di sicurezza con la seguente modalità:

- Si provoca lo scatto termico di ogni singolo motore in successione e si verifica l'accensione della relativa spia e/o la visualizzazione sul display del messaggio corrispondente.

Apertura quadri: essa può essere effettuata solo attraverso una chiave specifica consegnata dal costruttore insieme al quadro, l'apertura deve essere effettuata solo con l'interruttore sezionatore aperto (in pos. 0).

Ogni intervento sul motore deve essere effettuato in condizioni di sicurezza: l'interruttore sezionatore va aperto (pos. 0) e lucchettato; il sezionatore posto in prossimità del motore da controllare va ruotato in posizione di aperto (pos. 0) e lucchettato.

La non osservanza di tali condizioni comporta grave rischio.

Controlli e regolazioni dei nastri trasportatori

Prima di azionare l'impianto vanno fatte le seguenti operazioni:

- Controllare il funzionamento di eventuali sensori.
- Esaminare il corretto allineamento delle catene.

- Controllare la presenza di spazi troppo ampi tra le cerniere, dovuti a bloccaggi o sovraccarichi.
- Ispezionare il dispositivo di lubrificazione.

Per i trasporti bottiglie con file separate è necessario effettuare le seguenti operazioni:
- Verificare se le fotocellule in ingresso ai divider e sui cancelli sono posizionate correttamente (cioè se leggono le bottiglie del formato in produzione).
- Controllare l'altezza di tutti i ponti che servono ad azionare i sensori di *troppo pieno*.

Vi sono due tipi diversi di questi dispositivi: con sensori induttivi e con fotocellule. La fotocellula deve "vedere" il catadiottro quando tutti i canali sono pieni. In altri termini, quando tutti i tastatori contenitori sono impegnati, la fotocellula è in luce. Se uno dei tastatori è basso (cioè almeno un canale vuoto) esso mantiene oscurata la fotocellula. Sensori induttivi: ogni singolo canale ha un sensore che deve impegnarsi quando il relativo canale è pieno; esso deve liberarsi quando non vi sono bottiglie sotto il tastatore.

Verifiche preliminari

Controllare che le eventuali centraline di lubrificazione superficiali dei nastri siano in funzione.

Lavaggio e pulizia dei nastri trasportatori

Sui trasportatori può aversi un rapido accumulo di grasso e sporcizia costituita da residui di prodotto, sabbia, sciroppi e alimento. Il che provoca:

- 1) Inquinamento e deterioramento del prodotto trasportato.
- 2) Sforzo maggiore per catena e motorizzazione di traino.
- 3) Usura accelerata della dentatura dei pignoni.
- 4) Usura prematura e funzionamento irregolare del trasportatore.
- 5) Usura importante delle palette e delle articolazioni delle catene.
- 6) Rapida usura delle guide di scorrimento.

Una pulizia frequente della catena e della struttura del trasportatore è raccomandata.

Prodotti come il vapore, l'acqua calda ed il sapone devono essere impiegati abitualmente.

I prodotti aggressivi che si utilizzano per le catene metalliche non possono essere utilizzati per catene in plastica.

In caso d'accumulo notevole di sciroppi o altri liquidi, pezzi di vetro, detriti, una pulizia regolare è necessaria al fine di rimuovere questi residui indesiderati. Si raccomanda agli operatori di tenere a portata di mano spazzole e prodotti di pulizia.

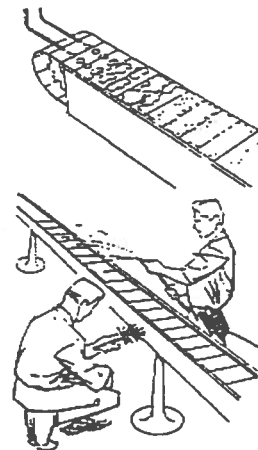


Fig. 9.18 - Pulizia trasportatori.

9.2.2. I trasportatori in resine polimeriche

Sono di due tipi a *nastro* e a *tappeto*. I trasportatori a nastro, a parte i dettagli costruttivi propri dei manufatti plastici ottenuti per stampaggio, hanno le stesse caratteristiche dimensionali e le stesse applicazioni impiantistiche dei nastri in acciaio descritti nel paragrafo successivo.

Le resine acetaliche di cui sono fatte le piattine conferiscono ai nastri trasportatori buona resistenza all'usura, buona compatibilità con quasi tutti i liquidi alimentari, basso coefficiente di attrito. Per questi motivi sono largamente diffuse negli impianti di confezionamento in PET o altri polimeri per uso alimentare (*materali-contatto*).

I trasportatori a tappeto flessibile (fig. 9.19) possono essere costruiti con i seguenti polimeri:

- *Resina acetaliche* materiale termoplastico con ottime proprietà meccaniche e termiche. Il materiale è anche caratterizzato da una buona resistenza a trazione, buona elasticità e stabilità dimensionale. L'acetato è resistente a molti composti chimici organici e inorganici, ha un basso coefficiente d'attrito e una buona resistenza agli urti. Può essere additivato con componenti che di volta in volta possono esaltare selettivamente una o più delle qualità menzionate.
- *Polipropilene*. È un termoplastico con eccellenti caratteristiche di resistenza chimica. È un materiale economico per applicazioni con alte temperature. Intervallo di temperature: da -50° a 90 °C.
- *Poliestere rinforzato con fibre di vetro*: è un materiale ad alta resistenza a fatica, agli urti e al calore. Intervallo di temperatura (- 40° + 125°C).
- *Poliammide*: è un materiale termoplastico con notevole proprietà di resistenza agli urti e alla trazione. Ha una rigidezza molto elevata e un intervallo di temperatura di impiego molto ampio. (- 40° + 140°C).
- *Polivinile duofloruro (PVDF)*: è un materiale caratterizzato da una altissima resistenza chimica, alta resistenza agli urti e da un basso coefficiente d'attrito. Intervallo di temperatura (- 40° + 100°C).

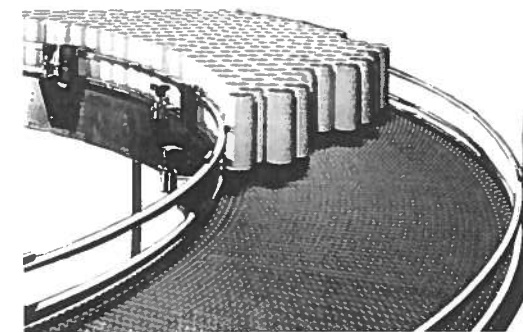


Fig. 9.19 - Trasportatore a tappeto flessibile.

9.2.3. I nastri table top e flex top

Per il trasporto di contenitori di vetro (vuoti e pieni) e di plastica (pieni) vengono impiegate quasi universalmente le catene a cerniera in acciaio o i trasportatori in resine acetaliche del tipo riportate in fig. 9.20.

Tra i vari tipi di acciaio, i preferiti sono quelli inossidabili per motivi di pulizia, igiene e resistenza (tab. 9.I).

Agente chimico	Acciaio al carbonio	Acciaio inossidabile		
		AISI430	AISI201	AISI304
Aceto	o	o	•	••
Acetone	o	••	••	••
Acido acetico diluito	o	o	•	••
Acido citrico	o	•	••	••
Acido cloridrico	o	o	o	o
Acido formico	o	o	o	o
Acido fosforico	o	•	••	••
Acido lattico	o	o	•	••
Acido nitrico	o	•	••	••
Acido solforico	o	o	o	o
Acqua	o	••	••	••
Acqua saponata	o	••	••	••
Alcool	••	••	••	••
Ammoniaca	•	••	••	••
Benzene	••	••	••	••
Benzina	••	••	••	••
Bevande gassate	o	••	••	••
Birra	•	••	••	••
Cloruro di sodio	o	o	•	•
Formaldeide	••	••	••	••
Ipoclorito di sodio	o	o	o	o
Iodio	o	o	o	o
Latte	•	••	••	••
Olio (vegetale e minerale)	••	••	••	••
Paraffina	••	••	••	••
Salamoia	o	o	o	•
Soda caustica	o	••	••	••
Succhi di frutta	o	•	••	••
Succhi vegetali	o	•	••	••
Tetracloruro di carbonio	•	•	••	••
Vino	o	•	••	••
Whisky	••	••	••	••

o Poco resistente, sconsigliato; • Mediamente resistente; •• Buona resistenza, si può usare¹

¹ I dati riportati sono da considerarsi indicativi, in quanto la resistenza alla corrosione dei suddetti

Tab. 9.I - Tipi di acciai impiegati per le catene trasporto bottiglie.

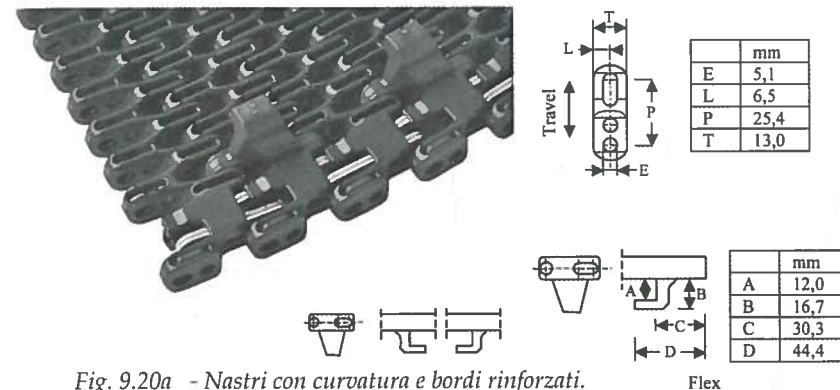


Fig. 9.20a - Nastri con curvatura e bordi rinforzati.

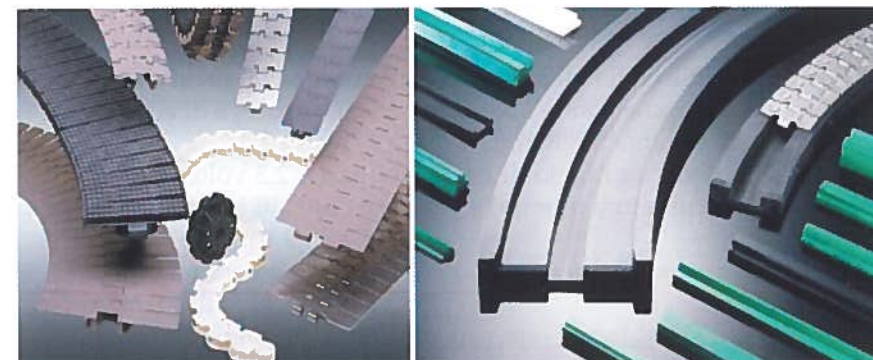


Fig. 9.20b - Nastri in resine acetaliche e guide di scorrimento.

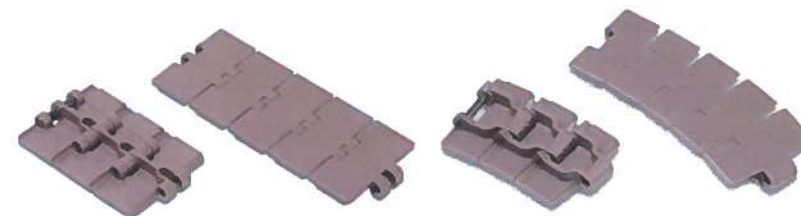


Fig. 9.20c - Catene in resine acetaliche, rettilinee (a sinistra) e curvilinee (a destra).



Fig. 9.20d - Nastri a rulli in resine acetaliche.

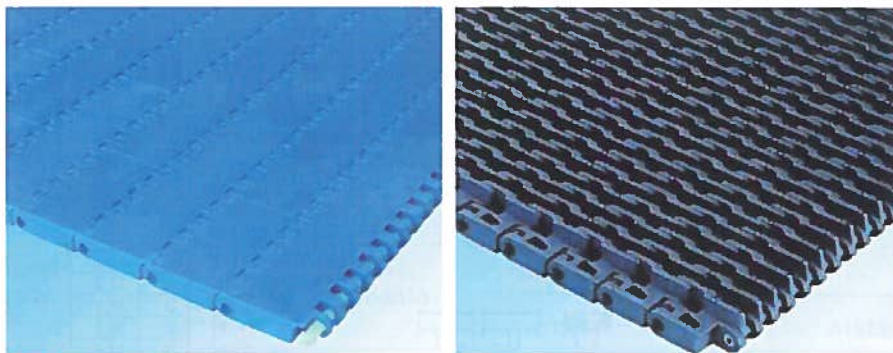


Fig. 9.20e - Nastri flat-top e raised rib.

I nastri più utilizzati nell'industria alimentare sono quelli che permettono la curvatura in piano, che hanno i bordi rinforzati e cerniere di acciaio (fig. 9.20) con una larghezza minima 304,8 mm.

Essi consentono un raggio di curvatura pari a 2,3 volte la lunghezza del tappeto (raggio di curvatura interno) e vengono costruiti in acetato, polipropilene e polietilene.

Tipologia di nastro	N	lbf
Nastri flessibili con cerniere e collegamenti in acciaio	3360	757
Nastri flessibili con cerniere in plastica	600	136

I valori sono stati calcolati ad una temperatura di 20 °C.

Per velocità superiori ai 20 m/min si consigliano tappeti flessibili con collegamenti rinforzati in acciaio.

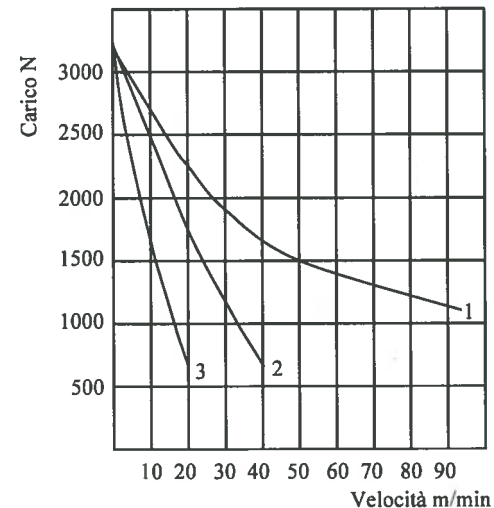
Tab. 9.II - Carico elastico massimo.

Lo sforzo di trazione lineare massimo è riportato in tab. 9.II.

Il carico massimo sopportabile dal nastro alle varie velocità è fornito dai grafici di fig. 9.21.

I materiali usati per le catene in acciaio sono:

- Acciaio Inox AISI 430-17/Cr
 - Piastre in acciaio inox ferritico 17 % di cromo - AISI 430 - incrudito duro
 - Perni in acciaio inox austenitico al cromo-nichel 18/8 - incrudito duro.
- Acciaio Inox AISI 304 - 18/8
 - Piastre e perni in acciaio inox austenitico al cromo-nichel 18/8 - incrudito duro



Per curve fino 120°:

- 1) Nastri flessibili con cerniere in acciaio e collegamenti rinforzati.
- 2) Nastri flessibili con cerniere in acciaio, alette e collegamenti rinforzati.

Per curve oltre 120°

- 3) Nastri flessibili con cerniere in acciaio, alette e collegamenti rinforzati.

Fig. 9.21 - Carico massimo sopportabile dal tappeto alle varie velocità.

- Acciaio Inox AISI 201 - 16/4 Mm
 - Piastre in acciaio inox austenitico al cromo - nichel - manganese 16/4/ Mm incrudito puro.
 - Perni in acciaio inox austenitico al cromo-nichel 18/8 . incrudito duro.
- Acciaio al carbonio trattato
 - Piastre in acciaio al carbonio bonificato.
 - Perni in acciaio al carbonio carbonitrurato.

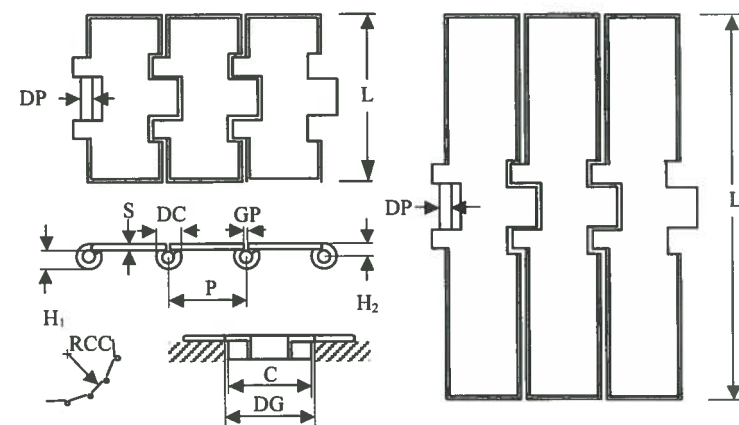


Fig. 9.22 - Catena a cerniera semplice per trasportatori dritti.

L = larghezza della piastra	Acci. Inox AISI 430	Acc. Inox AISI 304	Acc. Inox AISI 201	Acc. al carbonio trattato	Peso per metro
mm	Codice	Codice	Codice	Codice	Codice
63,5	7.00.020	7.10.020	-	*7.90.020	2,100
66,7	7.00.025	7.10.025	-	*7.90.025	2,250
76,2	7.00.030	7.10.030	-	*7.90.030	2,400
82,6	7.00.040	7.10.040	7.80.040	7.90.040	2,600
88,9	7.00.060	7.10.060	-	7.90.060	2,700
95,3	*7.00.065	*7.10.065	-	-	2,900
101,6	7.00.070	7.10.070	-	7.90.070	3,100
114,3	7.00.080	7.10.080	.	7.90.080	3,400
127	*7.00.090	*7.10.090	-	-	3,700
152,4	7.00.100	7.10.100	-	7.90.100	4,100
190,5	7.00.110	7.10.110	-	7.90.110	5,100

GAP STRETTO					
mm	Codice	Codice	-	*7.90.041	2,650
82,6	7.00.041	7.10.041	-	*7.90.041	2,650

* misure non tipizzate

Passo della catena	P	mm 38,10	Asse della catena	H2	mm 6,50
Spessore delle piastre	S	mm 3,00	Sporgenza della cerniera dal piano di scorrimento	H1	mm 9,90
Diametro del perno	DP	mm 6,35			
Diametro della cerniera	DC	mm 13,00	Luce tra le piastre	GP	mm 2,70
Larghezza della cerniera	C	mm 42,50	Raggio minimo di contro curvatura dorsale	RCC	mm 80,00
Distanze tra le guide	DG	mm 44,50			
"GAP STRETTO"			Raggio minimo di contro curvatura dorsale	RCC	mm 150,00
Luce tra le piastre	GP	mm 1,80			

Confezione rotoli da 80 piastre = 3,048 m

Tab. 9.III - Caratteristiche e dimensioni di alcune catene in commercio.

I modelli di nastro in acciaio più ricorrenti per il trasporto hanno:

Piastre, perni ed alette di guida in acciaio inox austenitico al cromo-nichel 18/8 - AISI 304 incrudito duro (tab. 9.IV).

Piastre in acciaio inox austenitico al 17 % di cromo - ASI 430 - incrudito (tab. 9.V).

Perni ed alette di guida in acciaio inox austenitico al cromo - nichel 18/8 - incrudito (tab. 9.V).

Queste catene sono normalmente fornite con la superficie superiore delle piastre spazzolata, avente rugosità inferiore a 0,60 μ (finitura x).

Esse possono anche essere fornite con la superficie superiore delle piastre ulteriormente lucidata, avente rugosità inferiore a 0,35 μ (finitura xy).

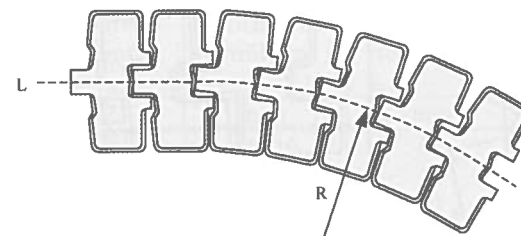
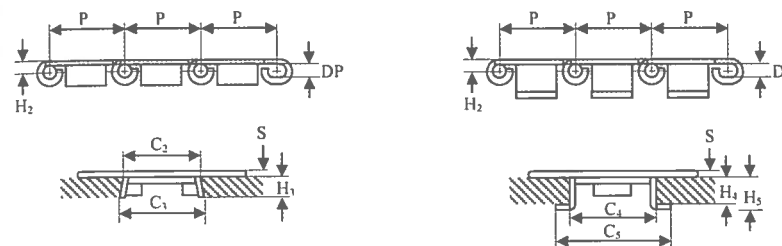


Fig. 9.23 - Catena a cerniera semplice per trasporto in curva.



L = Larghezza della piastra mm	R = Raggio minimo di curvatura mm	Con alette di guida inclinata a 8° Codice	Peso per metro Kg/ca.	Con alette di guida inclinata a 90° Codice	Peso per metro Kg/ca.
82,6	457	8.26.040-x	2,900	8.26.041-x	3,100
88,9	510	8.26.060-x	3,000	8.26.061-x	3,200

Tab. 9.IV.

L = Larghezza della piastra mm	R = Raggio minimo di curvatura mm	Con alette di guida inclinata a 8° Codice	Peso per metro Kg/ca.	Con alette di guida inclinata a 90° Codice	Peso per metro Kg/ca.
82,6	457	8.26.040-x	2,900	8.26.041-x	3,100
88,9	510	8.26.060-x	3,000	8.26.061-x	3,200

Tab. 9.V

Passo della catena	P	mm 38,10	Sporgenza massima delle alette di guida TAB dal piano di scorrimento	H5	mm 16,30
Spessore delle piastre	S	mm 3,00			
Diametro del perno	DP	mm 6,35	Larghezza delle guide in curva per il mod.8°	C2	mm 41,30
Asse della catena	H2	mm 6,50			
Sporgenza massima delle alette di guida a 8° dal piano di scorrimento	H3	mm 11,20			
Spessore del pattino di scorrimento	H4	mm 12,70	Larghezza delle guide in curva per il mod. TAB	C4	mm 44,50
			Ingrosso massimo alette TAB	C5	mm 56,20

Confezione rotoli da 80 piastre = 3,048 m

Tab. 9.VI - Caratteristiche e dimensioni delle catene flex-top.

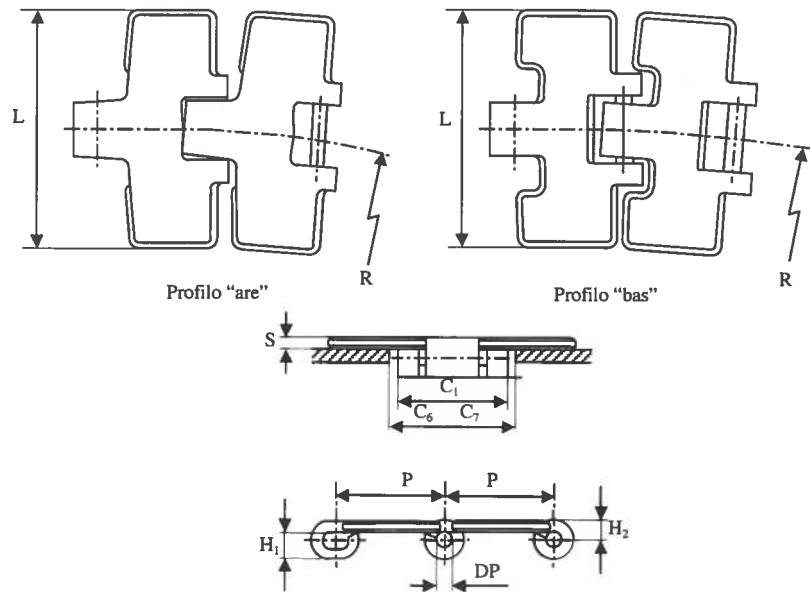


Fig. 9.24 - Catene a cerniera per trasportatori in curva su pista magnetica.

I modelli di catene a cerniera per trasportatori in curva su piste magnetiche sono:

Piastre e perni in acciaio inox ferritico - magnetico - serie 400 incrudito (tab. 9.VI).

A richiesta, queste catene possono essere fornite con la superficie superiore delle piastre lucidata a spazzola, avente rugosità inferiore a $0,60 \mu$ (finitura X) oppure con la superficie superiore delle piastre ulteriormente lucidata, avente rugosità inferiore a $0,30 \mu$ (finitura XY)

L = Larghezza della piastra	R = Raggio minimo di curvatura	Profilo "ARE"	Profilo "BAS"	Peso per metro	
mm	mm	Codice	codice	Kg/ca.	
82,6	457	7.06.040	7.08040	2,500	
Passo della catena	P	mm 38,10	Larghezza della cerniera	C1	mm 16,30
Spessore delle piastre	S	mm 3,00	Larghezza delle piste di guida: nel tratto rettilineo nel tratto in curva	C6 C4	mm 45,00 mm 44,20
Diametro del perno	DP	mm 6,35			
Asse della catena	H2	mm 6,50			
Sporgenza della cerniera	H3	mm 11,20			
Confezione rotoli da 80 piastre = 3,048 m					

Tab. 9.VII - Caratteristiche e dimensioni della catena a cerniera per trasportatori in curva su piste magnetiche.

Codice	Numero di denti DE	Diametro primitivo	Larghezza della ruota L	Diametro foro grezzo F	Peso per pezzo
	Z	mm	mm	mm	Kg/ca.
8.12.120	19	117,10	31	20	2,200
8.12.130	21	130,05	31	20	2,700
8.12.140	23	142,00	31	20	3,300
8.12.150	25	154,20	31	20	3,900
8.12.160	27	166,60	31	20	4,600
N.B. queste ruote dentate hanno il passo del dente (mm 19,05) che è metà del passo della catena (mm 38,1) per cui, con numero dispari di denti, ciascun dente lavora ogni due giri della ruota, raddoppiando così la durata della ruota stessa.					

Tab. 9.VIII - Ruote dentate in acciaio tornite e fresate dal pieno per catene a cerniera mod. "FLEX RXM" - "FLEX RXMC" - "FLEX FMC"

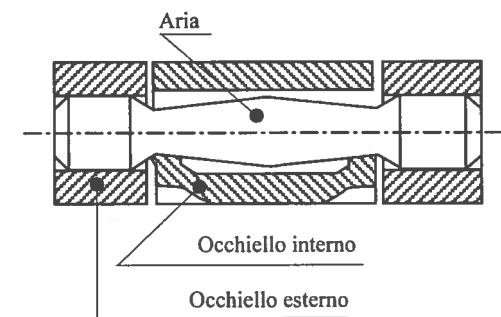


Fig. 9.25 - Cerniera di una catena flex-top in acciaio.

Oltre ad una soddisfacente resistenza agli agenti chimici, le qualità più interessanti delle catene, ai fini dell'affidabilità dei trasportatori, sono il *limite di elasticità* e il *limite di strappo*.

Sono dati caratteristici delle catene e non dei materiali, e sono ricavati attraverso prove a trazione eseguite su spezzoni di tre maglie. Tali prove permettono la costruzione di diagrammi del tipo di fig. 9.26.

Una buona catena, compatibilmente con la fragilità del materiale, deve presentare questi due limiti più elevati possibile. Il limite di elasticità, ossia lo sforzo che provoca il massimo allungamento elastico della catena, è garante del comportamento nel tempo della stessa.

Questa, pur sottoposta alle numerose e immancabili trazioni anomale provocate da sforzi improvvisi, possedendo un elevato limite di elasticità, subisce gli allungamenti permanenti in minor numero e più alla lunga conserva le sue caratteristiche dimensionali iniziali, sulle quali erano stati calcolati gli organi di trazione. Questa caratteristica è determinante per la costruzione di nastri molto lunghi, sottoposti a carichi elevati. È evidente a tal proposito che istante per istante la maglia cui è applicata la forza di traino è sollecitata dalla forza

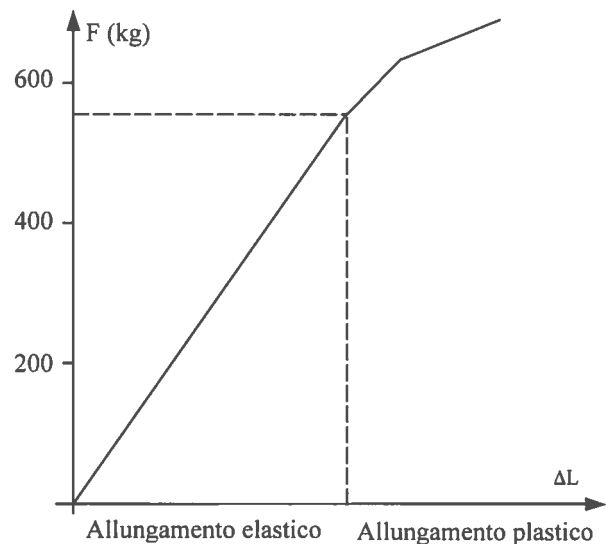


Fig. 9.26 - Diagramma prova a trazione di catena eseguita su spezzone di tre maglie.

d'attrito e dal carico di tutta la catena, sforzo particolarmente elevato allo spunto di partenza².

Il limite di strappo che ad una prima analisi sembrerebbe non avere ai fini pratici l'interesse del limite di elasticità, in quanto una catena che subisce un allungamento plastico non è più utilizzabile, acquista nelle moderne applicazioni un interesse ancora maggiore del precedente.

Non è infrequente che negli impianti di trasporto siano inseriti accumuli (buffer) costituiti da bancali multipli (fino a 24 nastri trainati da un'unica motorizzazione). In caso di strappo di uno solo dei nastri, si hanno fatalmente danni a tutti gli altri, con possibile rottura del sistema di traino. In questo caso l'intervento di manutenzione diventa lungo, complicato ed oneroso.

Poiché nonostante gli accorgimenti costruttivi più idonei, l'inconveniente non è eliminabile, in caso di arresto di un nastro, ad esso risulta applicata istantaneamente tutta la potenza di traino (fino a 4 Hp).

La frequenza e le conseguenze del guasto possono essere contenute proprio con l'adozione di catene ad elevato limite di strappo che, pur subendo un allungamento plastico resistono alla rottura nella maggioranza dei casi.

9.2.4. Criteri di calcolo dei trasportatori con percorsi lineari

I criteri di scelta del modello di catena a cerniera in acciaio o in resine da impiegare per il buon funzionamento del nastro trasportatore in base alla forza di trazione si basano sui seguenti parametri:

² Per grandi linee di confezionamento si consigliano catene con un limite di elasticità non inferiore a 400 kg.

Calcolo della forza di trazione

Ripetiamo alcune note per il calcolo della forza di trazione F_t a cui è sottoposta la catena a cerniera durante il funzionamento del nastro trasportatore.

Trasportatori orizzontali (fig. 9.27)

Senza accumulo:

$$F_t = 2W_c + W_m \cdot L \cdot f_1 \cdot f_p$$

Con accumulo:

$$F_t = (2W_c + W_m) \cdot L \cdot f_1 \cdot f_p + L_s \cdot W_m \cdot f_2 \cdot S$$

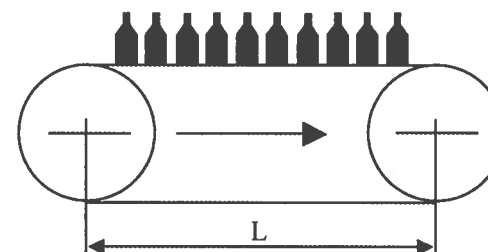


Fig. 9.27 - Trasportatori orizzontali.

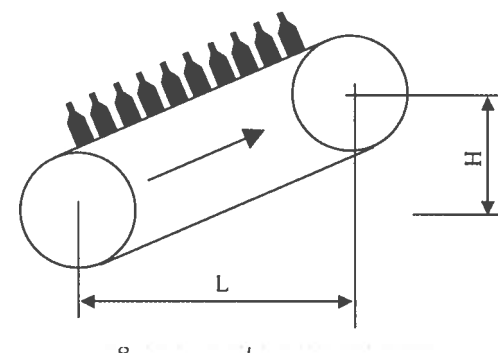
Trasportatori inclinati (fig. 9.28)

Senza accumulo:

$$F_t = 2W_c + W_m \cdot L \cdot f_1 \cdot f_p + (W_c + W_m) \cdot H$$

Con accumulo:

$$F_t = (2W_c + W_m) \cdot L \cdot f_1 \cdot f_p + (W_c + W_m) \cdot H + L_s \cdot W_m \cdot f_2 \cdot S$$



Simbologia:

- W_c = Peso della catena in kg/m
- W_m = Peso del prodotto trasportato in kg/m
- L_m = Interasse orizzontale del nastro trasportatore in metri
- H = Interasse verticale del nastro in metri
- L_s = Lunghezza del nastro trasportatore con accumulo in metri
- f_1 = Coefficiente d'attrito tra catena e vie di corsa (tab 9.IX-A1)
- f_2 = Coefficiente d'attrito tra catena e materiale trasportato (tab 9.IX-A2)
- f_p = Fattore di partenza (tab. 9.IX - B)
- S = Fattore di slittamento % (tab. 9.IX-C)

Materiale della catena	Lubrificazione usata	A			A2			B		C	
		f_1			f_2			Fattore di potenza		Fattore di slittamento	
		Coefficiente di attrito fra catena e materiale via di corsa			Coefficiente di attrito fra catena e materiale trasportato			N° Partenze orarie	f_p	% tempo di slittamento	S
Acciaio al carb. e acciaio inox	A secco Acqua Acq. Sap Olio	Acciaio	Bronzo	Polit. alta densità	Cart. plastica	Metal.	Vetroceram.	0	0	0	0
		0,50	0,45	0,20	0,30	0,45	0,45	5	1,4	10	0,5
		0,40	0,40	0,15	0,25	0,40	0,40	10	1,7	20	0,7
		0,20	0,20	0,12	0,15	0,20	0,25	15	1,8	30	0,8
		0,20	0,15	0,08	-	0,15	0,20	20	1,9	40	0,9
							25	2,0	50 e >	1,0	

Tab. 9.IX

Per verificare l'idoneità del modello prescelto, bisogna riportare sul diagramma "limite di carico" il valore di F_t trovato ed il rapporto velocità/lunghezza del caso in esame.

L'intersezione dei due valori dovrà trovarsi sotto la linea retta relativa al modello di catena prescelto.

Nel caso ciò non fosse, bisognerà migliorare le condizioni di lavoro della catena, oppure adottare un modello di catena con caratteristiche meccaniche migliori.

9.2.5. Criteri di calcolo dei trasportatori con percorsi in curva

Vengono riportati i criteri di scelta del modello di catena a cerniera da impiegare per il buon funzionamento del nastro trasportatore in base alla forza di trazione (fig. 9.30).

Calcolo della forza di trazione

Indichiamo alcune notazioni per il calcolo della forza di trazione F_t a cui è sottoposta la catena a cerniera durante il funzionamento del nastro trasportatore.

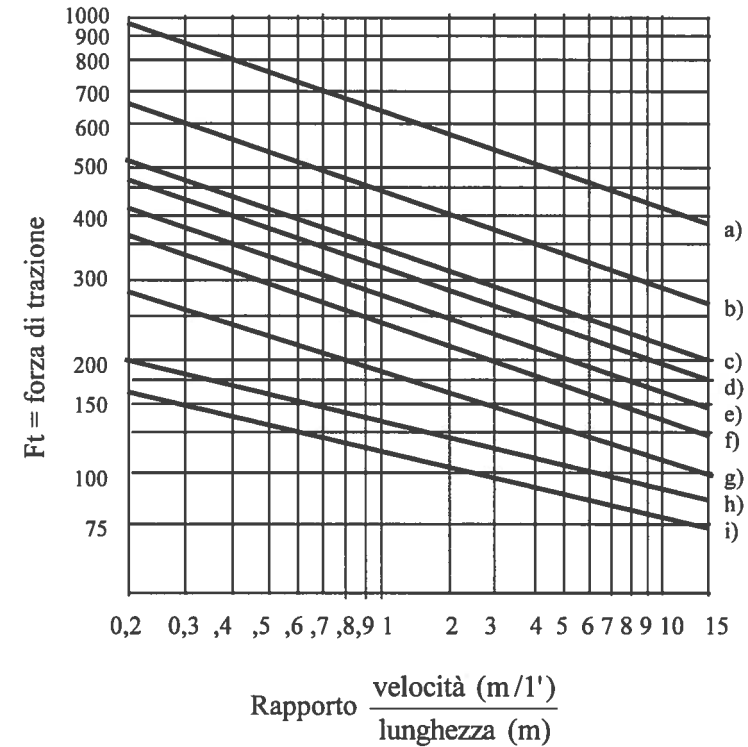


Fig. 9.29 - Diagramma "limite di carico" dei modelli di catene a cerniera con percorsi dritti. a) Catena con doppia cerniera rinforzata; b), c), d) Catena con doppia cerniera; e), f), g), h) Catena con doppia cerniera semplice; i) Catena con doppia cerniera mignon.

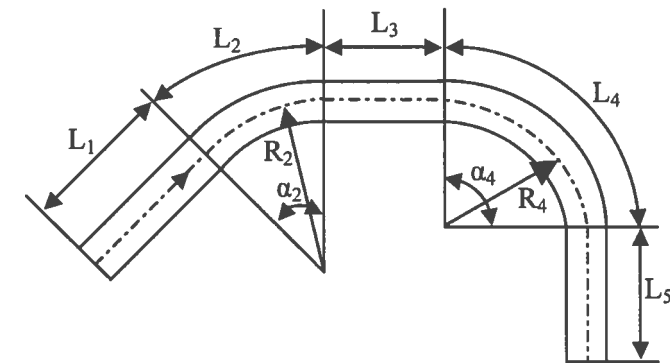


Fig. 9.30 - Trasportatori con percorsi in curva.

- $L_2 = K(\alpha_2) \cdot R_2$
- $L_4 = K(\alpha_4) \cdot R_4$
- $F_0 = \left\{ \left[(L_5 + L_4) \cdot W_c \cdot f_1 \cdot T_{(\alpha_4)} + (L_3 + L_2) \cdot W_c \cdot f_1 \right] \cdot T_{(\alpha_2)} + L_1 \cdot W_c \cdot f_1 \right\} \cdot f_p$

Senza accumulo:

- $F_1 = F_0 + (W_c + W_m) \cdot L_1 \cdot f_1 \cdot f_p$
- $F_2 = \left[F_1 + (W_c + W_m) \cdot L_2 \cdot f_1 \cdot f_p \right] \cdot T_{(\alpha_2)}$
- $F_3 = F_2 + (W_c + W_m) \cdot L_3 \cdot f_1 \cdot f_p$
- $F_4 = \left[F_3 + (W_c + W_m) \cdot L_4 \cdot f_1 \cdot f_p \right] \cdot T_{(\alpha_4)}$
- $F_5 = F_4 + (W_c + W_m) \cdot L_5 \cdot f_1 \cdot f_p$

Con accumulo:

- $F_1 = F_0 + (W_c + W_m) \cdot L_1 \cdot f_1 \cdot f_p + L_{1s} \cdot W_m \cdot f_2 \cdot S$
- $F_2 = \left[F_1 + (W_c + W_m) \cdot L_2 \cdot f_1 \cdot f_p \cdot L_{2s} \cdot W_m \cdot f_2 \cdot S \right] \cdot T_{(\alpha_2)}$
- $F_3 = F_2 + (W_c + W_m) \cdot L_3 \cdot f_1 \cdot f_p + L_{3s} \cdot W_m \cdot f_2 \cdot S$
- $F_4 = \left[F_3 + (W_c + W_m) \cdot L_4 \cdot f_1 \cdot f_p \cdot L_{4s} \cdot W_m \cdot f_2 \cdot S \right] \cdot T_{(\alpha_4)}$
- $F_5 = F_4 + (W_c + W_m) \cdot L_5 \cdot f_1 \cdot f_p + L_{5s} \cdot W_m \cdot f_2 \cdot S$

Simbologia

- W_c = Peso della catena in kg/m
- W_m = Peso del prodotto trasportato in kg/m
- L_1, L_2, \dots = Interasse orizzontale del nastro trasportatore in metri
- L_{1s}, L_{2s}, \dots = Interasse orizzontale del nastro trasportatore con accumulo in metri
- f_1 = Coefficiente d'attrito tra catena e vie di corsa (tab 9.X - A1)
- f_2 = Coefficiente d'attrito tra catena e materiale trasportato (tab 9.XI - A2)
- f_p = Fattore di partenza (tab. 9.XI)
- S = Fattore di slittamento % (tab. 9.XII)
- R = Raggio della curva in metri
- α = Angolo di curvatura in gradi
- K = Fattore di lunghezza (tab. 9.XIII - B)
- T = Fattore di curva (tab. 9.XIII - C)
- F_0 = Tensione tratto ritorno
- F_1, F_2, \dots = Ft alla fine del tratto di carico

Materiale della catena	Lubrificazione usata	A1			A2			
		f_1			f_2			
		Coefficiente di attrito fra catena e materiale via di corsa			Coefficiente di attrito fra catena e materiale trasportato			
Acciaio al carb. e acciaio inox		Acciaio	Bronzo	Polit. alta densità	Cart. plastica	Metal.	Vetro ceram.	
		A secco	0,50	0,45	0,20	0,30	0,45	0,45
		Acqua	0,40	0,40	0,15	0,25	0,40	0,40
		Acq. Sap	0,20	0,20	0,12	0,15	0,20	0,25
Olio	0,20	0,15	0,08	-	0,15	0,20		

Tab. 9.X.

Fattore di partenza		Fattore di slittamento	
N° partenze orarie	f_p	% tempo di slittamento	S
0	1,0	0	0
5	1,4	10	0,5
10	1,7	20	0,7
15	1,8	30	0,8
20	1,9	40	0,9
25	2,0	50 e >	1,0

Tab. 9.XI.

Tab. 9.XII.

Angolo di curvatura in gradi α	Fattore di lunghezza k	C Fattore di curva T			
		Catena in acciaio inox			
		Via di corsa in acciaio		Via di corsa in polite. Alta densità	
		A secco	Lubrif.	A secco	Lubrif.
15	0,25	1,20	1,05	1,10	1,05
30	0,52	1,30	1,10	1,20	1,10
45	0,79	1,40	1,20	1,30	1,20
60	1,05	1,60	1,30	1,50	1,25
90	1,57	2,00	1,50	1,80	1,35
120	2,09	2,500	1,70	2,20	1,50
150	2,62	3,10	1,90	2,70	1,75
180	3,14	5,50	2,10	3,00	1,90

Tab. 9.XIII.

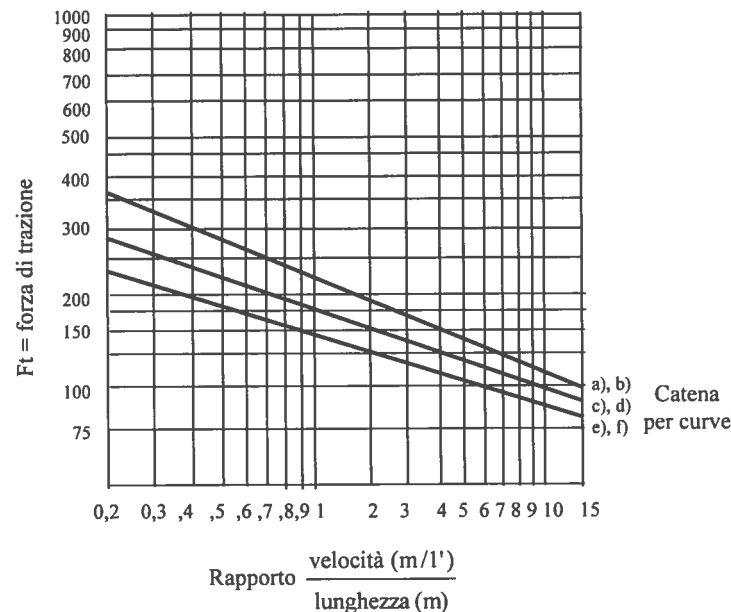


Fig. 9.31 - Diagramma "limite di carico" dei modelli di catene a cerniera in acciaio con percorsi in curva. Diagrammi analoghi sono disponibili per le catene a cerniera di materiali polimerici.

Per verificare l' idoneità del modello prescelto, bisogna riportare sul diagramma *limite di carico* il valore di F_t trovato ed il rapporto velocità/lunghezza del caso in esame.

L' intersezione dei due valori dovrà trovarsi sotto la linea retta relativa al modello di catena prescelto.

Nel caso ciò non fosse verificato, bisognerà migliorare le condizioni di lavoro della catena oppure adottare un modello di catena con caratteristiche meccaniche migliori.

9.3. I BANCALI

Sono gli elementi modulari portanti di un impianto di trasporto a nastro. Sono sostanzialmente composti da una testa di rinvio, da due fiancate di appoggio, cui sono ancorati i supporti delle guide, e da una testa di traino azionata da un motoriduttore o da un motovariatore³.

Le due testine terminali supportano le due ruote dentate (di traino e di rinvio) perfettamente simili (fig. 9.32), aventi un numero di denti dispari.

³ Per i trasportatori di bottiglie e contenitori fragili o deformabili sono consigliabili azionamenti a velocità variabile.

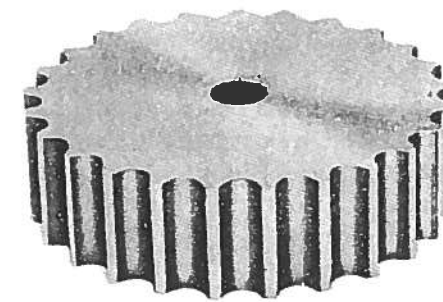


Fig. 9.32 - Ruota dentata di traino e di rinvio delle testine.

In questo modo la catena, che ha un passo più grande del doppio della ruota, ad ogni giro cambia dente, con notevole beneficio per l' usura degli stessi.

Le peculiarità costruttive dei bancali variano a seconda del costruttore e delle caratteristiche dei contenitori.

È interessante richiamare alcuni concetti per il loro dimensionamento.

I fattori che bisogna prendere in considerazione sono:

- quantità di bottiglie o contenitori da convogliare nell' unità di tempo;
- velocità di trasporto in relazione alla fragilità e alla stabilità dei contenitori;
- affidabilità di funzionamento;
- minima spesa di costruzione e installazione;
- minimo costo di esercizio.

Il primo fattore determina il numero di piste o vie che dovranno comporre il bancale, una volta fissata la velocità di trasporto. La valutazione di quest' ultima prende avvio da considerazioni sulla stabilità e fragilità dei contenitori.

Supponiamo che una bottiglia o un contenitore di peso P sia trasportato ad una velocità di v m/s e che istantaneamente il nastro trasportatore sul quale viaggia subisca un arresto.

Se l' attrito tra contenitore e trasportatore è infinito, per inerzia il baricentro del contenitore continuerà a muoversi nel senso del moto. Non essendo vincola-

to alla base, il contenitore descriverà un arco di circonferenza con raggio R (fig. 9.33) e velocità angolare ω nel piano normale a quello del nastro, e si ribalterà allorché la posizione di P sarà al di fuori del cerchio di base (pos. P₂).

La posizione P₁ rappresenta una posizione di equilibrio instabile in cui la forza viva acquistata dal contenitore equilibra la forza che si oppone al ribaltamento, ossia la forza peso.

Vale perciò la relazione:

$$\frac{mV^2}{2} = mgy$$

tenendo presente che per ipotesi $V \rightarrow 0$ istantaneamente.

Nella formula riportata y è lo spostamento che subisce verso l'alto il centro di gravità nel punto di equilibrio ed è pari ad R-h. Poiché:

$$R = \sqrt{H^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (12,1)$$

avendo posto d = diametro della bottiglia, si può scrivere:

$$y = \sqrt{\left(H^2 + \frac{d^2}{4}\right)} - H$$

e sostituendo nella (12,1) si ha:

$$\frac{V^2}{2} = g \left(\sqrt{H^2 + \frac{d^2}{4}} - H \right)$$

ossia:

$$V = \sqrt{2g \left(\sqrt{H^2 + \frac{d^2}{4}} - H \right)}$$

Il valore di V così trovato si definisce *velocità critica* ed è caratteristica per ogni contenitore, essendo per questa determinati i fattori H e d.

Anzi, definendo stabilità del contenitore S il rapporto tra il raggio della base di appoggio r e l'altezza del suo baricentro H,

$$S = \frac{r}{H}$$

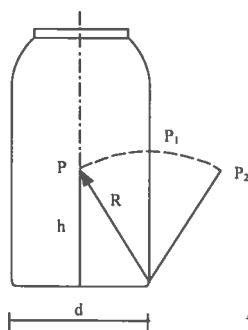


Fig. 9.33.

si ha:

$$V = \sqrt{2gH \left(\sqrt{1 - S_t^2} \right) - 1}$$

Naturalmente questo limite inferiore è del tutto teorico ed è valido nel caso di nastri con coefficiente d'attrito infinito.

In pratica i nastri vengono lubrificati e quindi la velocità può essere incrementata rispetto al valore critico del 20-30%, compatibilmente con la resistenza del vetro o del materiale di cui è fatto il contenitore.

Si possono assumere come velocità ottimali quelle comprese tra i 15 ed i 20 m/1' quando il moto del contenitore è libero; velocità più elevate (fino a 50-60 m/1') possono essere ammesse quando il moto è vincolato da guide, stelle, clee, e simili.

In questi casi è necessario che i contenitori viaggino in sequenza stretta e l'incremento di velocità avvenga gradualmente mediante bancali a velocità differenziata.

In sostanza bisogna ricorrere al trasporto a pressione controllata, ovvero ad una serie di bancali affiancati in successione (fig. 9.34) nei quali ciascun nastro può avere una velocità diversa da quello attiguo. Naturalmente questi bancali devono poter "colloquiare" tra loro e con le macchine a monte e a valle per modulare con continuità la velocità dei singoli nastri alla disponibilità a monte e richiesta a valle di contenitori.

Nei bancali a pressione controllata entrano massicciamente sistemi informatizzati per il controllo degli azionamenti dei bancali stessi. Per conseguire buoni risultati sono necessarie informazioni sullo stato delle macchine che compongono l'impianto che vanno integrate con il conteggio del numero di contenitori presenti su ogni singolo tratto del sistema di trasporto.

Dalla elaborazione di questi dati si ottiene la regolazione della velocità del sistema di azionamento di quel tratto di impianto. Il sistema risulta autoregolato se anche le singole macchine dispongono di algoritmi di regolazione che, in funzione delle quantità dei contenitori presenti a monte e a valle selezionano le velocità ottimali di funzionamento.

Generalmente il sistema contiene anche gli algoritmi di reazione alle condizioni di emergenza. Nei sistemi di trasporto a pressione controllata i tratti più delicati sono quelli in cui si passa su fila unica (introduzione alla riempitrice e all'etichettatrice).

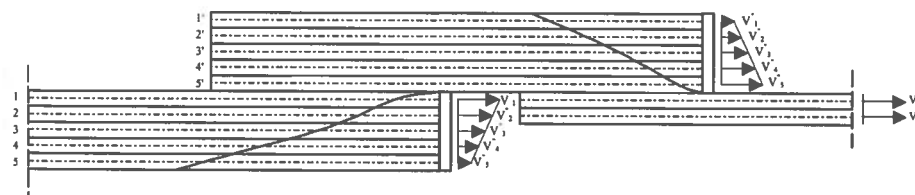


Fig. 9.34 - Serie di bancali affiancati in successione.

In questi tratti la buona tecnica prevede, contrariamente ai convogliatori tradizionali in cui si realizzava un cono chiuso all'interno del quale venivano "forzati" i contenitori, una sola guida di appoggio per la formazione naturale del cono di flusso delle bottiglie. Poiché non vi sono barriere di costringimento, se un contenitore è "coricato", esso rotola fuori dalla linea di trasporto senza bloccare il flusso; la stessa cosa accade anche ai cocci di vetro che così vengono eliminati immediatamente e facilmente.

Il sistema è particolarmente silenzioso in quando sono molto ridotti gli urti tra i contenitori e tra questi e le spondine di contenimento.

9.3.1. I criteri di riferimento per la progettazione dei bancali

L'affidabilità di un bancale, oltre che dall'accuratezza di esecuzione, che deve tendere alla minimizzazione degli attriti e dalla qualità dei materiali impiegati, molto dipende dal tipo di motorizzazione, la cui potenza può essere calcolata sulla base della formula:

$$P = (P_b + 2P_c)L\mu_1 + P_c\mu_2$$

dove:

- P_b = Peso delle bottiglie in Kg;
- P_c = Peso della catena in Kg/m;
- L = Lunghezza della catena calcolata tra il centro della ruota di traino e quella di rinvio;
- μ_1 = Coefficiente d'attrito tra catena e slitta sottostante;
- μ_2 = Coefficiente d'attrito tra catena e contenitore.

Essa è valida per trasportatori orizzontali (fig. 9.35). I valori di μ_1 e μ_2 variano in dipendenza del tipo di catena, del tipo di slitte sottostanti, del tipo di bottiglia e del lubrificante. I loro valori sono valutabili intorno a 0,15 e 0,40 rispettivamente, nel caso più frequente di catene in acciaio inox striscianti su slitte di materiale plastico autolubrificato, trasportanti contenitori di vetro, lubrificate con soluzioni saponose di buona qualità.

Per trasportatori in pendenza (fig. 9.36), la formula per il calcolo della potenza è:

$$P = (P_b + 2P_c)H\mu_1 + (P_b + P_c)V + P_bH\mu_2$$

essendo V la differenza di quota tra il centro della ruota di traino e quella della ruota di rinvio ed H è l'interasse tra le due.

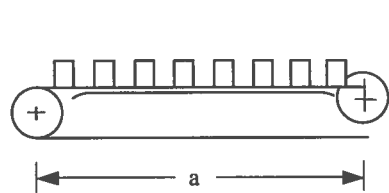


Fig. 9.35.

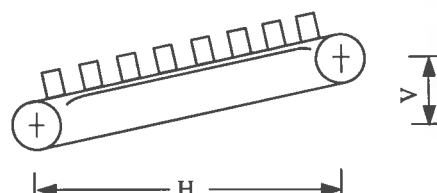


Fig. 9.36.

La pendenza massima da dare ad un trasportatore è funzione della velocità di trasporto, della stabilità del contenitore e dell'angolo di attrito. La relazione che lega questi fattori è:

$$V = \sqrt{2grtg\left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right)}$$

dove:

- r = raggio della sezione d'appoggio della bottiglia;
- α = Angolo di attrito;
- β = Angolo di pendenza;
- V = Velocità limite.

È facile verificare che, ad es. con bottiglie di acqua minerale VAR da un litro tipizzate, l'angolo di pendenza β non deve superare i 4° per il trasporto ascendente e i 6° per il trasporto discendente.

In questi casi un ruolo fondamentale è assunto dal lubrificante, in quanto un coefficiente d'attrito troppo ridotto provoca lo slittamento dei contenitori (fig. 9.37).

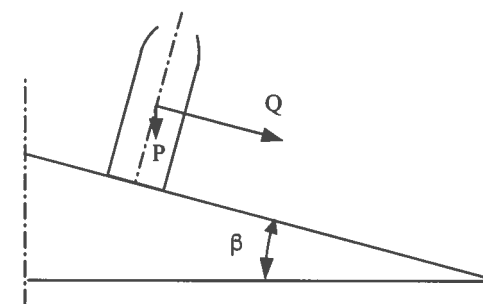


Fig. 9.37 - Trasportatori in pendenza.

Poiché:

$$Q = P \sin \beta - \mu P \cos \beta$$

per evitare lo slittamento è necessario che:

$$\mu \leq \tan \beta$$

Si può quindi costruire la tab. 9.XIV per le pendenze massime ammissibili.

Coefficiente d'attrito	Angolo di pendenza massima
0,05	2,86°
0,08	4,5°
0,10	5,7°
0,15	8,7°
0,25	14,0°

Tab. 9.XIV - Pendenze ammissibili dei trasportatori in funzione dei coefficienti di attrito.

Collegamento tra i bancali per la composizione dell'impianto di trasporto.

I requisiti principali di un impianto di trasporto sono la scorrevolezza e la continuità del flusso dei contenitori: queste non devono bloccarsi, cadere, rompersi o deformarsi.

I punti più critici sotto questo aspetto sono le variazioni delle sezioni di flusso ed i passaggi tra i vari bancali.

In fig. 9.38 sono riportati alcuni schemi di accoppiamento già sufficientemente collaudati; si precisa però che la loro validità non è assoluta ed il loro comportamento può essere inficiato da particolari del tutto trascurabili, quali il coefficiente d'attrito tra nastro e contenitori, lo stato delle guide, delle spondine laterali, la scabrosità esterna dei contenitori e simili.

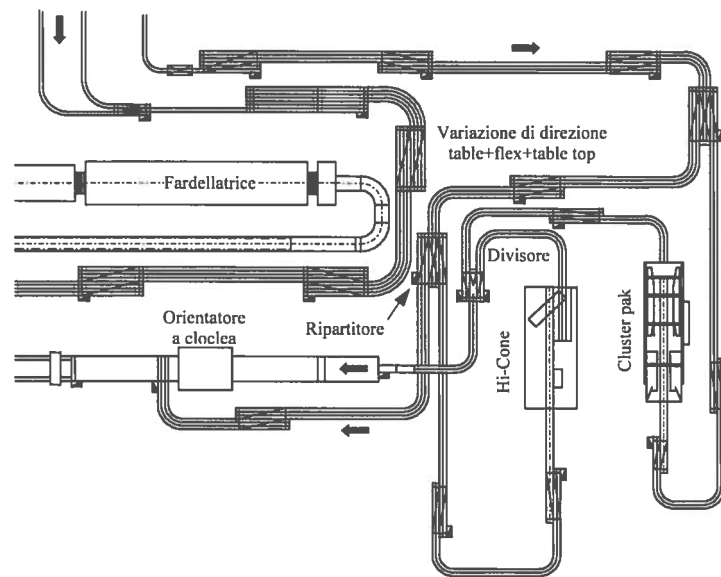


Fig. 9.38 - Schemi di accoppiamento tra nastri trasportatori.

In linea di principio si può affermare che per elevate capacità di trasporto bisogna optare per il collegamento laterale (fig. 9.39), evitando per quanto possibile i collegamenti di testa (fig. 9.40), essendo il primo molto più soddisfacente sia per quanto attiene alla continuità del flusso sia per la facilità di smaltimento di vetri, di residui di etichette e simili.

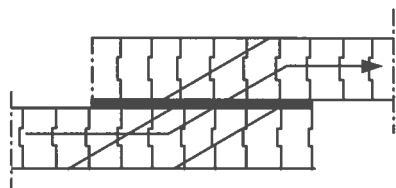


Fig. 9.39 - Collegamento laterale.

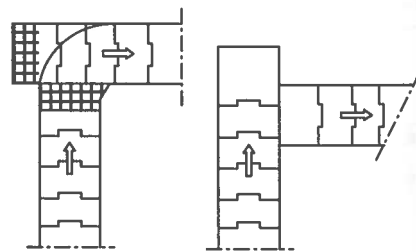


Fig. 9.40 - Collegamento di testa.

La lubrificazione dei nastri.

La lubrificazione dei nastri è determinante ai fini delle prestazioni dei trasportatori, perché un buon lubrificante migliora la stabilità dei contenitori, riduce l'attrito, minimizza l'usura delle slitte e delle maglie, riduce l'impegno di potenza ed il consumo di energia elettrica.

La variazione dei coefficienti d'attrito in funzione della lubrificazione è riportata nella tab. 9.XV.

Lubrificazione	Acciaio-Acciaio	Nylon-Acciaio	Acciaio-Fibra	Acciaio-Vetro
Secca	0,40 ÷ 0,30	0,25 ÷ 0,35	0,30 ÷ 0,40	0,35 ÷ 0,30
Ad acqua	0,25 ÷ 0,35	0,15 ÷ 0,25	0,30 ÷ 0,35	0,25 ÷ 0,30
Soluzione saponosa	0,15 ÷ 0,20	0,10 ÷ 0,15	0,25 ÷ 0,30	0,15 ÷ 0,20

Tab. 9.XV - Variazione del coefficiente di attrito in funzione della lubrificazione.

La riduzione del coefficiente d'attrito da 0,2 a 0,1 equivale ad una riduzione del 50% della forza motrice e permette maggiori sviluppi nella lunghezza del nastro.

Altri requisiti richiesti ai lubrificanti per catene sono un buon potere emulsionante, una sufficiente affinità con i sali disciolti nell'acqua, una bassa tossicità, un'aggressività nulla per i metalli con i quali vengono a contatto, un'elevata solubilità nell'acqua, una reattività pressoché nulla con il prodotto confezionato, un'elevata resistenza all'azione dei microrganismi.

I più soddisfacenti sotto questi aspetti sono:

- il sapone a base di potassio, il cui comportamento viene molto migliorato dalla bassa durezza dell'acqua. Esso però provoca muffe.
- I detergenti con tensioattivi, che possono essere impiegati anche con acque molto dure.
- Gli oli vegetali leggeri, combinati con detergenti e tensioattivi, eccellenti per qualsiasi condizione di impiego.

Stato fisico:	liquido limpido giallo paglierino
PH:	9,5
Peso specifico a 15° C:	1,01
Componenti:	saponi, tensioattivi non ionici, sequestranti organici, alcanolammine, conservanti
Vita media:	12 mesi
Biodegradabilità:	prodotto non assoggettabile alla legge n. 136 del 26.4.83 sulla biodegradabilità
Contenuto in P:	esente
Metodo di titolazione:	prelevare 50 cc di soluzione e titolare con H ₂ SO ₄ 0,5N (indicatore blubromofenolo 0,04%) indicare con "A" i cc di acido usati, preparare una soluzione all'1% di prodotto, prelevarne 50 cc e titolare come in precedenza, indicare con "B" i cc di acido usati. Calcolo conc.% = A/B
Concentrazioni d'uso:	2% - 8% in acqua

Tab. 9.XVI - Scheda tecnica di un lubrificante per nastri trasportatori in presenza di acque dolci.

Stato fisico:	liquido limpido giallo ambrato
pH (sol. 1%):	10
Peso specifico a 15° C:	1,01
Componenti:	saponi, tensioattivi non ionici, sequestranti organici, alcalammine, ammidi, alcoli, conservanti
Vita media:	12 mesi
Biodegradabilità:	prodotto non assoggettabile alla legge n. 136 del 26.4.83 sulla biodegradabilità
Contenuto in P:	esente
Metodo di titolazione:	prelevare 50 cc di soluzione e titolare con H ₂ SO ₄ 0,5N (indicatore blu bromofenolo 0,04%) indicare con "A" i cc di acido usati, preparare una soluzione all'1% di prodotto, prelevare 50 cc e titolare come in precedenza, indicare con "B" i cc di acido usati. Calcolo conc.% = A/B
Concentrazioni d'uso:	0,5% - 3% in acqua

Tab. 9.XVII - Scheda tecnica di un lubrificante per nastri trasportatori in presenza di acque medio dure.

In tab. 9.XVI si riporta la scheda tecnica di un lubrificante da usarsi con acque dolci e in tab. 9.XVII quella di un lubrificante adatto alle acque medio dure.

La lubrificazione dei nastri in acciaio può avvenire per immersione, in una vaschetta per gocciolamento o spruzzatura (fig. 9.41), oppure mediante la combinazione di ambo i sistemi. Per i nastri in resina la lubrificazione avviene generalmente per spruzzatura. Questa è una delle ragioni per le quali le catene acetali che o comunque in materiali sintetici sono preferite nelle aziende di alto livello igienico.

La lubrificazione per immersione, ormai abbandonata, consiste nel preparare la soluzione direttamente in una vaschetta situata nella parte posteriore del nastro in prossimità della testina di rinvio, nella quale i nastri sono obbligati a passare da appositi tenditori.

L'inevitabile gocciolamento viene raccolto da gronde sottostanti ai nastri e riportato in vasca, talché in teoria la perdita di lubrificante è dovuta al solo trascinarsi da parte dei fondi delle bottiglie.

I difetti principali di questo sistema sono rappresentati dall'inquinamento della soluzione da parte del liquido proveniente da contenitori rotti e la facilità di formazione di schiuma. Questi inconvenienti sono esaltati nel caso di linee di elevata resa e da quelle piuttosto veloci.

In questi casi è opportuno optare per il sistema a spruzzo o a gocciolamento, certamente più costoso per il maggior consumo di lubrificante, ma più affidabile ed efficace.

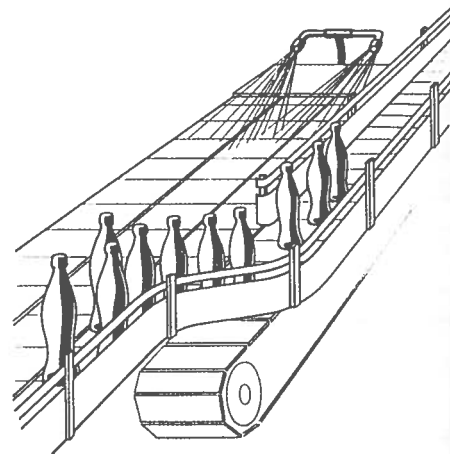


Fig. 9.41 - Lubrificazione dei nastri per spruzzatura.

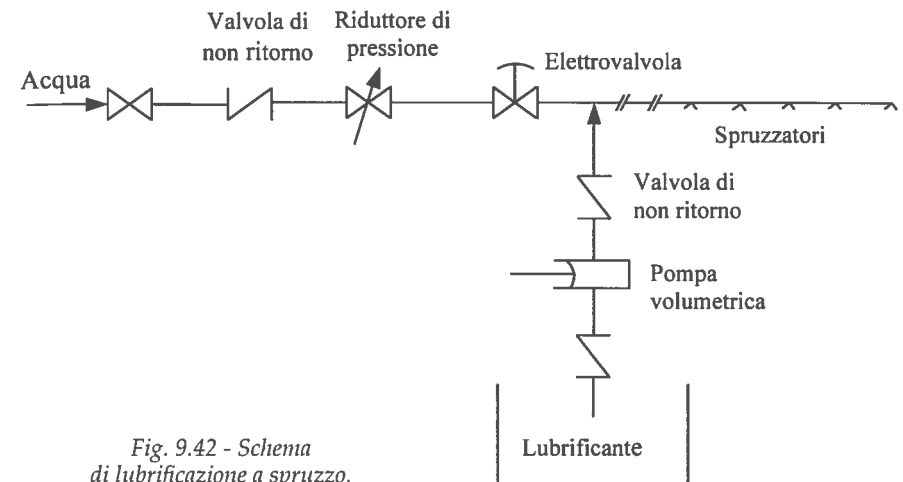


Fig. 9.42 - Schema di lubrificazione a spruzzo.

Per i bancali lenti a grande numero di nastri può essere utilizzato il sistema misto, che garantisce in ogni caso la lubrificazione; è indispensabile però che la soluzione raccolta nelle vaschette venga rinnovata frequentemente.

La lubrificazione a spruzzo viene fatta mediante sistemi centralizzati che prevedono su ciascun bancale, in corrispondenza delle ruote di rinvio, una serie di ugelli spruzzatori (normalmente uno per nastro), alimentati da un sistema di tubazioni in nylon, secondo lo schema di fig. 9.42.

Una pompa volumetrica, che aspira da un apposito serbatoio, immette nella tubazione, in cui fluisce acqua a pressione e portata costante, il lubrificante concentrato.

Esso si miscela con l'acqua in proporzioni ben definite e regolabili attraverso la valvola a membrana e finisce agli ugelli spruzzatori.

Il sistema può essere azionato ad intermittenza mediante un comando ad orologeria, agente contemporaneamente sulla elettrovalvola montata sulla tubazione dell'acqua e sulla pompa dosante.

9.4. LOGISTICA INTERNA DELLA "SEZIONE VUOTI" DI UNA LINEA PER IL CONFEZIONAMENTO IN CONTENITORI POLIMERICI

9.4.1. I trasportatori ad aria di contenitori nelle linee PET e altri materiali polimerici

I trasportatori ad aria sono inseriti nel circuito di trasporto delle bottiglie vuote delle linee PET.

Tale circuito, nella configurazione più complessa, ma ormai desueta, si presenta come in fig. 9.43.

Attualmente la linea di confezionamento è collegata direttamente alla soffiatrice, al più attraverso un accumulo di bottiglie, che funge da bilanciamento

Trasportatore a tappeto
bottiglie vuote dalla
soffiatrice

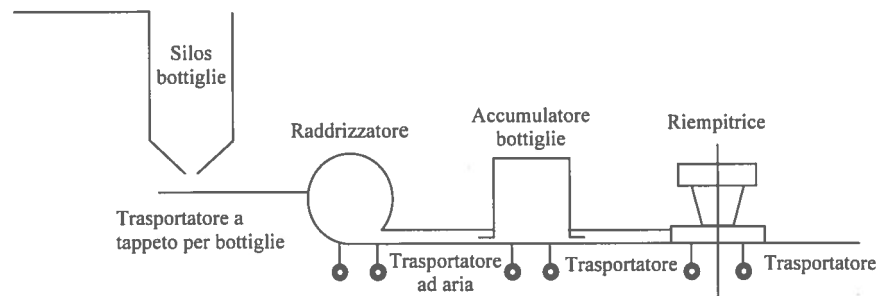


Fig. 9.43 - Logistica interna della sezione vuoti di una linea PET.

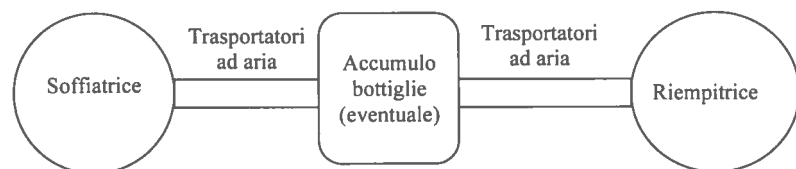


Fig. 9.44 - Collegamento schematico segmento produzione e riempimento contenitori.

tra sezione produzione vuoti e confezionamento. Talchè lo schema al quale ci riferiamo è riportato in fig. 9.44.

Gli accumulatori di bottiglie

Sono progettati per un accumulo temporaneo di 3' + 10' di bottiglie vuote in plastica che, tramite l'anello di sottobaga, vengono sistemate per file parallele in barre che si dispongono perfettamente in asse con i trasportatori di ingresso e di uscita. Tali barre sono portate da catene che ad ogni scatto le dispongono in posizione di accumulo o di alimentazione fig. 9.45.

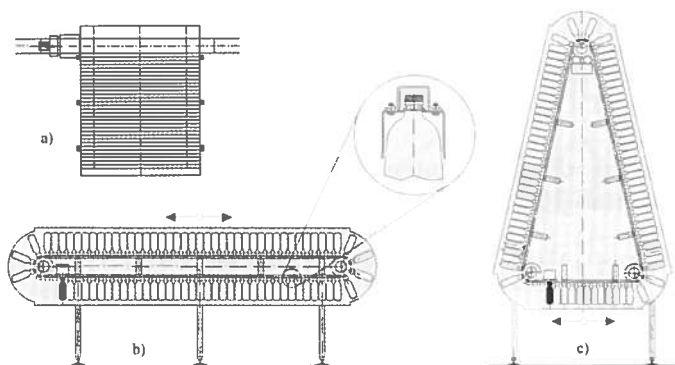


Fig. 9.45 - Accumulatori di bottiglie in PET vuote. a) Pianta versione modulare orizzontale, b) sezione versione modulare orizzontale, c) versione modulare verticale.

La versione più evoluta di queste macchine, che con la progressiva introduzione delle linee compatte e delle "linee block" sono ormai quasi totalmente dismesse, prevedeva il volume di stoccaggio in sovrappressione di aria sterile, che garantiva una rassicurante igienicità dei contenitori stoccati.

I trasportatori ad aria

Le linee di trasporto ad aria sono composte da convogliatori ad aria, ripartitori e/o riunitori.

I convogliatori sono particolari trasportatori che permettono la movimentazione di contenitori, in materiali polimerici, vuoti per mezzo getti d'aria diretti sul corpo dei contenitori stessi, che vengono quindi sostenuti tramite l'anello sottopaga da una coppia di guide di acciaio o di plastica.

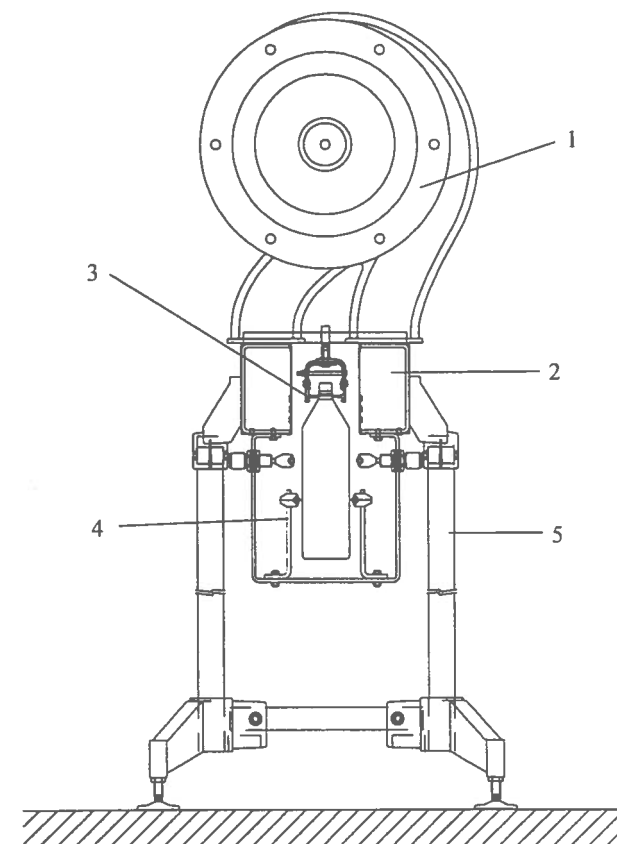


Fig. 9.46 - Componenti principali dei trasportatori ad aria per contenitori in PET.
1) Stazione di soffiaggio. 2) Struttura. 3) Guida collo contenitori.
4) Guida corpo contenitori. 5) Supporti.

Descrizione dei trasportatori

Stazioni di soffiaggio

Le stazioni di soffiaggio sono composte da elettroventilatori progettati con caratteristiche specifiche e realizzati con corpi in vetroresina (fig. 9.47-1), filtri assoluti (fig. 9.47-2) o standard (fig. 9.47-3) in aspirazione a protezione dalla polvere, registrazione manuale o automatica della portata dell'aria in funzione del tipo di contenitore o bottiglia (fig. 9.47-4).

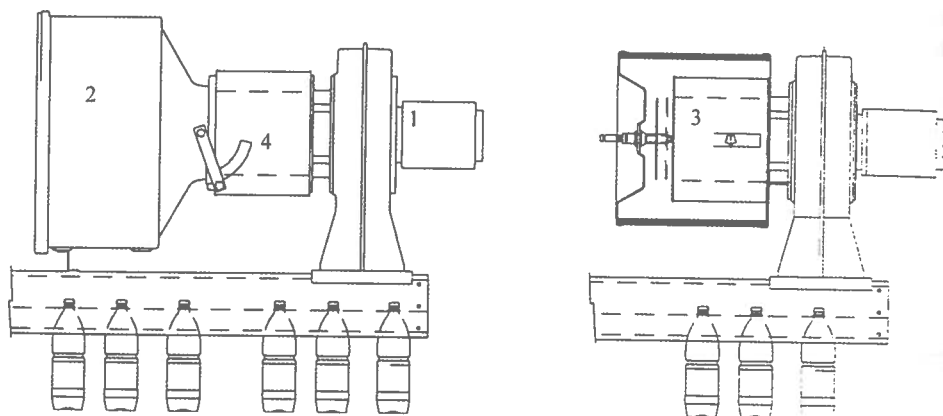


Fig. 9.47 - Stazione di soffiaggio con filtro assoluto.

Filtro assoluto

I filtri assoluti garantiscono la massima efficienza di filtrazione tecnicamente raggiungibile nel trattamento dell'aria. I filtri sono costituiti da un telaio metallico contenente la massa filtrante realizzata in carta di fibra di vetro avvolta su distanziatori in alluminio. La perfetta tenuta del sistema viene garantita con l'interposizione di speciali sigillanti sintetici. I filtri sono completi di una guarnizione in neoprene a cellule chiuse posta sul telaio nel lato uscita aria o su entrambi i lati.

L'efficienza del filtro viene determinata secondo il metodo D.O.P. per particelle da 0,3 micron (rispondente alle norme UNI-CTI). Tali filtri devono essere rispondenti alle norme U.S. MIL-STO 282, Federal Standard 209 e B.S. 3928.

Filtro standard tipo "AB 20" realizzato in feltro.

Le caratteristiche del filtro standard sono illustrate nel grafico di fig. 9.48.

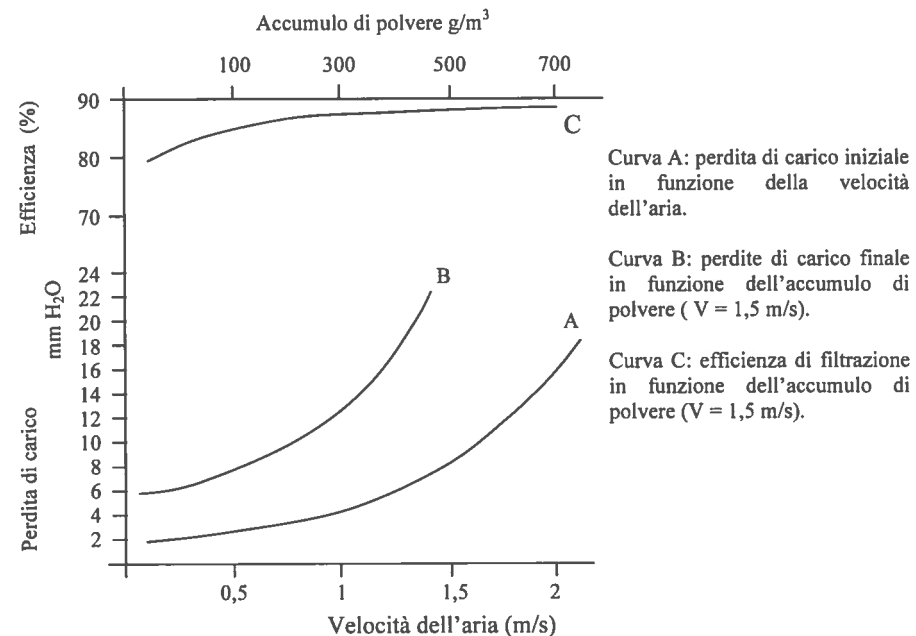


Fig. 9.48 - Diagramma filtro standard.

Struttura

La struttura è composta da due lamiere di forma scatolare parallele provviste di fessure opportunamente sagomate che permettono all'aria di agire direttamente sulla spalla dei contenitori (fig. 9.49-1).

Le due camere di distribuzione dell'aria sono collegate da traversi (fig. 9.49-2) disposti a passo costante che a loro volta supportano il profilo di guida del collo del contenitore (fig. 9.49-3).

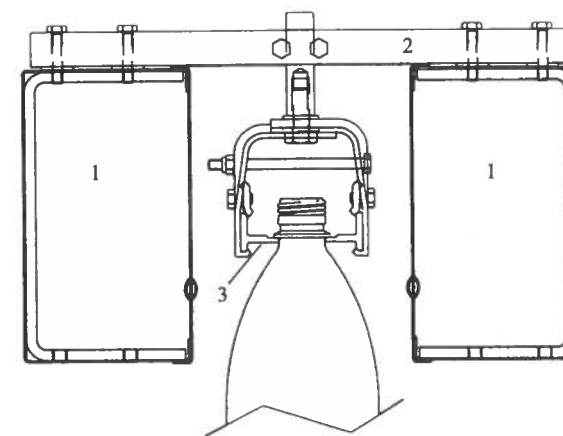


Fig. 9.49 - Sezione struttura del convogliatore.

Guida collo contenitore

Due profili opportunamente sagomati (fig. 9.50-1) supportano dalla бага il contenitore.

I profili sono fissati a due cavallotte stampate (fig. 9.50-2); una vite di registro montata sulle staffe (fig. 9.50-3) consente la regolazione della distanza tra i profili di scorrimento in funzione del diametro del collo del contenitore.

Guida corpo contenitore

Le guide contenitori vengono realizzate in diverse configurazioni, a seconda del tipo di contenitore da lavorare.

Per un unico formato vengono adottate guide fisse costituite da supporti con tondini in acciaio inox rivestiti da tubo in plastica (fig. 9.51-1).

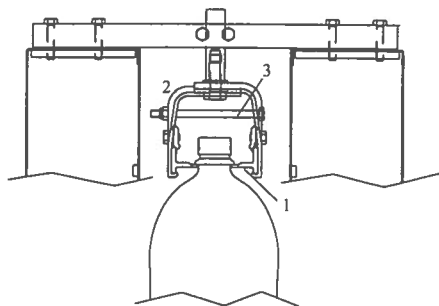


Fig. 9.50 - Guida collo contenitore.

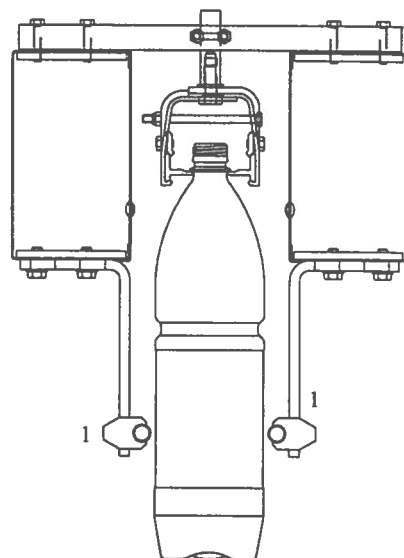


Fig. 9.51 - Guida fissa corpo contenitore.

Per diversi formati si può adottare il sistema di regolazione manuale. Tramite un volantino (fig. 9.52-1) si allentano le staffe portaguide (fig. 9.52-2) e si spostano verso l'interno o l'esterno in relazione al diametro del contenitore che si vuol lavorare.

Per linee di trasporto ad aria molto lunghe si possono adottare guide registrabili mediante un sistema pneumatico (fig. 9.53-1) che consente la regolazione automatica delle guide sempre in funzione del diametro dei contenitori da lavorare.

Supporti

Sono costituite da tubolari in acciaio inox (fig. 9.54-1) e da piedi d'appoggio stampati con materiale antisdrucchiolo (fig. 9.54-2).

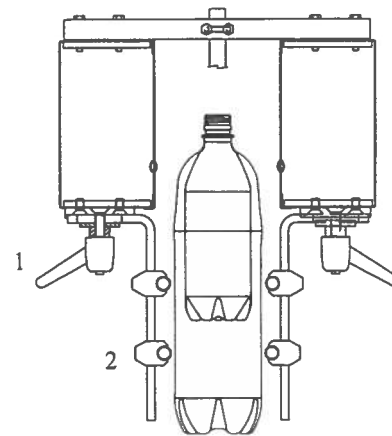


Fig. 9.52 - Guide corpo contenitori con regolazione manuale.

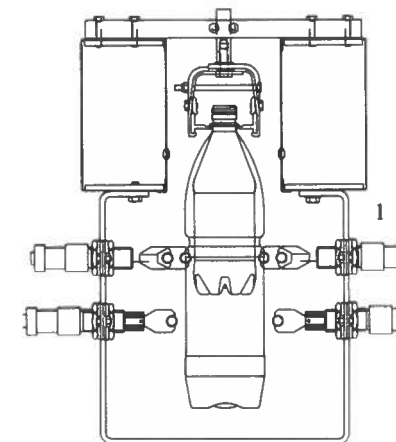


Fig. 9.53 - Guide corpo contenitori con regolazione automatiche.

In ingresso e in uscita alle macchine viene realizzato invece un sistema che consente la regolazione in altezza del trasportatore per il cambio formato contenitore (fig. 9.55).

Agendo sul volantino in senso orario-antiorario (fig. 9.55-1) si modifica l'altezza del trasportatore da terra e di conseguenza l'altezza del fondo contenitore rispetto al trasportatore di ingresso o di uscita della macchina.

Il sistema è costituito da una coppia di corone dentate (fig. 9.55-2) collegate fra loro mediante una catena (fig. 9.55-3) che agiscono su due viti (fig. 9.55-4) modificando la posizione dei trasportatori.

Funzionamento dei trasportatori ad aria

I trasportatori ad aria sono costituiti da una struttura a doppia camera in acciaio inox di grande sezione (fig. 9.56-1) che distribuisce uniformemente il flusso su tutta la lunghezza del trasportatore.

I contenitori vengono supportati nella parte inferiore dell'anello sottobaga (fig. 9.56-2) mediante profilati (fig. 9.56-3) e spinte dal flusso d'aria che agisce sulla spalla dei contenitori (fig. 9.56-4).

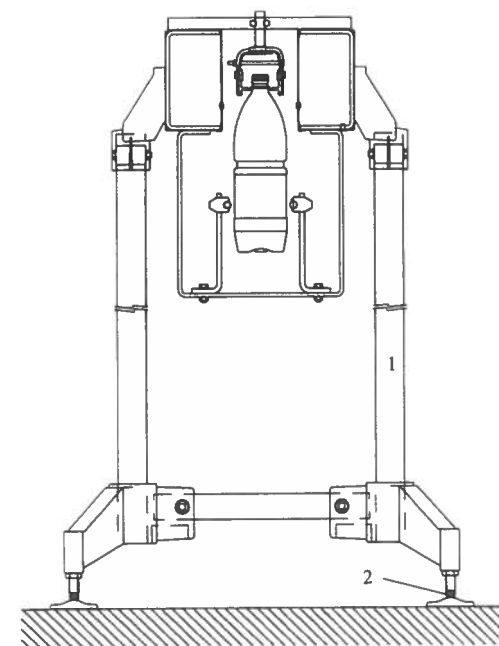


Fig. 9.54 - Struttura di sostegno del trasportatore.

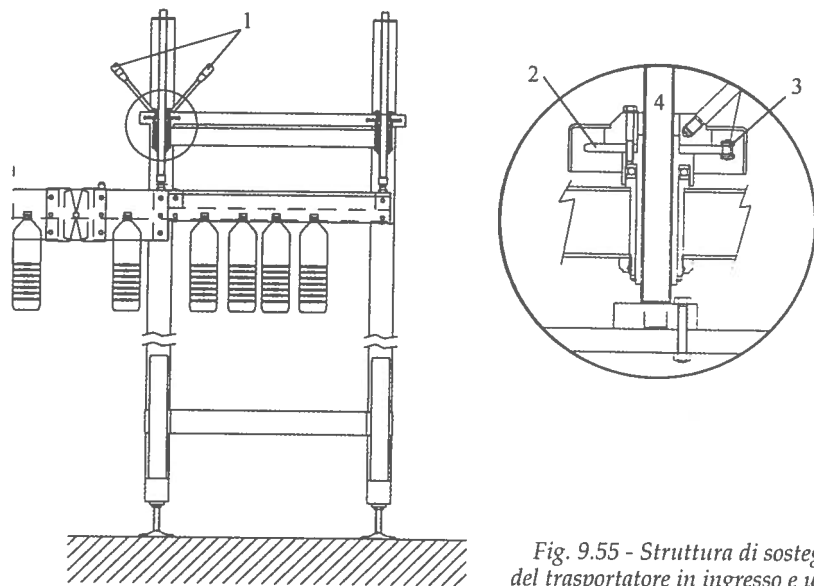


Fig. 9.55 - Struttura di sostegno del trasportatore in ingresso e uscita.

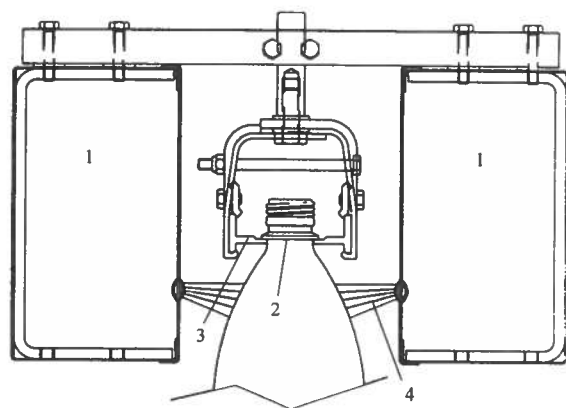


Fig. 9.56 - Sezione del trasportatore.

Questo sistema consente di ridurre le possibilità di inquinamento all'interno dei contenitori e favorisce l'avanzamento in posizione perpendicolare alle guide.

Considerando infatti il peso dei contenitori e l'attrito sulle guide, la spinta sostanzialmente agisce sul baricentro del contenitore.

Il sistema di regolazione del flusso d'aria permette di variare automaticamente o manualmente le quantità d'aria soffiata, affinché i contenitori avanzino ad una velocità ottimale, evitando inciampi e sbattimenti rumorosi.

Ogni ventilatore è dotato di serranda con due valvole a farfalla (fig. 9.57-1) che regolano il flusso d'aria nei tratti del canale di distribuzione.

Quando la regolazione del flusso d'aria è automatica, il sistema di valvole è regolato da un PLC in funzione del carico di contenitori presenti in ogni singolo tratto del trasportatore. Ogni tratto viene infatti dotato di una fotocellula che distingue il passaggio di contenitori "a pacco" dal passaggio di contenitori "distanziati", cosicché il PLC automaticamente provvede a posizionare la valvola a farfalla rispettivamente nella posizione di massimo o di minimo flusso.

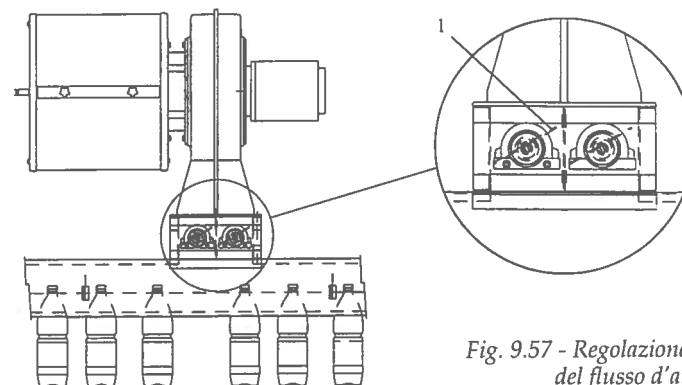


Fig. 9.57 - Regolazione automatica del flusso d'aria.

In questo modo si ottiene la formazione di treni di contenitori e conseguentemente la riduzione della rumorosità (circa 34 decibel in meno) e dei costi d'esercizio di filtri e di potenza richiesta.

Nelle linee di trasporto occorre a volte riunire oppure dividere i contenitori su una o più file. Tali operazioni vengono effettuate da dispositivi denominati divisori (fig. 9.58a) e riunitori contenitori (fig. 9.58b).

Questi dispositivi possono lavorare o in manuale o in automatico. In automatico il controllo del flusso delle bottiglie viene regolato da un PLC.

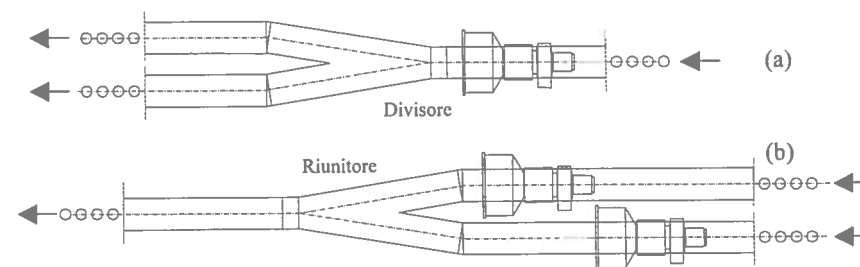


Fig. 9.58 - Particolare divisore-riunitore.

9.4.2. I trasportatori per pallet, cartoni, casse, fardelli e cluster pack

I trasportatori per gli imballaggi secondari e i pallet vuoti e confezionati possono essere ricondotti a tre tipologie: a nastro, a rulli (folli, a frizione, motorizzati) e a catene.

I trasportatori a nastro, sono utilizzati per il convogliamento in orizzontale o per il collegamento di linee disposte a diversa quota (figg. 9.59 e 9.60) e vengono normalmente impiegati per movimentare prodotti confezionati con carico concentrato ridotto.

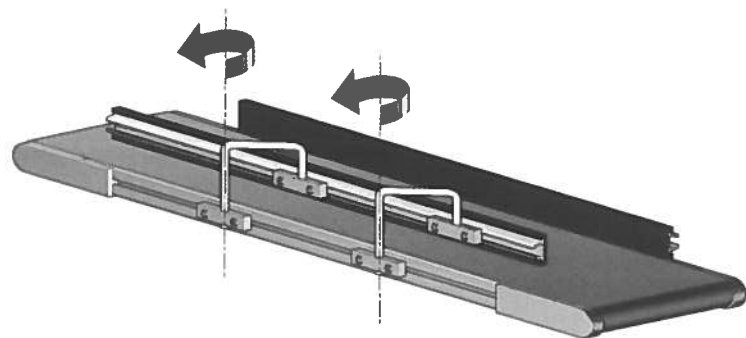


Fig. 9.59 - Trasportatore a nastro per il convogliamento in orizzontale.

I trasportatori a rulli (fig. 9.61) sono costituiti quasi sempre in acciaio, con diversi passi, e sono adatti per il trasporto di prodotti con peso e forma piuttosto impegnativi. Linee a rulli vengono impiegate prevalentemente con funzioni di magazzino di sosta temporanea e per il collegamento e rifornimento di postazioni di lavoro e macchine.

I trasportatori a nastro su rulli sono i più indicati per convogliare forti carichi sia distribuiti sia concentrati. Il nastro scorre su rulli per impiegare una bassa potenza, anche per carichi notevoli, su percorsi orizzontali o inclinati.

I trasportatori a nastro

Questo sistema offre molteplici possibilità di combinazione. Infatti si hanno trasportatori a nastro orizzontale, trasportatori a nastro con tratto di raccordo e tratto di salita (con una pendenza superiore a 15°) e trasportatori a nastro con tratto in salita (con pendenza inferiore a 15°). I trasportatori a nastro vengono costruiti secondo moduli di lunghezza standard.

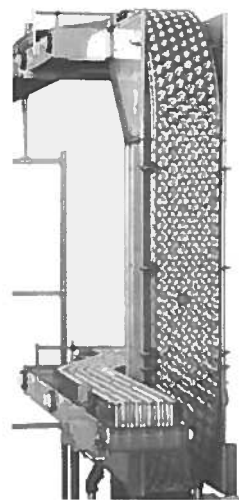


Fig. 9.60 - Trasportatore a nastro di tipo magnetico.

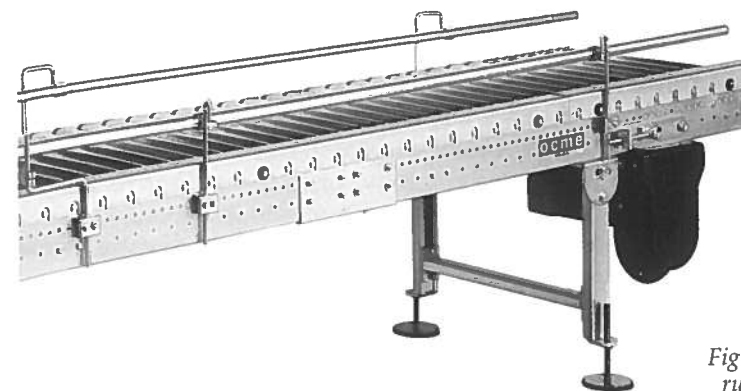


Fig. 9.61 - Trasportatore a rulli trainati da catena.

I vari moduli vengono uniti tramite viti e possono essere completati con guide laterali, deflettori, espulsori e simili. La trave portante è generalmente in lamiera di acciaio sagomata, oppure in lamiera di acciaio inossidabile; i nastri sono, seppure con diversa qualità ed esecuzione, a scivolamento su telaio; la stazione motrice-tenditrice può essere equipaggiata con motoriduttore oppure con mototamburo; il tamburo di ritorno e i rulli di ritorno nastro sono muniti di cuscinetti stagni autolubrificanti.

Per quanto riguarda i rulli che equipaggiano i trasportatori a nastro, esistono sul mercato rulli in acciaio, d'impatto e di ritorno con anelli e pulitori da 300 a 2000 mm, rulli in plastica anticorrosione, tamburi di comando e di rinvio in diverse esecuzioni con diametro da 200 a 1250 mm. Ritornando ai sistemi a nastro, per i quali sono previste velocità dell'ordine di $0,1 \div 1$ m/s, è da osservare che con combinazioni adatte possono praticamente essere realizzate tutte le lunghezze. Basandosi sulle indicazioni fornite dagli utilizzatori, le aziende produttrici sono in grado di provvedere, caso per caso, alla combinazione ottimale.

Alcuni aspetti positivi che riguardano le caratteristiche tecniche dei trasportatori a nastri sono:

- *presenza di snodi articolati* - la possibilità di regolazione fino a 15° consente un sicuro raccordo tra il tratto di salita e quello orizzontale. L'angolo di inclinazione può essere regolato a seconda delle caratteristiche di disegno e di impiego;
- *guide laterali* - impediscono ai colli di cadere lateralmente, in conformità alle norme vigenti di sicurezza riguardanti i trasportatori sopraelevati;
- *trasferimento a 90°* - il trasbordo diretto da nastro a nastro elimina gli elementi di congiunzione. L'asse di trasporto dei colli rimane stabile e questo fatto è determinante per i colli recanti il codice di destinazione. Il braccio di trasferimento mobile esterno ed il rullo di rinvio interno garantiscono un passaggio continuo e sicuro.

Ulteriori ottime caratteristiche dei trasportatori a nastro sono la silenziosità di funzionamento, la robustezza di costruzione, l'utilizzazione nei più svariati e differenti campi. Esistono infatti versioni speciali per l'impiego in condizioni particolarmente difficili, come ad esempio nelle industrie chimiche, nelle industrie alimentari, in ambienti umidi.

Generalmente, per la scelta delle soluzioni più economiche per risolvere un problema complesso di trasporto merci, è necessaria un'accurata pianificazione. Molte aziende costruttrici hanno a disposizione esperti per la scelta del sistema e la progettazione del dettaglio di tali impianti. È infatti questo un lavoro per specialisti.

I trasportatori a rulli

Anche i rulli, come i nastri, possono trasportare contenitori di varia foggia e peso: casse, pacchi, scatole, merci non imballate con superficie piana ecc.

I vantaggi principali che offrono i rulli e quindi il derivato sistema di trasporto, sono:

- ampliabilità del sistema,
- flessibilità nel tracciato.

Per quanto concerne le caratteristiche tecniche, i rulli sono dotati di una struttura robusta per cui possono tollerare un ampio sovraccarico ed essendo di semplice montaggio, possono essere assemblati dallo stesso utilizzatore.

Inoltre si possono facilmente applicare elementi ausiliari, come sostegni regolabili, guide laterali, fermi di estremità, settori ribaltabili e simili.

La struttura è costituita da un profilo portante, piegato e forato per l'alloggio degli assalettati dei rulli, da assalettati con le estremità fresate per il montaggio dei collegamenti trasversali a mezzo di distanziali e vite d'ancoraggio. Il corpo del rullo è composto da un tubo di acciaio speciale trafilato senza saldatura e cuscinetti a sfera speciali, montati da ambedue i lati, in maniera che la rotazione sia silenziosa. Anche con i rulli, come per i nastri, è possibile formare delle curve. L'unica differenza è che in questo caso vengono utilizzati rulli portanti a due file (o rulli conici), in modo da permettere una migliore inclinazione e un regolare funzionamento. Le curve possono essere fissate all'estremità di un tratto dritto di elementi normalizzati, oppure inserite tra di loro.

Esistono in commercio i rulli folli, estremamente facili da montare ed utilizzare. Sono considerati sistemi a montaggio rapido (fig. 9.62) e per realizzare un trasportatore se ne deve solo segnalare al fornitore la lunghezza occorrente e la relativa larghezza.

L'elemento standard, nelle dimensioni di 1500/3000 mm, viene utilizzato per formare linee orizzontali per la movimentazione a spinta di unità di carico pesanti. Passi diversi tra i rulli (che possono avere diametri di 48-60-76 mm) consentono di adattare il trasportatore alle diverse esigenze.

Gli elementi a rulli folli possono essere sistemati a terra o su sostegni di adeguata robustezza.

Far traslare lungo un percorso prestabilito un carico palettizzato spinto manualmente su un trasportatore a rulli folli, è un'operazione usuale e comunemente praticata. Però con i normali trasportatori a rulli questo tipo di operazione presenta alcuni inconvenienti. Tra i più frequenti, ricordiamo:

- la difficoltà di immobilizzare il carico lungo il percorso del trasportatore, specialmente se il carico si trova sopra un camion in movimento;
- possibilità di incidenti dovuti sia a carichi non immobilizzati, sia alla possibilità di «inciampare» sulle parti sporgenti del trasportatore,

Per eliminare totalmente gli inconvenienti connessi ai trasportatori a rulli normali, in modo particolare quelli sopra citati, e sfruttare nel modo più conveniente i vantaggi derivanti dalla possibilità di far traslare un carico su rulli, è stata costruita una serie di trasportatori con sollevamento e abbassamento pneumatico dei rulli. Questo tipo di trasportatore è particolarmente adatto alla movimentazione di ogni tipo di carico voluminoso o palettizzato.

I vantaggi di questo sistema sono notevoli e molteplici:

- nessun ingombro in altezza, perché i trasportatori vengono incassati nel pavimento o nel pianale dei veicoli,
- peso ridotto, a parità di robustezza, perché quasi tutti i componenti sono in lega di alluminio,
- vantaggi notevoli nelle operazioni di carico e scarico perché, scorrendo i carichi su due corsie a rulli, non hanno bisogno di ulteriori e costosi mezzi di sollevamento e trasporto,
- massima sicurezza perché, ultimato il trasporto dei carichi, i rulli vengono abbassati sotto il livello del piano e i carichi restano bloccati per tutta la loro superficie assicurando, così, la massima stabilità sia in fase di sosta sia di trasporto.

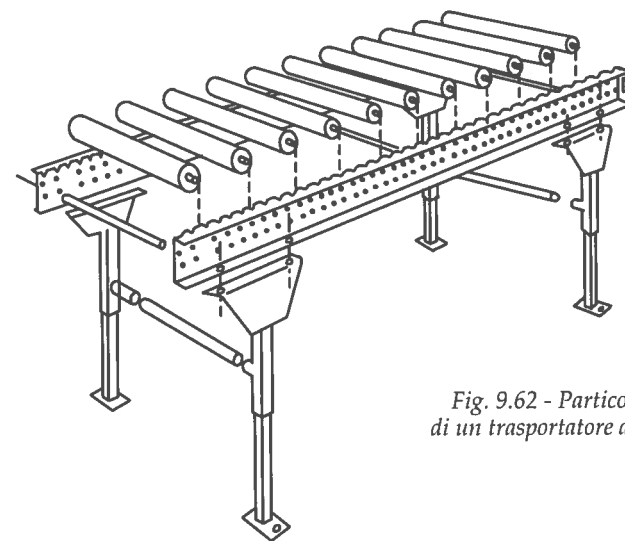


Fig. 9.62 - Particolare di un trasportatore a rulli.

I trasportatori a rulli motorizzati (fig. 9.63) sono particolarmente indicati per il trasporto di prodotti che per forma e peso non sono facilmente manovrabili su altri tipi di trasportatori. I rulli, oscillanti nelle loro sedi, sono sempre a contatto del nastro o delle cinghie che li motorizzano.

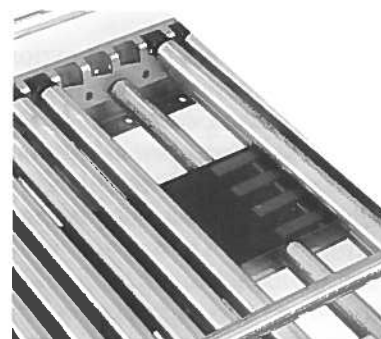
Per la realizzazione di linee motorizzate di sistemi autonomi di trasporto pesante si utilizzano diverse soluzioni:

- a) *trasportatori a rulli motorizzati da nastro*. Il nastro scorrendo sotto i rulli trasmette il movimento agli stessi, che a loro volta fanno avanzare il carico sulla linea;

- b) *trasportatori a rulli motorizzati da catena*. La catena scorre tangenzialmente sui rulli, ingranando i pignoni dentati montati all'estremità degli stessi. I pallet possono essere convogliati in senso longitudinale e si possono realizzare curve fino a 180°;
- c) *trasportatori a rulli a catene parallele portanti*. Sono realizzati con due o più serie parallele di catene portanti che scorrono su apposite guide. I pallet vengono convogliati in senso trasversale.



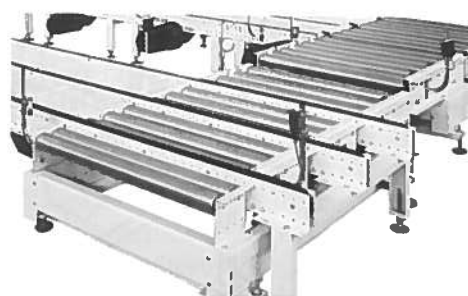
Rulli trainati da cinghia piana



Rulli trainati da nastro



Rulli trainati da cinghia dentata



Trasportatore a catena con rulliera dotata di dispositivo di sollevamento motorizzato

Fig. 9.63 - Trasportatori a rulli motorizzati.

Meccanismi deviatori

Trattasi di dispositivi o congegni che fisicamente rimuovono l'oggetto dal trasportatore in un raccoglitore, in un altro nastro trasportatore oppure in uno scivolo a canale, in direzioni di una o più stazioni.

Tali meccanismi automatici possono essere classificati in dispositivi deviatori, dispositivi che spingono al largo, respingono o rovesciano i materiali. Ci sono significative differenze tra i vari gruppi, sia per il costo sia per l'esecuzione.

Deflectors (fig. 9.64)

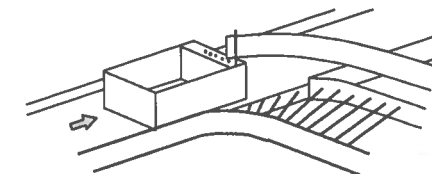
Possono essere sia a posizione fissa, sia a braccia mobili; possono consistere in dispositivi deviatori divisi, che alzano d'improvviso dal basso il trasportatore oppure lo abbassano al di sotto del normale livello.

Tutti i dispositivi hanno una caratteristica comune: sono in posizione prima che l'oggetto da selezionare raggiunga l'uscita di scarico e agiscono fisicamente da blocco del tragitto sul trasportatore smistante. I dispositivi a posizione fissa e la maggior parte di quelli a braccio mobile non sono in sincronismo con il trasportatore, e quindi possono essere usati con qualsiasi tipo di essi; richiedono poca energia e possono essere montati e smontati con relativa facilità.

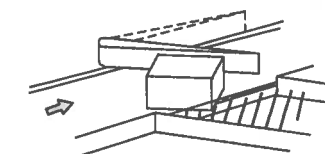
Push-off (meccanismo a spinta) (fig. 9.65)

Si basa sul movimento di piccoli «arieti», oppure di strutture poligonali dette «arieti», che favoriscono il movimento verso la direzione programmata.

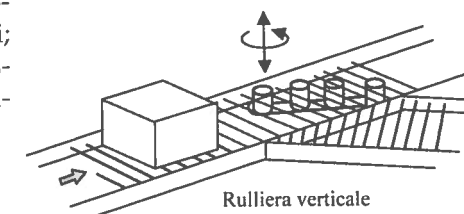
Il movimento dell'ariete deve essere attentamente predisposto in modo che, incontrando l'oggetto, gli conferisca direttamente la spinta.



Per elementi dotati di sistema di presa

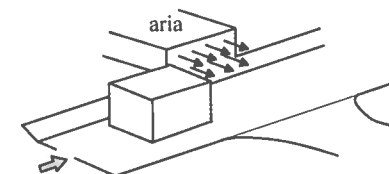


Braccio di deviazione girevole

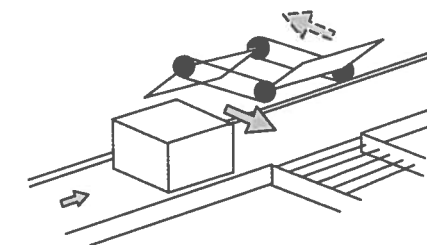


Rulliera verticale

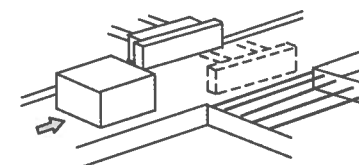
Fig. 9.64 - Alcuni esempi di dispositivi deviatori (deflectors).



Deviazione mediante flusso di aria



Deviazione mediante rotazione



Deviazione a pistone

Fig. 9.65 - Alcuni esempi di meccanismi a spinta (Push-off).

Anche questo sistema, salvo poche eccezioni, non è collegato con il trasportatore e perciò può essere facilmente adattato ad altri meccanismi. Può inoltre facilmente essere montato o posizionato fornendo all'impianto energia elettrica oppure pneumatica. Per effettuare la spinta, l'ariete deve muoversi verso il trasportatore, poi velocemente ritornare indietro e prepararsi per operare sull'oggetto successivo. Per quanto riguarda il trasferimento di oggetti leggeri, il meccanismo prevede un sistema ad azionamento pneumatico.

I push moventi possono essere montati alla fine di un comune braccio che gira con un perno verso il centro. Quando una pala si è spostata dall'altra parte del trasportatore, la seconda è in posizione per la successiva operazione.

Drive-off (meccanismi di guida) (fig.9.66)

Sono quelli che alzano leggermente al di sopra del trasportatore l'oggetto per portarlo al di fuori del nastro e dei rulli verso la direzione stabilita. Questi sistemi possono essere usati con rulli o con trasportatori a catena, ma difficilmente con altri meccanismi di trasporto perché, montati al di sotto del trasportatore devono risultare, nella parte superficiale del sistema, leggermente più elevati per caricare il collo e dirigerlo nel verso desiderato; inoltre devono essere installati con precisione nel mezzo tra due rulli o comunque nel mezzo di qualsiasi struttura di movimentazione. Tuttavia un sistema a drive-off può costituire un raccordo tra due differenti tipi di trasportatori.

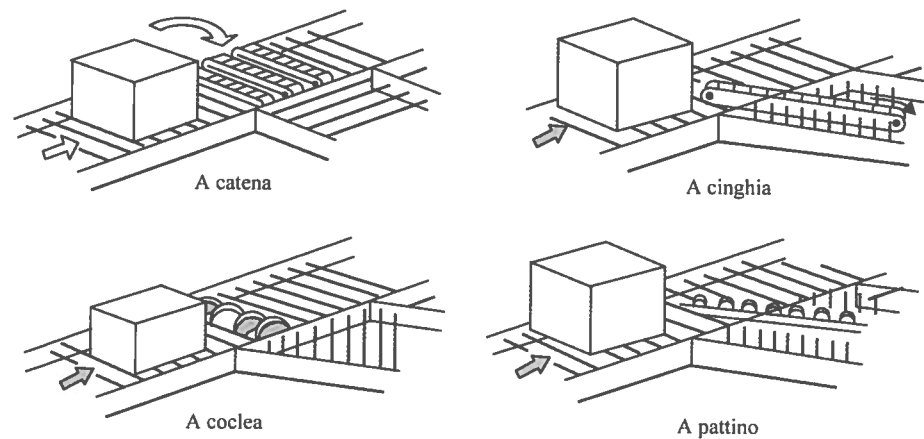


Fig. 9.66 - Alcuni esempi di drive-off (meccanismi di guida).

Tilting (meccanismi inclinanti)

Sono composti da strutture incorporate nel nastro o nei rulli che si alzano completamente per tutta la larghezza del trasportatore facendovi scivolare l'oggetto da trasportare. Ve ne sono di diverse forme di cui la più semplice è completamente meccanica, mentre la maggior parte è elettromeccanica.

Le variazioni possono riguardare i sollevamenti delle differenti parti di cui è composto il trasportatore, e addirittura anche il sollevamento dei rulli stessi che compongono la base del sistema, i quali, una volta effettuata la spinta, tornano nella posizione normale.

Sistemi di controllo

Recentemente si sono sviluppate branche applicative dei controlli automatici per la progettazione e la realizzazione di sistemi di controllo orientati alla movimentazione di fabbrica mediante microelaboratori e reti di comunicazione e dei relativi software.

Ai convogliatori, infatti, è viepiù richiesto di funzionare come elementi attivi nelle linee di confezionamento alimentare e non come semplici buffer di accumulo dimensionati per sopperire ad eventuali inefficienze o guasti delle singole macchine.

Tale concetto comporta una gestione degli stessi in modo sicuramente diverso rispetto alla tradizionale visione di singole corsie di contenitori. L'impianto diventa un'unica entità governata da regole non più e solo strettamente legate ad una situazione puntuale di classici fincorsa e fotocellule di troppo pieno e/o di vuoto, ma influenzata soprattutto dalla qualità dei contenitori, dai volumi di prodotto finito presenti nei magazzini, dalle richieste del mercato e dal numero e dalla disposizione dei contenitori sui nastri convogliatori.

Il mix di tutte queste informazioni permette di effettuare regolazioni non più on-off ma modulate, che possano ottimizzare il rendimento e i consumi dell'impianto.

Ulteriori esigenze sono sicuramente la flessibilità, una più approfondita diagnostica in campo per accelerare il trouble-shooting e la pulizia di cablaggio lungo l'impianto. La risposta elettronica a queste esigenze è l'utilizzo in modo estensivo delle reti industriali, che consentono di ridurre le dimensioni dei quadri elettrici e di comunicare molte informazioni di svariata natura.

Tali tecnologie permettono di controllare in tutte le loro componenti i convertitori di frequenza (vedi i comandi di start-stop, assorbimenti, rampe di accelerazione e decelerazione) in modo da effettuare regolazioni più sofisticate.

Il concetto tipo di dispositivo è chiaramente esemplificato nei trasportatori ad aria, dove l'utilizzo di pressostati permette di controllare la corretta velocità degli inverter.

L'utilizzo degli inverter "a bordo motore", oltre che ridurre l'ingombro dei quadri, permette di gestire l'impianto sia in fase di manutenzione sia di eventuale modifica, in maniera efficiente e flessibile.

9.4.3. I trasportatori a tapparelle per gli imballaggi secondari per prodotti a perdere

Per questi imballaggi si rilevano interessantissimi i trasporti a tapparelle.

La struttura dei trasportatori varia a seconda del tipo di catena utilizzata per la movimentazione dei fardelli-cartoni oppure cluster.

Per il trasporto di fardelli-cartoni-cluster è indicata la catena in delrin⁴ a tapparelle o rullini (fig. 9.67).

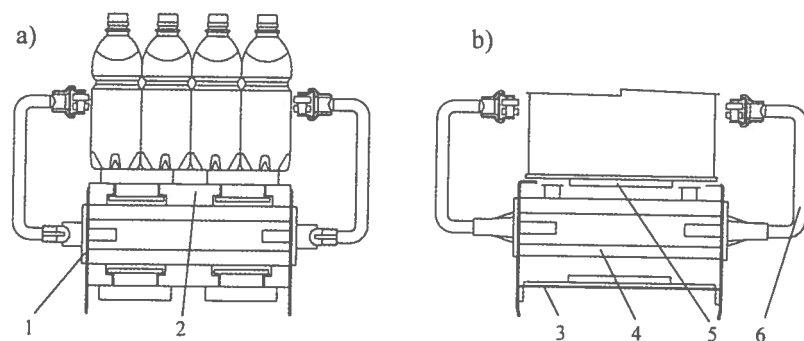


Fig. 9.67 - Struttura con catena.

a) catena a tapparelle per struttura rettilinea; b) catena a rullini in curva; 1) Fiancate rettilinee e curvilinee in acciaio inox AISI 304; 2) Profilo scorrimento catena in polietilene ad alta densità; 3) Rulli di ritorno catena montati su fermi in acciaio; 4) Distanzieri in acciaio inox; 5) Catena/e; 6) Guide.

Per i trasportatori fardelli-cartoni sono indicati i rulli folli su catena (fig. 9.68).

La testata motorizzata (catena in delrin a tapparelle o rullini) si presenta come in fig. 9.69.

La testata motorizzata (rulli folli su catena) è riportata in fig. 9.70.

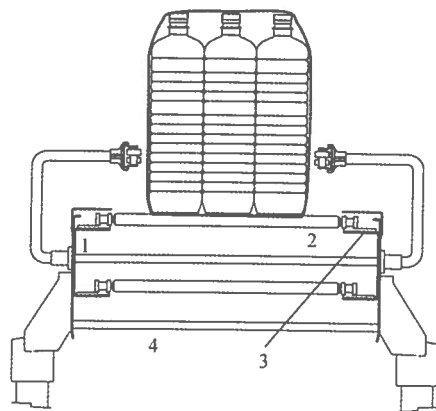


Fig. 9.68 - Struttura con rulli.
1) Fiancate rettilinee in acciaio inox; 2) Rulli in acciaio zincato con asse sfilabile; 3) Guide scorrimento catena in polietilene ad alta densità; 4) Distanzieri in acciaio inox.

⁴ Il delrin (polimetilenoossido) è una resina termoplastica adatta ad applicazioni industriali, in particolar modo quando è necessario un basso coefficiente di attrito. Esso è un prodotto estruso di resine poliammidiche adatto al contatto con prodotti alimentari, con elevati valori di resistenza meccanica e resistenza all'usura. Possiede anche ottime caratteristiche e buona resistenza chimica ai composti organici. È particolarmente indicato nella costruzione di ingranaggi, pignoni, boccole di scorrimento, dischi a camme, slitte e guide, supporti, paracolpi, rulli, snodi, carrucole, guarnizioni e simili.

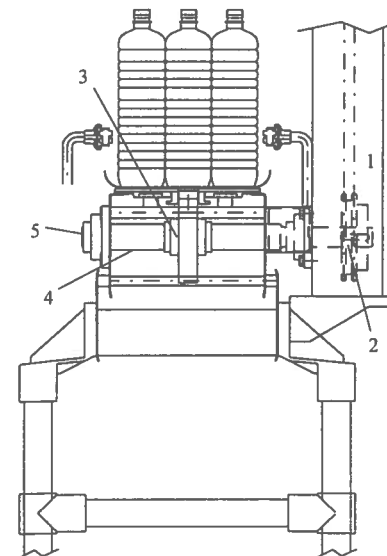


Fig. 9.69 - Testata motorizzata trasportatori con catena tapparelle-rullini.
1) Scatola porta motoriduttore; 2) pignoni di comando con catena duplex e relativo tenditore, 3) albero in acciaio inox dimensionato in base alla lunghezza e al peso dei fardelli-cartoni-cluster da trasportare; 4) ruota di traino in nylon caricato; 5) supporti autoallineanti con protezioni ed ingrassatore.

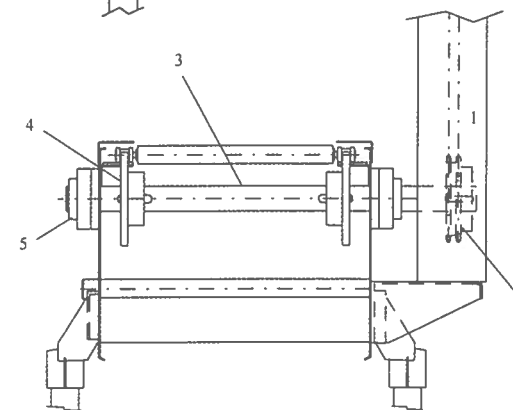


Fig. 9.70 - Testata motorizzata rulli folli.

1) Scatola porta motoriduttore; 2) Pignoni di comando con catena duplex e relativo tenditore; 3) Albero in acciaio inox, dimensionato in base alla lunghezza ed al peso dei fardelli - cartoni cluster da trasportare; 4) Ruote di traino in nylon caricato; 5) Supporti del tipo autoallineanti con protezioni ed ingrassatore.

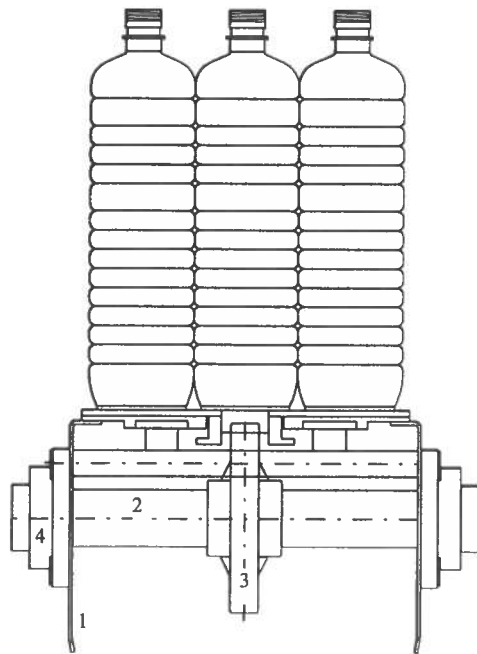


Fig. 9.71 - Testata folle trasportatori con catena tapparelle/rulli.

1) Fiancate in acciaio inox; 2) Albero rettificato e bonificato; 3) Ruota folle in poliammide; 4) Supporto del tipo autoallineante con protezione ed ingrassatore.

La testata folle per catena in delrin a tapparelle o rullini è rappresentata in fig. 9.71.

La testata folle con rulli folli su catene è rappresentata in fig. 9.72.

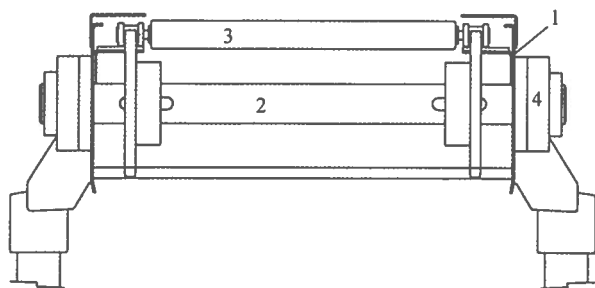


Fig. 9.72 - Testata folle per trasportatori con rulli folli.

1) Fiancate in acciaio inox; 2) albero in acciaio inox rettificato e bonificato; 3) rulli folli in acciaio; 4) supporti del tipo autoallineanti con protezione ed ingrassatore.

La motorizzazione è riportata in fig. 9.73.

Il motore dotato di scatola porta-motoriduttore viene montato direttamente sopra il trasportatore stesso. Oppure può essere montato direttamente sull'albero con staffe antirotazione comandato da variatore di frequenza (fig. 9.74).

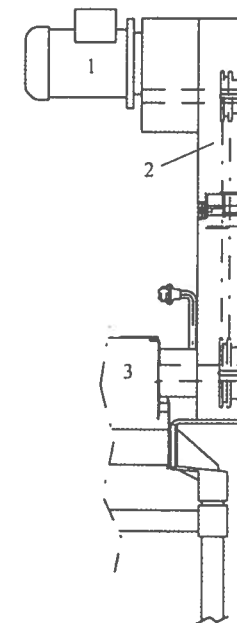


Fig. 9.73 - Motorizzazione a rinvio con scatola.

1) Motoriduttore; 2) scatola portamotoriduttore; 3) trasportatore.

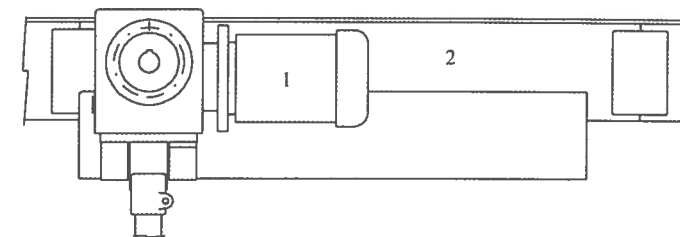


Fig. 9.74 - Motorizzazione diretta. 1) Motovariatore; 2) Trasportatore.

Le guide (fig. 9.75)

Nei tratti di trasportatori curvilinei si adottano guide laterali con tondini in acciaio inox.

Nei tratti di trasporto rettilinei dove è previsto l'accumulo di fardelli o cartoni nell'eventualità di una fermata della macchina a volte si adottano guide di contenimento a rullini (fig. 9.76).

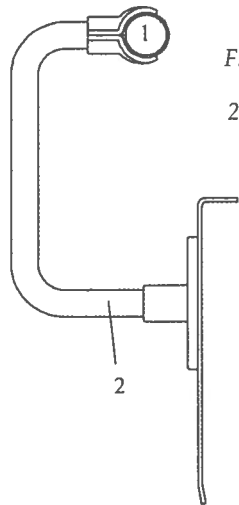


Fig. 9.75 - Guide per tratti curvilinei.
1) Tubo in acciaio inox;
2) supporto in acciaio inox stampato.

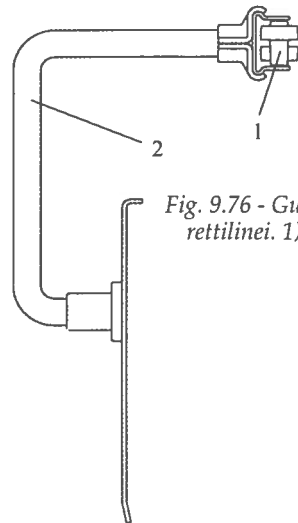


Fig. 9.76 - Guide con rullini per tratti rettilinei. 1) Rullino; 2) supporto.

Supportazioni

Le supportazioni sostengono il peso dei trasportatori e vengono eseguite in base alle tipologie dei trasporti stessi. Sono costituite da tubolari in acciaio inox e da piedi d'appoggio stampati in acciaio inox con materiali antisdruc-ciolo.

Il funzionamento dei trasportatori per fardelli e cluster

I trasportatori per fardelli e per cluster sono normalmente comandati da motori a velocità fissa. Anche in questo caso le fermate avvengono in sequenza a seconda dell'accumulo.

I nastri a catena in genere in plastica non possono accumulare e pertanto si fermano quando si ferma il motore a valle. I motoriduttori possono essere montati sopra il nastro attraverso una scatola con un rinvio meccanico, oppure al fianco del nastro, direttamente sull'albero.

Spesso gli impianti di trasporto sono corredati da un sinottico dei trasporti a catena. Questo permette di controllare il funzionamento dei segmenti di trasporto o con una serie di led o con un PC di supervisione.

Alcuni motori possono essere pilotati da inverter. In questo caso il trasporto viene sincronizzato con la macchina a valle o a monte.

I tratti di trasportatori curvilinei montano sempre una catena in plastica a tapparelle. I tratti di trasportatore rettilinei sono dotati invece di una catena in

plastica con rullini, oppure rulli folli su catena, che permettono l'accumulo di fardelli quando la macchina a valle è ferma.

9.4.4. La logistica di fine linea

Prendiamo a riferimento la parte terminale di una linea di confezionamento per bottiglie a rendere su unità di carico palettizzate che si presenta come in fig. 9.77 e si riferisce ad un impianto da 48.000 bott./h da 0,33 l in vetro di ritorno abbastanza completo.

Nel caso specifico il fine linea si presenta come un "packing sistem" versatile che, con risposta alla richiesta in tempo reale, è in grado di fornire le seguenti prestazioni:

Le bottiglie piene possono essere trasferite dalle casse contenenti 30 bottiglie ad "espositori display" contenenti 54 bottiglie.

Allo stesso tempo è possibile manipolare due tipi di espositori da un quarto di pallet (400 x 600 mm).

Le bottiglie vuote di ritorno vengono trasferite dagli espositori a casse che vengono sistemate su euro pallett.

Queste prestazioni del fine-linea sono possibili grazie all'utilizzo di robot, ma in ogni caso nasce il problema del trasferimento dei carichi palettizzati ai magazzini di stoccaggio o alle baie di carico fig. 9.78.

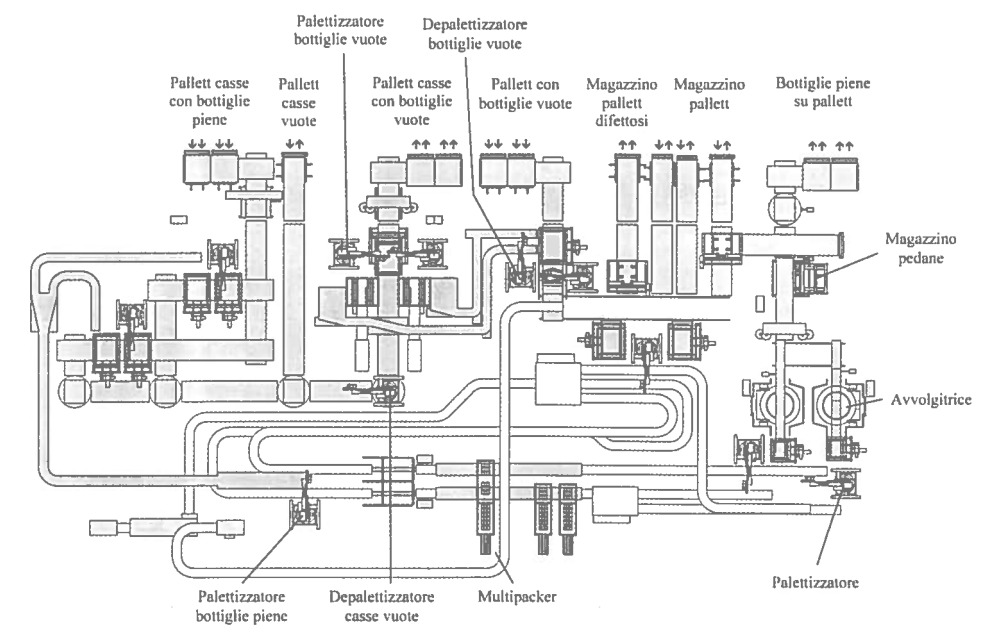


Fig.9.77 - Fine linea a rendere "Packing System".

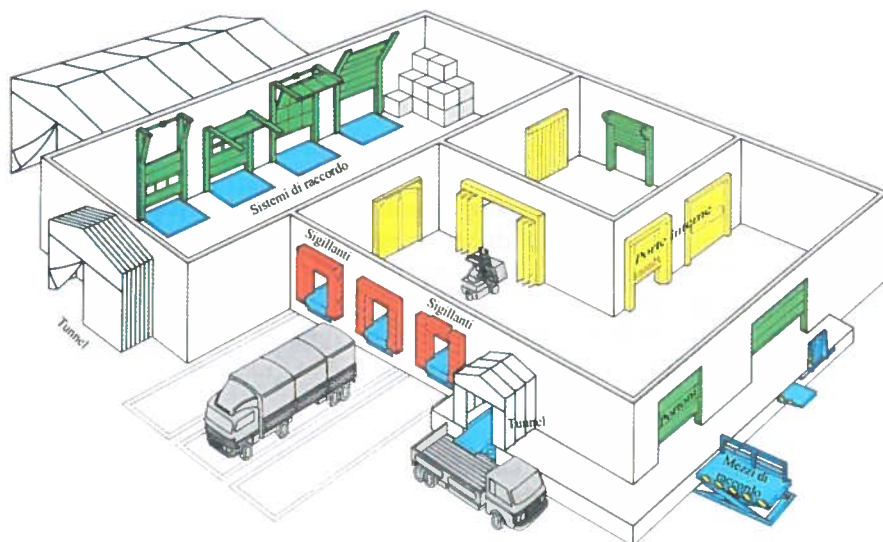


Fig. 9.78 - Baie di carico.

Nel caso del trasporto delle unità palettizzate con i tradizionali carrelli elevatori a semplice e a doppia forca ovvero con transpalletts (fig. 9.79), il loro stoccaggio intermedio e il successivo prelevamento selettivo per il carico degli automezzi diventa un'operazione complessa e costosa.



Fig. 9.79 - Carrelli elevatori e transpallett (Linde).

Quindi si ricorre a tecnologie di trasferimento, stoccaggio e manipolazione di pallet altamente specializzate ovvero a logistiche interne avanzate, che prevedono sistemi di stoccaggio e movimentazione integrati e automatizzati. Entriamo in questo caso nell'ambito dei cosiddetti magazzini automatici, per i quali si rimanda alla ampia ed esaustiva bibliografia specializzata costantemente aggiornata.

9.5. MEZZI DI ESERCIZIO E SISTEMI LOGISTICI TRADIZIONALI

Il pallet

La base della logistica moderna, è il caso di sottolinearlo, è un elemento normato costruito generalmente in legno, chiamato pallet o paletta.

Il pallet è sicuramente l'imballaggio terziario più diffuso per lo stoccaggio, la movimentazione e la distribuzione delle merci di largo consumo: secondo la UNI ISO 445 è una piattaforma orizzontale caratterizzata da un'altezza minima compatibile con la movimentazione tramite carrelli, transpallet e/o carrelli elevatori a forche e altre appropriate attrezzature di movimentazione, impiegata come supporto per la raccolta, l'immagazzinamento, la movimentazione ed il trasporto di merci e di carichi. Principalmente in legno massiccio, può essere realizzato anche in legno pressato, metallo, cartone ondulato, plastica.

Il pallet, unitamente agli imballaggi primario e secondario e alle attrezzature di movimentazione, di carico e di movimentazione dei materiali, contribuisce a proteggere il prodotto durante il viaggio, facilitandone il trasporto e lo stoccaggio⁵.

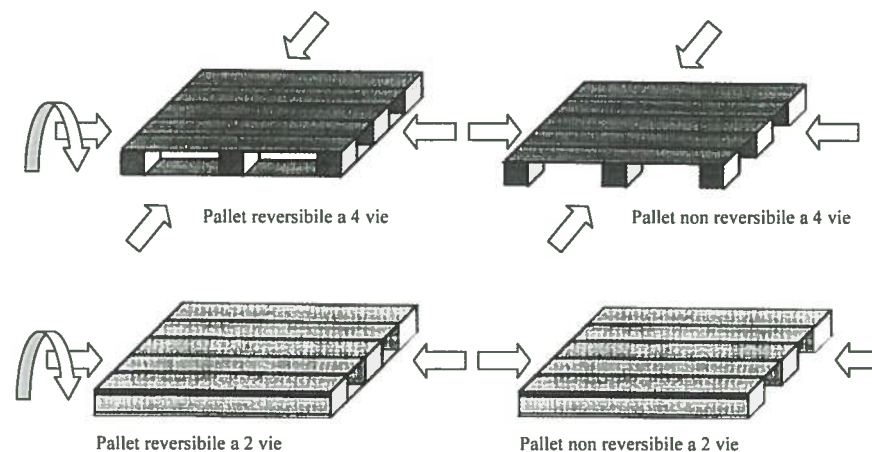


Fig. 9.80 - Confronto tra pallet reversibili e non reversibili a 4 e 2 vie.

⁵ Cfr. Pareschi, Persona, Ferrari, Righattieri. Logistica integrata e flessibile. Progetto Leonardo. Ed. Bologna 2002.

Il pallet ha avuto un notevole successo come unità di carico per il suo ruolo di collegamento flessibile tra imballaggio e mezzi di movimentazione e trasporto: ciò lo rende perciò adatto alle esigenze della catena logistica (fornitori, produttori industriali, società di servizi e distributori). Come in altri settori, anche per il pallet la spinta verso la standardizzazione ha portato ad una riorganizzazione in un contesto alquanto confuso; inoltre il progetto del pallet deve essere correlato ai cambiamenti degli imballaggi e alla evoluzione delle attrezzature di sollevamento e movimentazione del carico dei materiali.

Esistono diversi tipi di pallet con dimensioni unificate riportate nella **tab. 9.XVIII**.

Il pallet oggi in uso è il risultato di un faticoso lavoro, durato alcuni decenni. Il nome "pallet" sembra risalire all'ultimo conflitto mondiale, quando sarebbe stato usato per indicare la base di sostegno dei materiali bellici alleati, ammassati in Inghilterra, destinata alla loro movimentazione e stoccaggio per lo sbarco in Normandia. A metà degli anni '50 risale la prima proposta avanzata dalle ferrovie austriache OBB costituita da un modello comune, da 800x1200 a quattro vie non reversibile, già in uso presso le vicine ferrovie del Comecon con le quali l'Austria intratteneva rapporti commerciali. Nel 1954 viene redatto il primo capitolato delle OBB, depositato presso UIC (Union International des Chemins de Fer) di Strasburgo trasferita poi a Parigi, per la tutela dell'«europallet» nell'ambito del Pool Ferroviario Europeo. Solo nel 1956 le FS ufficializzano in Italia il capitolato dell'europallet con solo due grossi laboratori di falegnameria come fornitori ufficiali.

Dimensioni in pianta mm.	UNI 4121/88	ISO 6780/78
800 x 1000	•	
800 x 1200 (Europallet)	•	•
1000 x 1200 (pallet UK)	•	•
1140 x 1140 (Australia)		•
1100 x 1100		•
1219 x 1016 (48" x 40" USA)		•

Tab. 9.XVIII - Diverse tipologie di pallet.

Gli anni '60 vedono l'introduzione di mezzi di movimentazione, come i carrelli elettrici, i carrelli trilaterali a montanti telescopici e i retrattili, attraverso i quali la logistica industriale compie notevoli progressi sia in produzione sia nel magazzino; per il pallet è invece l'epoca della proliferazione incontrollata di dimensioni, materiali e processi di fabbricazione diversificati, con notevoli difficoltà di orientamento per gli utilizzatori, con lo scopo principale di ottenere pallet più economici, anche "a perdere", ancorché con prestazioni più scadenti rispetto all'«europallet». Nascono le prime norme UNI per il pallet italiano, le quali prevedono inizialmente quattro formati (800x1000, 800x1200, 1000x1200 e 1200x1200, due in più rispetto alle norme DIN, AFNOR e British Standard), ed un processo di costruzione tale da garantire una durata media dai 5 ai 7 anni.

La maggiore spinta espansionistica del pallet si registra negli anni '70, principalmente grazie a due fattori: la crescita della grande distribuzione e la evoluzione della impiantistica: i magazzini diventano automatici con i trasloelevatori, intensivi con i drive-in, dinamici con la motorizzazione delle rulliere nelle mensole, e tutto ciò richiede pallet robusti realizzati con norme precise.

Nel 1982 la Grande Distribuzione Italiana, sotto l'egida dell'organo ufficiale di rappresentanza e tutela Centromarca, decide di porre rimedio al caos creato dalla circolazione di pallet disomogenei, fonte di innumerevoli problemi di stoccaggio nei magazzini e di restituzione: nascono così i pallet Centromarca 800x1200, rimasto poco dopo l'unico, e 1000x1200 a quattro vie non reversibili.

Il pallet Centromarca, non più proponibile per le già attivate normative sulla sicurezza del lavoro entrate in vigore in Italia con il Decreto n° 626/94, fa parte ormai della storia italiana del pallet; infatti dal 1° marzo 1999 Centromarca fece divieto di produrlo e dal 1 gennaio 2003 è stato definitivamente dismesso anche nel settore dell'usato.

Negli anni '90 l'esigenza di una standardizzazione, finalizzata a favorire la interscambiabilità di pallet uguali per evitare la "rottura", ovvero la scomposizione delle Unità di Carico (UdC) lungo la catena del trasporto, ma anche per motivi di affidabilità, sicurezza e di abbandono del pallet a perdere con conseguenti riduzione di risorse ambientali, il pallet trova finalmente piena realizzazione nello standard 800x1200 EUR-EPAL, definito dalle norme UIC 435-2 per la produzione e UIC 435-4 per la riparazione ed adottato da 18 reti ferroviarie europee.

L'EPAL (European Pallet Association) dal '95 si estende in gran parte d'Europa con Comitati Nazionali in tutti i Paesi che affidano il controllo e la graffatura di collaudo dei pallet a società fiduciarie discrezionalmente prescelte (la società di controllo operante in Italia è la SGS Servizi Tecnici Industriali).

A livello europeo è da approvarsi una norma CEN per il settore: Pr EN 261 252 "Repair of flat wooden pallets". L'Italia entrò nel circuito EPAL solo dall'1/3/1999.

Sono inoltre in fase di definizione e approvazione al CEN - Comitato Normatore Europeo, altri progetti di norma per ulteriori tipologie di pallet: la Pr EN 261 249 "Specification for fiat re-usable wooden pallet 1000x1200, double deck, non reversible a 4 way entry" e la Pr EN 261 136 "Pallet superstructures - Pallet Collars - Test Methods and performance requirements".

	Centromarca	EUR-EPAL
Carico limite statico (kg)	4000	4000
Carico limite dinamico (kg)	1000	1500
φ max legno (teorico)	22%	35% ÷ 50%
Peso (dipendente dal tipo legno) (kg)	15	20 ÷ 25
Costo indicativo (€)	5,5	8,5
Durata media *(anni)	3 - 5	7 ÷ 9

*dipende dal n° di cicli (tra 30 e 40)

Tab 9.XIX - Confronto tra standard Centromarca (Centro coordinamento industria di marca) e standard EUR/EPAL secondo UIC 435-2.

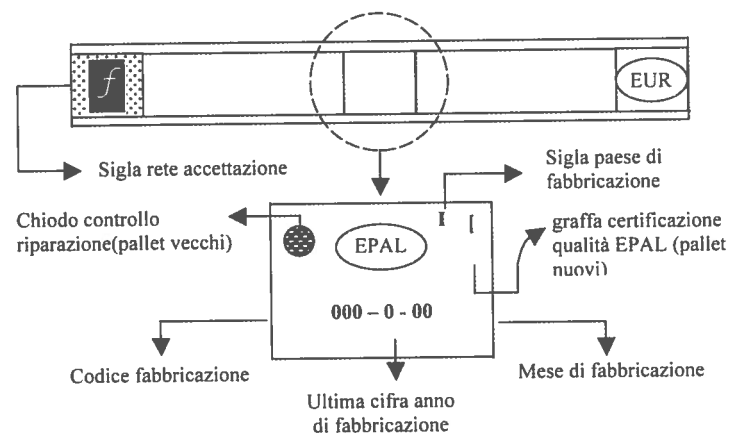


Fig. 9.81 - Caratteristiche distintive del pallet EUR-EPAL.

Parallelemente all'EUR-EPAL sopravvivono altri standard definiti da determinati settori merceologici, rivolti ad usi specifici, come la serie di nove pallet CP per il trasporto dei prodotti chimici dalla Germania, i VMF per la palettizzazione delle bottiglie e i vasi in vetro dalla Francia.

Nonostante gli sforzi fatti a livello normativo, vi sono ancora pallet fuori standard (pallet a perdere o "ad uso limitato"): le categorie di pallet impiegabili per più cicli o multirotazione come Centromarca, EUR, EUR-EPAL e CP costituiscono ancora una minoranza del parco (40% in Italia), mentre predominano i pallet a perdere (60%), che effettuano 2 o 3 rotazioni, da cui il nome "pallet ad uso limitato". I pallet a perdere sono di solito fatturati al destinatario, che ne diventa proprietario unitamente alla merce.

9.6. BIBLIOGRAFIA

- A. Pareschi, A. Persona, E. Ferrari, A. Regattieri. 2002. *Logistica Integrata e Flessibile*. Esculapio, Leonardo. Bologna.
- A.G. Bruzzone, R. Mosca, R. Revetria. 2001. *Gestione Integrata di Sistemi Produttivi Interagenti: Metodi Quantitativi Avanzati per la Quick Response*. DIP Genova, Italy, ISBN: 88-900732-0-9.
- Bottani E., Vignali G., Rizzo R., Ferretti G. 2006. Dimensionamento di una linea di imbottigliamento mediante analisi simulativa. *Industrie delle Bevande*, anno 35, n°201, pp 1-10.
- Castelberry. *The AGV Handbook*. Ed. BraunBrumfield, Inc.
- D. Bowersox, J. Cooper, M. Browne, M. Peters. 1993. *European Logistics*. Blackwell Publishers.
- Documentazione tecnica della SIPA S.p.A. Conegliano Veneto.
- Documentazione tecnica della SIG-SIMONAZZI S.p.A. Parma.
- Documentazione tecnica della PROCOMAC S.p.A. Parma.
- F. Caron, G. Marchet, R. Wegner. *Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali*. Ed. Hoepli.
- F. Robeson. 1985. *The Distribution Handbook*. MacMillan, London.
- F. Tateo. 2000. *Detergenza e sanificazione nell'industria alimentare*. Ed. AEB. Brescia. TOMPKINS. "Enhancing the Warehouse's Role Through Customization". Ed. Warehousing Education and Research Council.
- G. Saravacos, Kostaropoulos Athanasios E. 2016 *Handbook of Food Processing Equipment 2nd edition*. Springer. ISBN 978-3-319-25020-5.

Grando. *Produzione e Logistica*. Editrice UTET.

Gomez Antonio Lopez-, Barbosa-Canovas Gustavo V. 2005. *Food Plant Design*. CRC Press ISBN 9781420027419.

J. Jankowski. 2000. *R&D: Fondition for Innovation*. Research Technology Management.

J. Monks. 1996. *Operation Management*. McGraw Hill. New York.

J.B. Ayers. 2001. *Handbook of Supply Chain Management*. CRC Press Boca Raton. USA.

J.F. Shapiro. 2001. *Modeling the Supply Chain*. Buxbury, Pacific Grove. CA.

K. Pavitt, P. Patel. 1999. *Technologies strategies of world's largest companies*. Science and Public Policy.

Koff, Boldrin. *Automaed Guided Vehicles - Materials Handling Handbook*. Ed. Wiley - interscience.

M. Christopher. 2011. *Logistics and Supply Chain Management (4th Edition)*. Prentice and Hall. London.

M. Mcrobb. *Purchasing and Quality*. M. Dekker, INC. New York.

M.L. Patterson. 1993. *Accelerating Innovation*. Van Nostrad.

Material handling industry of America - Automatic Guided Vehicle Systems Product Section: A Personal Guide to Automatic Guided Vehicle Systems. Availability of the Automatic Guided Vehicle Systems.

Mulcahy. *Warehouse Distribution & Operations Handbook*. Ed. McGraw-Hill, Inc.

Ndc Netzler & Dhlgren Co. AB Saro, Sweden: NT7000S Reference Manual. NDCDEM02. Release Description System 7S.

P. Drucker. 1992. *Managing fort he future*. Butterworth Heineman.

P. Patel, M. Vega. 2000. *Patterns of international of corporate technology*. Mc Graw Hill.

P. Quintili, R. Roveta. 1994. *Material handling. Tecniche informatiche per la gestione operativa della logistica interna*. Ed. Franco Angeli. Milano.

Pareschi A., Persona A, Ferrari E, Regattieri A. 2011. *Logistica Integrata e Flessibile*. Esculapio Ingegneria editore, Bologna.

R. Boutellier, O. Gassmann, M. Von Zedtwitz. 2000. *Managing Global Innovation - Uncovering the secrets of Future Comptitiveness*. Second Revised Edition. Springer.

R. Rizzo. 1976. *Tecnica dell'Imbottigliamento*. Vol. I e II. Chiriotti Editori, Pinerolo (TO).

R. Rizzo. 1985. *Possibilità di realizzazione di una fabbrica automatica nel settore dell'imbottigliamento dei liquidi*. Atti del convegno ANIMP 11/12 Ottobre. Bologna.

R. Rizzo. 1998. *La Sicurezza degli Impianti Industriali*. Edizioni Scientifiche Italiane. Napoli.

R. Rizzo, 2006. *Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande*. Vol5: "Le tecnologie di preparazione confezionamento e imballaggio delle acque minerali e delle bevande", Chiriotti Editori, Pinerolo (TO).

S. Chopra, P. Meindl. 2015. *Supply chain management (6th Edition)*. Prentice Hall, Upper Saddle River. New Jersey. ISBN-13: 978-0132743952.

S. Makridakis, S.C. Wheelwright. 1983. *Forecasting: Methods and Applications*. J. Wiley & Sons, New York.

T. Ohno. 1978. *Toyota Production System*. Diamond. Tokio

W. Gould. 2001. *Food plant sanitation*. CTI Publications. Maryland. USA.

Y. Gousty. 1997. *Le Genie Industriel*. Presse Universitaire. Paris.

*Le idee sono come i fiumi,
non tornano mai indietro*

V. Hugo

Capitolo decimo

I PROCESSI LOGISTICI DELLA SUPPLY CHAIN ALIMENTARE

Prof. Antonio Rizzi¹

10.1. ASPETTI GENERALI

Una tipica supply chain distributiva di prodotti alimentari a lunga shelf life e con stoccaggio e trasporto a temperatura ambiente, consiste di almeno tre livelli: un produttore (Manufacturer), con relativo centro di distribuzione (Cedi) o deposito di fabbrica, che rifornisce il Cedi di un distributore (Retailer), il quale, a sua volta, provvede a evadere gli ordini di uno o più punti vendita (PV). Per i prodotti alimentari ad alto tasso di rotazione, caratterizzati da bassa shelf life e necessità di stoccaggio e trasporto ambienti refrigerati (Fast Moving Consumer Goods – FMCG) la logistica distributiva sarà differente e sarà descritta nel seguito.

Prima di affrontare la trattazione dettagliata delle diverse attività logistiche e item della supply chain alimentare è doveroso ricordare che nel caso di aziende alimentari è proprio tale azienda che “controlla” la supply chain. Il consumatore infatti non ha la percezione di tutti gli attori della supply chain, ma solamente dell’azienda alimentare in quanto proprietario del marchio e attribuisce a lei le prestazioni del prodotto. In casi di ritiro dal mercato del prodotto è sempre il consumatore che individua l’azienda alimentare produttrice o comunque la detentrica del marchio alimentare come prima responsabile.

Deve infatti essere detto che diverse aziende alimentari operano per produrre **private label**. L’espressione *private label*, o marca commerciale, è usata per indicare i prodotti che portano il nome della catena distributiva o del supermercato che li pone in vendita e quindi non quello dell’effettivo produttore alimentare. Si indicano con il nome di *private label* sia le marche bandiera (quando al prodotto viene associato il marchio del distributore), sia le contro marche (ovvero delle marche di fantasia che non sono legate al nome del distributore, ma sono vendute solo nei suoi negozi), ma anche le marche generiche (le marche del distributore caratterizzate da un buon rapporto qualità-prezzo) e i primi prezzi (prodotti con un prezzo molto contenuto che entrano in concorrenza con quelli degli hard discount). Questi prodotti sono realizzati da una azienda alimentare a volte contemporaneamente alla produzione dei propri prodotti a marchio privato, seguendo tuttavia ricette e indicazioni del detentore del marchio. Le azien-

¹ Ordinario di Impianti Industriali Meccanici e docente di Supply Chain Management nella laurea magistrale in Ingegneria Gestionale presso l’Università di Parma.

de che producono per private label vengono solitamente identificate come "co-packer", termine che non identifica solamente la fase di confezionamento come il termine potrebbe fare pensare, ma tutta la produzione del prodotto che sarà poi confezionato non inserendo il nome del produttore nel marchio, ma solamente per gli obblighi di etichettatura nella sede di produzione. In questi casi la logistica distributiva è gestita solitamente dal detentore del marchio che indica al produttore le quantità da produrre e le caratteristiche del prodotto e ha la facoltà in base ad accordi contrattuali di verificare la produzione e la conduzione dello stabilimento di produzione.

A livello distributivo possono esistere inoltre altre terze parti logistiche (3PL) che operano in diverse fasi della logistica distributiva ad esempio stoccando prodotto nei propri magazzini o in magazzini in affitto e gestendo le spedizioni eventualmente aggregando più clienti.

Alla luce di questi aspetti generali si tratteranno di seguito i vari aspetti caratterizzanti le attività logistiche con particolare riferimento alla logistica distributiva e alla supply chain dell'industria alimentare.

10.1.1. Le attività logistiche

La logistica per i prodotti alimentari è una funzione aziendale che si occupa di una serie di attività, quali:

- trasporto;
- movimentazione;
- stoccaggio;
- gestione scorte;
- produzione;
- gestione delle informazioni.

La prima attività propria della logistica dell'industria alimentare è il trasporto, che rappresenta il processo mediante il quale sia prodotti finiti sia semilavorati, materie prime e materiali di packaging vengono spostati da un luogo all'altro all'interno di un sistema logistico. Si tratta di un trasferimento in senso spaziale, poiché il luogo fisico di origine e quello di destinazione non coincidono. L'attività di trasporto di beni per l'industria alimentare può essere eseguita impiegando diverse tipologie di modalità e mezzi, ciascuna delle quali comporta costi diversi e ha un impatto diverso in termini di efficienza e prestazioni del sistema.

Tra le modalità di trasporto per prodotti alimentari possono essere elencate: strada, ferrovia, mare, vie interne navigabili, trasporto aereo, condotte e trasporto intermodale, intendendo con quest'ultimo un trasporto di unità di carico che avviene tramite la combinazione di due o più modalità di trasporto. A seconda della modalità di trasporto utilizzata, variano non solo i mezzi di trasporto, le attrezzature ausiliarie e il tipo di infrastrutture di nodo o di rete utilizzate, ma soprattutto i costi di trasporto e il livello di servizio generato. Per i prodotti alimentari in particolare, l'attività di trasporto implica la copertura a volte di ampie distanze, ma con un'attenzione particolare ai tempi di consegna, nel senso che il trasferimento deve essere effettuato in modo da ridurre possibilmente i lead time

di approvvigionamento, e deve comunque rendere disponibile il prodotto alimentare nel luogo richiesto nei tempi previsti in funzione soprattutto dalla sua shelf life. In linea generale, la scelta della modalità di trasporto deve quindi combinare esigenze antitetiche di massimizzazione del servizio al minimo costo, tenendo conto anche di eventuali vincoli tecnici (quali distanza del collegamento, tipologia di mantenimento del prodotto, infrastrutture disponibili), economici (disponibilità finanziarie) o aspetti ambientali che possano favorire la scelta di una modalità rispetto a un'altra. Per esempio, un'azienda alimentare che effettua corrispondenza e basa la propria strategia competitiva sulla consegna di minime quantità direttamente al cliente finale dovrebbe avvalersi per i propri trasporti di un corriere espresso, garantendo un'elevata puntualità e rapidità di consegna.

Per le elevate prestazioni che fornisce, il costo di tale soluzione è altrettanto elevato, ma è molto probabile che i clienti finali cui l'azienda si rivolge siano disposti a riconoscere per tale livello di servizio un prezzo più alto; per contro, un'azienda alimentare che basa la propria strategia competitiva sul prezzo del prodotto finale dovrebbe optare per una modalità di trasporto verso grandi punti vendita, ottenendo una maggiore efficienza del canale logistico, riducendo i costi del trasporto.

Laddove non vi sia trasporto esterno all'azienda, ma un trasferimento di merce all'interno della stessa ubicazione della filiera si suole parlare di "movimentazione", come avviene nell'industria alimentare per la movimentazione di semilavorati tra i reparti produttivi, o l'invio di prodotti alimentari confezionati da una linea di produzione verso il magazzino. Come descritto nel precedente capitolo la parte di logistica interna allo stabilimento ha l'obiettivo di rendere disponibile la giusta quantità di materiale nel posto giusto all'interno dell'azienda alimentare stessa, rispettandone le condizioni e minimizzando il costo complessivo della movimentazione.

Un'ulteriore attività di pertinenza della funzione logistica per l'industria alimentare è quella di immagazzinamento e stoccaggio sia dei prodotti alimentari finiti sia delle materie prime e semilavorati o dei materiali di packaging. Lo sfasamento tra i flussi in ingresso e flussi in uscita per una azienda alimentare è bilanciato tramite le funzioni di immagazzinamento e stoccaggio. Grazie a tale sfasamento, i prodotti alimentari vengono resi disponibili generalmente il prima possibile in funzione del livello di scorte del punto vendita e della shelf life del prodotto, svincolandole dal relativo approvvigionamento. Per esempio, tramite lo stoccaggio è possibile anticipare la produzione di un prodotto alimentare a lunga shelf life prima che si verifichi la domanda, in modo da avere il prodotto disponibile quando verrà richiesto. Nell'industria alimentare questo a volte è fondamentale in quanto le materie prime agricole possono essere dotate di stagionalità e portare al concentramento della raccolta e trasformazione in un periodo limitato di tempo (ad esempio il pomodoro viene raccolto nei mesi di luglio agosto e settembre e lavorato immediatamente, producendo oltre a prodotti finiti anche semilavorati da stoccare in attesa di rilavorazione).

Accanto all'attività di immagazzinamento e stoccaggio, la logistica svolge anche una funzione di gestione delle scorte, normalmente indicata con l'espressione *inventory management*.

L'attività di inventory management concerne la gestione delle giacenze sia dei prodotti alimentari finiti sia delle materie prime, semilavorati e materiali di packaging all'interno di un sistema logistico e la definizione delle relative politiche di approvvigionamento. Attraverso l'inventory management, la logistica di una industria alimentare intende minimizzare le voci di costo connesse alle scorte, compatibilmente con le esigenze produttive. All'interno di un sistema logistico dell'industria alimentare che tratta prodotti a lunga scadenza possono essere presenti diversi tipi di scorte; le principali sono la *scorta di ciclo*, che è determinata in base alla politica di gestione scorte adottata e serve a far fronte alla domanda di prodotto alimentare finito in attesa di una nuova disponibilità di prodotti, e la *scorta di sicurezza*, che serve a cautelarsi nei confronti di errori o stocasticità nei rifornimenti o nella stima della domanda. La gestione delle scorte ha, quindi, in tutta la filiera logistica, un impatto diretto sul verificarsi di una rottura di stock (mancanza di disponibilità prodotto), in seguito alla mancanza di prodotto richiesto presso uno degli attori della filiera agroalimentare. Allo stesso tempo, scorte elevate implicano un elevato costo di mantenimento e rischi di raggiungimento della data di scadenza o del termine minimo di conservazione del prodotto.

Una corretta gestione delle scorte deve quindi avere come obiettivo quello di ottimizzare le diverse componenti di costo a esse connesse, quali mancanza di prodotto e perdita di ordini, mantenimento, deprezzamento e scadenza del prodotto valutando i costi amministrativi di emissione dell'ordine.

Infine, rientrano nelle attività logistiche di una industria alimentare, seppure in senso lato, come si è visto nei precedenti capitoli, i processi produttivi, siano essi di produzione dei prodotti alimentari o di confezionamento (primario, secondario e terziario). In questo caso il valore aggiunto generato dall'attività consiste nella trasformazione delle materie prime e dei semilavorati in prodotti alimentari finiti confezionati e pronti per lo stoccaggio e seguente spedizione.

È inoltre riconducibile alla funzione logistica di una industria alimentare una serie di processi integrativi alle attività principali fin qui descritte. Tali processi sono come in altri settori relativi alla raccolta e, soprattutto, alla gestione e all'elaborazione delle informazioni a supporto delle attività logistiche illustrate.

Per la logistica in particolare delle aziende alimentari il processo di raccolta e analisi delle informazioni è particolarmente importante, in quanto la disponibilità di informazioni selettive, puntuali e accurate sui flussi fisici di prodotto finito ma anche di tutte le materie prime e dei semilavorati assicura la corretta gestione delle attività logistiche illustrate in precedenza. La gestione delle informazioni genera valore aggiunto, per esempio, fornendo una precisa conoscenza circa la posizione di un prodotto alimentare finito nel sistema logistico, lo stato del processo di trasformazione e confezionamento, la domanda di alimenti confezionati da parte del mercato o le quantità ordinate di un prodotto, fornendo quindi un riscontro sui flussi di prodotto in essere.

L'utilizzo del termine "flusso" in riferimento alla logistica dell'industria alimentare evidenzia come il compito della funzione logistica nell'industria alimentare sia assimilabile a quello degli elementi di una tubazione, quali tubi e valvole (che rappresentano le attività di trasporto e movimentazione), serbatoi polmone (immagazzinamento e stoccaggio), sistemi di controllo (gestione del-

le scorte e flussi delle informazioni). Tali elementi guidano e regolano il flusso di beni da un luogo fisico di origine delle materie prime, dei semilavorati e dei materiali di packaging a un altro dove i prodotti alimentari finiti e confezionati devono essere resi disponibili. Oltre a ai flussi fisici di prodotto, vi sono flussi informativi che si muovono dai fornitori verso i clienti finali, e flussi di materiali di packaging che accompagnano spesso sia le materie prime che i semilavorati che percorrono a ritroso il sistema.

La domanda D di prodotto alimentare finito da parte del mercato soddisfatta dal sistema logistico, espressa per esempio in unità/gg, rappresenta il flusso di prodotto che attraversa il sistema. Il flusso è quindi tanto più elevato quanto maggiore è la domanda di prodotto finito soddisfatta dal sistema e quindi il fatturato del sistema medesimo.

Un parametro particolarmente rilevante per l'industria alimentare rispetto al flusso logistico è il tempo di attraversamento (TA). Il TA rappresenta il tempo complessivo che un alimento impiega a percorrere la pipeline logistica, da quando vi entra sotto forma di materia prima o semilavorato a quando ne esce per essere venduto al cliente finale sotto forma di prodotto alimentare finito confezionato. Il tempo di attraversamento è ovviamente proporzionale alla lunghezza della "tubazione" interessata al flusso logistico, e inversamente proporzionale alla velocità di attraversamento della stessa. Alcune volte per processi produttivi alimentari divergenti o convergenti risulta difficile inserire le fasi produttive nel tempo di attraversamento e si preferisce valutare tale tempo solamente dalla fine della fase di confezionamento fino all'arrivo del prodotto nei punti vendita.

Fissata comunque la lunghezza del sistema distributivo alimentare, il tempo di attraversamento e la velocità sono quindi in corrispondenza biunivoca. Se si indica con I la quantità totale di scorte di prodotto finito presente nel sistema, espressa in unità di prodotto alimentare con D , il rapporto I/D consente di stimare il tempo di attraversamento:

$$TA = \frac{I}{D} [\text{unità}]$$

Un sistema che soddisfa una domanda di 10000 unità/gg di prodotto alimentare finito e che ha scorte per 50000 unità di prodotto, ha tempi di attraversamento di 5 gg. Il prodotto si muove quindi con una velocità di 0,2 [prodotto gg^{-1}].

La sopra riportata relazione permette di osservare che a parità di flusso logistico e quindi di domanda finale di prodotto alimentare soddisfatta dal sistema, il tempo di attraversamento è tanto più piccolo quanto più basse sono le scorte di prodotto nel sistema logistico/distributivo. Un sistema quindi caratterizzato da bassi tempi di attraversamento è anche in grado di rispondere a una medesima domanda D da parte del mercato con livelli di scorte più bassi, e quindi minori costi. Occorre evidenziare, come si analizzerà meglio nel seguito, che le scorte di prodotto alimentare nel sistema logistico rappresentano un costo per il sistema stesso, in termini sia di capitale immobilizzato sia di potenziale scarto per raggiungimento di una data non più utile per la sua vendita sul mercato. Quest'ultimo aspetto è particolarmente rilevante per prodotti alimentari deperibili o stagionali.

In conclusione, a parità di domanda soddisfatta e quindi di flusso logistico, per ridurre i costi connessi con le scorte presenti nella pipeline logistica è necessario ridurre i tempi di attraversamento, e quindi aumentare la velocità con la quale il prodotto alimentare finito si muove nel sistema.

La disponibilità di informazioni a basso costo, accurate, puntuali e selettive relative ai flussi fisici di prodotto e trasversali all'intero sistema, come quelle messe a disposizione da sistemi RFID e dall'internet degli oggetti, rappresenta la chiave fondamentale per la riduzione del tempo di attraversamento nella filiera alimentare e per la riduzione delle scorte. Nell'industria alimentare tali dispositivi dovranno essere opportunamente posizionati su case secondari o terziari per non avere interferenze con liquidi o metalli e per non gravare eccessivamente in termini di costi sul costo complessivo del prodotto finito ma anche dei semilavorati o delle materie prime in arrivo.

Grazie alla disponibilità di informazioni è possibile ridurre la durata dei processi che sottendono ai flussi logistici, diminuendo i tempi di attraversamento. Un semplice esempio può aiutare a chiarire questo basilare concetto. Essere a conoscenza che nei magazzini del punto vendita vi è un basso livello di giacenza di un prodotto alimentare confezionato consente a un produttore di alimenti di prevedere l'emissione di un ordine in termini di tempi e quantità, e quindi di avviare la produzione o di approvvigionarsi in anticipo, facendo in modo che al momento dell'emissione dell'ordine da parte del cliente sia disponibile l'esatta quantità richiesta, annullando le scorte e minimizzando dunque il tempo di attraversamento. Si vedrà poi come in particolare per prodotti alimentari freschi o freschissimi questo possa essere fondamentale per la gestione stessa del prodotto nei tempi utili per la loro distribuzione.

Al contrario, il produttore alimentare che non dispone di informazioni sulle giacenze del cliente a fronte di un ordine impiega lead time superiori per l'evazione, in quanto all'atto dell'emissione dell'ordine da parte del cliente deve approvvigionarsi a monte ovvero deve avviare un processo produttivo ad hoc. Lo stesso risultato in termini di lead time si potrebbe ottenere mediante la presenza di scorte, ma il prezzo da pagare per avere le medesime prestazioni sarebbe rappresentato dal costo delle scorte. Per i prodotti alimentari oltre al costo di immobilizzo, deve essere considerato il rischio che la quantità a scorta – stimata in base a previsioni di domanda che per quanto accurate sono per loro natura aleatorie – possa essere inferiore all'ordine, con conseguente stock-out, o superiore, con conseguente scarto per raggiungimento di una data non utile per la accettazione dalla grande distribuzione organizzata.

Un altro aspetto particolarmente rilevante connesso con il tempo di attraversamento è il concetto di *agilità* (*agility*) del sistema logistico per il settore alimentare. Per "agile" si intende un sistema in grado di rispondere in tempi rapidi a variazioni di richiesta ad esempio di prodotti alimentari da parte del mercato. Dato il basso tempo di vita dei prodotti alimentari (a volte bassissimo come nei freschi e freschissimi) e la variazione dei bisogni/gusti dei consumatori, dovuti nel settore alimentare anche a prescrizioni da parte del OMS, tale aspetto sta diventando sempre più importante. Se un sistema logistico alimentare è caratterizzato da un tempo di attraversamento ridotto, e quindi da basse scorte, sarà anche

agile, in quanto in grado di rispondere in tempi rapidi alle variazioni di richiesta da parte del mercato finale, approvvigionando le materie prime necessarie, producendo e distribuendo il prodotto richiesto. Per contro, un sistema caratterizzato da elevati tempi di attraversamento, e quindi da elevati livelli di scorte, impiegherà un tempo maggiore per recepire le variazioni di domanda da parte del mercato e per soddisfare le nuove richieste. Anche in questo caso, la disponibilità di informazioni sui flussi e le giacenze di prodotti alimentari come quelle fornite dai sistemi RFID e dall'internet degli oggetti rappresenta un elemento essenziale per conferire agilità al sistema, anche in presenza di quantità elevate come quelle del settore alimentare. Un sistema logistico alimentare in cui l'informazione sui flussi fisici di prodotto è totalmente trasparente è in grado di identificare prima i segnali di mutamento del mercato e può quindi rispondere molto più velocemente a tali variazioni. Per contro, un sistema in cui tali informazioni si trasmettono dal mercato all'azienda produttiva alimentare mediante il meccanismo dell'ordine e sono ritardate dalle scorte presenti impiega molto più tempo a rispondere alle nuove esigenze.

Associate a tutte le attività logistiche vi sono ovviamente anche dei costi, che saranno tuttavia illustrati in un capitolo a parte su analisi degli investimenti.

10.2. LA SUPPLY CHAIN NEL SETTORE ALIMENTARE

La supply chain di un sistema alimentare è l'insieme di tutti i soggetti coinvolti, direttamente o indirettamente, nel soddisfacimento di una richiesta del cliente con la consegna allo stesso di un prodotto alimentare. L'attore centrale della supply chain per il settore alimentare è quindi il produttore del prodotto finito, al quale sono collegati non solo i fornitori diretti, ma anche soggetti terzi, quali trasportatori, operatori logistici e venditori al dettaglio, nonché i clienti che acquistano il prodotto alimentare finito.

Il cliente è un componente fondamentale della supply chain, specialmente per l'industria alimentare, considerato che lo scopo di una supply chain è soddisfare la sua richiesta mediante un mix di prodotto, servizio e prezzo. Lo stesso termine "supply chain" evoca l'immagine di prodotti che si muovono dal fornitore ai distributori e quindi al cliente attraverso i diversi elementi della catena (Chopra e Meindl, 2007).

Ciascun attore di una supply chain per il settore alimentare svolge specifici processi "interni", che vanno dal ricevimento al soddisfacimento dell'ordine da parte dell'attore a valle. A seconda dell'attore esaminato, tali processi possono includere, tra gli altri, lo sviluppo di nuovi prodotti alimentari, la loro commercializzazione, le attività di distribuzione, la gestione dei pagamenti, il servizio post-vendita.

Una tipica supply chain alimentare comprende numerosi livelli, quali i Retailers della Grande Distribuzione Organizzata (GDO), dettaglianti, grossisti/distributori, produttori e fornitori di materie prime o semilavorati e packaging per l'industria alimentare. Ciascun elemento della supply chain è connesso agli altri attraverso un flusso di prodotti, informazioni e capitali.

Questi flussi si sviluppano in entrambe le direzioni, e possono essere gestiti direttamente da un attore della supply chain alimentare o da un intermediario (terze parti logistiche). Per quanto concerne il numero di elementi che compongono il sistema, il termine "chain" può far pensare che vi sia un unico elemento per ogni livello del sistema; in realtà, un produttore di alimenti può ovviamente ricevere materie prime e semilavorati da numerosi fornitori e vendere il prodotto a diversi distributori. Quindi, per la maggior parte le supply chain sono in realtà dei networks.

La struttura di una supply chain è intrinsecamente dinamica e destinata a modificarsi nel tempo. Tuttavia, una costante nella supply chain alimentare è l'elevato flusso di prodotti, necessari per il soddisfacimento del cliente finale, e delle informazioni associate, come dati di vendita del prodotto finito, ordini di acquisto, informazioni commerciali, prezzo di vendita del prodotto alimentare e eventuali offerte associate ad esso.

Per garantire i flussi dei prodotti all'interno del sistema, una supply chain del settore alimentare si avvale di una serie di sistemi e risorse tecniche, quali stabilimenti, magazzini, linee di produzione, mezzi di trasporto e attrezzature di movimentazione. Tali elementi corrispondono a tre aree funzionali individuabili nella supply chain: sistema degli approvvigionamenti, sistema operativo e sistema di distribuzione.

Come per altri settori, il sistema degli approvvigionamenti (procurement) è deputato al reperimento e allo stoccaggio delle materie prime, dei semilavorati, del materiale di packaging, dei componenti e delle attrezzature necessarie per il processo produttivo attraverso il sistema di fornitori. Il sistema operativo (operations) provvede invece alla trasformazione fisica delle materie prime in prodotti finiti. Il sistema distributivo (distribution) si occupa infine dello stoccaggio e della distribuzione dei prodotti alimentari finiti ai clienti finali.

Si è osservato in precedenza che la logistica per l'industria alimentare (sia interna che distributiva) assolve, tra le altre, alle attività di trasporto, stoccaggio, gestione scorte e produzione, che ricalcano i processi di procurement, operations e distribution di una supply chain; è quindi evidente quanto sia importante il suo ruolo in una supply chain. All'interno di una supply chain alimentare, infatti, la logistica è il processo di gestione strategica delle attività di approvvigionamento, movimentazione e immagazzinamento delle materie prime dei semilavorati e del packaging, dei componenti a essi connessi, delle scorte e delle informazioni correlate, che attraverso una corretta organizzazione del canale garantisce un incremento della redditività dell'intero sistema produttivo e distributivo. La logistica in una azienda alimentare è una funzione aziendale preposta a pianificare processi, organizzare e gestire attività, mirante a ottimizzare il flusso di materiale e delle relative informazioni all'interno e all'esterno dell'azienda. In una visione prettamente tradizionale, la gestione logistica nell'industria alimentare si occupa di verificare che i flussi di prodotto (finito e non) e di informazioni procedano efficacemente ed efficientemente dai fornitori di materie prime fino ai clienti finali. Un flusso di beni è definito efficace nel momento in cui soddisfa determinati requisiti: in particolare, dovrà essere fornito al cliente predefinito il prodotto richiesto, nelle quantità richieste, nello stato richiesto, nei tempi richiesti, nel luogo

richiesto. Il concetto di efficienza è invece legato al costo complessivo sostenuto dal sistema nel settore alimentare per generare un flusso efficace; tale costo comprende le componenti precedentemente menzionate, quali costo del trasporto, costo delle scorte, costo di produzione e così via. La totalità di tali componenti viene indicata come costo complessivo logistico e, per conseguire l'efficienza del sistema, deve essere ovviamente minima. Efficacia ed efficienza delle attività logistiche connesse al flusso dei materiali per l'industria alimentare sono inoltre strettamente legate all'efficacia e all'efficienza delle attività connesse alla gestione delle informazioni. Il flusso dei materiali sarà cioè tanto più efficace ed efficiente quanto più efficaci ed efficienti saranno le attività di supporto di gestione delle informazioni.

10.3. GLI IMBALLAGGI NELLA LOGISTICA DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

10.3.1. Imballaggio primario, secondario e terziario

Il D.Lgs. 22/97 definisce l'imballaggio (packaging) come "il prodotto, composto di materiali di qualsiasi natura, adibito a contenere e a proteggere determinate merci dalle materie prime ai prodotti finiti, a consentire la loro manipolazione e la loro consegna dal produttore al consumatore o all'utilizzatore, e ad assicurare la loro presentazione, nonché gli articoli a perdere usati allo stesso scopo". L'imballaggio ha sia una funzione di marketing, relativa alla presentazione del prodotto al consumatore finale, sia una funzione prettamente logistica, che sarà discussa in questo paragrafo.

L'imballaggio influenza direttamente la realizzazione delle attività logistiche e le prestazioni che possono derivarne; ha, infatti, impatto sull'efficienza delle operazioni di material handling, di stoccaggio, di trasporto e di movimentazione del prodotto all'interno della supply chain, incidendo quindi sui costi relativi. Inoltre, un imballaggio adeguatamente progettato permette di ridurre i costi derivanti dalle possibili perdite di prodotto tra i vari processi della supply chain. Dal punto di vista logistico, la funzione principale del packaging è quella di organizzare le merci, proteggerle e renderle identificabili in modo da permetterne la movimentazione, lo stoccaggio, il trasporto e la distribuzione, la vendita e l'utilizzazione da parte del consumatore finale.

All'interno di un sistema logistico sono riconoscibili tre diversi livelli di imballaggio. Partendo dall'unità elementare di prodotto destinata al consumo da parte del cliente finale, il primo livello è l'*imballaggio primario*, o *imballaggio di vendita*, definito dal d.lgs. 22/97 art. 35 c. 1b "*imballaggio concepito in modo da costituire, nel punto vendita, una unità di vendita per l'utente finale o per il consumatore*". L'imballaggio primario rappresenta quindi la singola confezione di prodotto acquistata dal consumatore presso un punto vendita. Esempi di imballaggi primari comprendono pacchetti, lattine, bottiglie, astucci, o blister. L'imballaggio primario svolge specifiche funzioni di tipo tecnico. Per esempio, è indispensabile per contenere e rendere trasportabili e movimentabili i prodotti liquidi (come è il caso di molti prodotti alimentari). Consente la suddivisione del prodotto all'in-

terno della supply chain a seconda della quantità richiesta: per esempio, un centro di distribuzione può richiedere un intero pallet di acqua, mentre il consumatore finale può acquistare, al limite, una singola bottiglia. Protegge il prodotto da eventuali inquinanti presenti nell'ambiente; evitando allo stesso tempo dispersioni del prodotto verso l'esterno, il che può essere rilevante per prodotti tossici. Infine, l'imballaggio primario presenta numerose informazioni relative al prodotto, che vengono trasmesse al cliente finale attraverso l'uso di una simbologia non ambigua e di facile comprensione.

Il secondo livello di imballaggio, *imballaggio secondario* o *imballaggio multiplo*, è definito dal d.lgs. 22/97 art. 35 c. 1c come *"imballaggio concepito in modo da costituire, nel punto vendita, il raggruppamento di un certo numero di unità di vendita, indipendentemente dal fatto che sia venduto come tale dal punto di vendita all'utente finale, o serva solo a facilitare il rifornimento degli scaffali nel punto vendita. Può essere rimosso dal prodotto senza alterarne le caratteristiche"*. Dalla definizione si evince che la principale funzione dell'imballaggio multiplo è quella di racchiudere un certo numero di imballaggi primari, in modo da facilitare le operazioni di movimentazione dei prodotti all'interno dei punti vendita. Esempi di imballaggi secondari sono le scatole in cartone, i fardelli o i vassoi. Come si è visto per l'imballaggio primario, anche l'imballaggio secondario svolge la funzione di proteggere il prodotto. Più precisamente, l'imballo secondario racchiude al suo interno un certo numero di imballi di vendita, che risultano in questo modo protetti da eventuali sollecitazioni meccaniche che il prodotto potrebbe subire durante le fasi di movimentazione, stoccaggio, trasporto e distribuzione, o da un'eventuale esposizione accidentale ad agenti esterni. Inoltre, l'imballo secondario protegge le unità di vendita da furti o manomissioni, in quanto è di norma piuttosto difficile da aprire e rende evidenti eventuali segni di effrazione o danno al contenuto. Per quanto concerne l'impatto sulle attività logistiche, l'imballaggio secondario ha lo scopo di ottimizzare le attività di movimentazione, stoccaggio e distribuzione del prodotto. Nello specifico, gli imballaggi secondari sono posizionati su un'unità di carico in modo da saturarne il più possibile lo spazio, minimizzando così i costi delle movimentazioni, poiché il numero di movimentazioni è minimo a parità di prodotto trasportato.

L'*imballaggio terziario*, o *imballaggio di trasporto*, costituisce il terzo e ultimo livello, ed è definito dal d.lgs. 22/97 art. 35 c. 1d come *"imballaggio concepito in modo da facilitare la manipolazione e il trasporto di un certo numero di unità di vendita o di imballaggi multipli per evitare la loro manipolazione e i danni connessi al trasporto, esclusi i container"*. In base a tale definizione, l'imballaggio terziario serve dunque a raggruppare unità di vendita o imballaggi secondari, svolgendo quindi una funzione di aggregazione. Anche in questo caso, l'utilizzo dell'imballaggio terziario è finalizzato a ottimizzare le attività di movimentazione e di trasporto dei prodotti. Infatti, l'imballaggio terziario viene utilizzato soprattutto all'interno della supply chain, e molto raramente arriva all'utilizzatore finale. Allo scopo di ottimizzare le attività di trasporto e movimentazione, nel corso degli anni si è diffuso in Europa l'uso del pallet di misura standard 800×1200 mm, definito pallet "EUR", che consente la saturazione completa del vano di carico di un mezzo di trasporto. Altri tipi di imballaggi terziari specifici per l'ambito del food saranno descritti in particolare nel prossimo paragrafo.

10.3.2. I principali asset logistici per l'industria alimentare

Negli ultimi anni i supporti logistici (quali pallets, cassette, bins ecc.) hanno visto crescere la propria importanza in termini di volumi di utilizzo, costi e impatto ambientale. Si è diffusa perciò l'esigenza di gestire tali oggetti non come semplici materiali di consumo o strumenti di trasporto, bensì come veri e propri asset aziendali. Ciò ha fatto sì che essi vengano oggi genericamente indicati come asset logistici.

Quando si parla di asset logistico si intende un contenitore o un supporto logistico riutilizzabile. In letteratura è indicato con l'acronimo RTI (Returnable Transport Item o Reusable Transport Item), del quale l'International Council for Reusable Transport Item (IC-RTI) fornisce la seguente definizione: "I RTIs includono ogni supporto logistico in grado di assemblare beni per il trasporto, l'immagazzinamento, la movimentazione e la protezione del prodotto nella supply chain, e di ritornare per poter essere nuovamente utilizzato. Fanno parte di questa tipologia: pallet, cassette, roll, ecc."

Si tratta, quindi, di imballaggi secondari e terziari caratterizzati dalla possibilità di essere riutilizzati; ciò implica l'esistenza di un sistema ciclico che ne permetta il ritorno.

Per comprendere le origini del forte interesse nei confronti degli asset logistici, è utile procedere con una classificazione preliminare delle varie tipologie utilizzate dalle imprese.

La descrizione di ogni asset non è limitata alla sua accezione di RTI, ma comprende tutte le forme più o meno diffuse sul mercato. Lo scopo è sottolineare l'importanza crescente delle tipologie di contenitori riutilizzabili, rispetto a quelle cosiddette a perdere.

10.3.2.1. Il pallet

Il pallet, o paletta, rappresenta l'unità di carico terziaria maggiormente utilizzata per la movimentazione, lo stoccaggio e il trasporto di beni. Ogni attore della catena logistica (fornitori, industrie manifatturiere, società di servizi e distributori) utilizza pallet. Si tratta di una piattaforma di stoccaggio concepita per essere movimentata con transpallet o carrelli elevatori.

L'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) lo definisce come segue (UNI EN ISO 445:2009): *"Il pallet è una piattaforma orizzontale caratterizzata da un'altezza minima compatibile con la movimentazione tramite carrelli transpallet e/o carrelli elevatori a forche e altre appropriate attrezzature di movimentazione, impiegata come supporto per la raccolta, l'immagazzinamento, la movimentazione ed il trasporto di merci e di carichi. Essa può essere costruita o equipaggiata con struttura superiore"*.

A dispetto del suo basso valore – che ad aprile 2009 era di € 8,11 (Indicod-Ecr, 2009) – l'importanza strategica del pallet nella supply chain è enorme. In quanto supporto per la costituzione di unità di carico, il pallet permette il raggruppamento dei materiali in modo tale da poterli movimentare e trasportare agevolmente. La sua primaria finalità, quindi, è velocizzare gli spostamenti di grosse quantità di merce da un luogo a un altro. Una delle caratteristiche distin-

tive delle palette è quella di essere forconabili, ovvero movimentabili attraverso l'utilizzo di attrezzature dotate di forche, quali carrelli elevatori e transpallet. Tale proprietà permette di facilitare le operazioni di handling meccanico e automatizzato, di immagazzinamento e di carico e scarico dei mezzi di trasporto.

Altrettanto utile nell'immagazzinamento delle merci presso le aziende è la sovrapposibilità delle palette, che permette una riduzione degli spazi necessari per lo stoccaggio dei materiali e una migliore utilizzazione degli ambienti in altezza.

Anche le operazioni di trasporto risultano favorite dall'impiego del pallet. Le sue dimensioni sono state studiate per consentire la saturazione dei vani di carico, riducendo gli spazi inutilizzati, il numero di viaggi necessari per il trasferimento dello stesso quantitativo di merci e, conseguentemente, i relativi costi di trasporto.

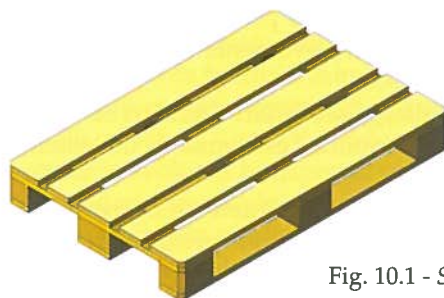


Fig. 10.1 - Schema di Pallet EUR EPAL.

Esistono molteplici forme di pallet, che si differenziano sensibilmente in termini di materiale di composizione, tipologia di utilizzo e strategia di gestione. I pallet maggiormente diffusi sono quelli in legno, poiché garantiscono l'isolamento e la protezione della merce, sono durevoli e facilmente riparabili e hanno un costo contenuto. Altri tipi di pallet trovano impiego per applicazioni specifiche: in alluminio, estremamente leggeri; in metallo, caratterizzati da un'elevata durata; e in plastica, particolarmente indicati per il settore alimentare, quando la palette entra a contatto diretto con il prodotto.

In realtà sono le diverse tipologie di utilizzo che differenziano maggiormente i pallet, che, come si è detto, vengono adottati sia per processi interni sia per processi esterni. Per i processi interni, e per applicazioni particolari, spesso sono progettati secondo specifici disegni dell'utilizzatore e fabbricati con materiali speciali.

Negli anni l'UNI ha emanato diverse norme che definiscono le caratteristiche costruttive e le dimensioni delle palette, che possono essere a due o a quattro vie, reversibili o non reversibili.

Nonostante la molteplicità di misure unificate, il pallet standard è rappresentato dal pallet EUR-EPAL (fig. 10.1). Nel 1950 è stato definito – sulla base di un capitolato tecnico preciso – un supporto di dimensioni 800x1200 mm, derivante dalla necessità di armonizzare le misure sul mercato mondiale. Questo pallet è stato in seguito adottato da alcune reti ferroviarie europee; è infatti noto come **pallet europeo** ed è marchiato con la sigla EUR racchiusa in un'ovale.

Il pallet europeo è caratterizzato, oltre che dalle dimensioni, anche dalla presenza di 9 "piedini" uniti inferiormente tra loro in gruppi di tre attraverso liste di legno poste nel senso della misura maggiore, che lo rendono così non reversibile, cioè non inforcabile da ogni direzione (a quattro vie).

Il 1° marzo 1999 in Italia è stato introdotto il sistema EPAL (European Pallet Association) con lo scopo di certificare la qualità dei pallet EUR. I requisiti di qualità e prestazione sono quindi garantiti dalla contemporanea presenza di due ovali, contenenti uno il marchio EUR e l'altro il marchio EPAL.

10.3.2.2. Casse e cassette

Casse e cassette sono utilizzate da numerosi attori della catena logistica, ma trovano impiego soprattutto nel settore alimentare. Si tratta, infatti, di contenitori di piccole e medie dimensioni che bene si prestano alla raccolta e alla movimentazione di alimenti quali prodotti ortofrutticoli, lattiero-caseari ecc.

Questo tipo di asset è caratterizzato da dimensioni ridotte e da elevata maneggevolezza, che permettono una facile movimentazione delle merci in esso contenute. Sono disponibili sul mercato innumerevoli tipologie di casse e cassette, che pur differenziandosi per dimensioni e forme sono accomunate da alcune caratteristiche. Devono essere impilabili e presentare dimensioni in pianta che siano sottomultipli delle dimensioni standard delle palette, in modo da garantire, per sovrapposizione, la formazione di unità di carico di configurazione regolare. La stabilità dell'unità di movimentazione, così garan-

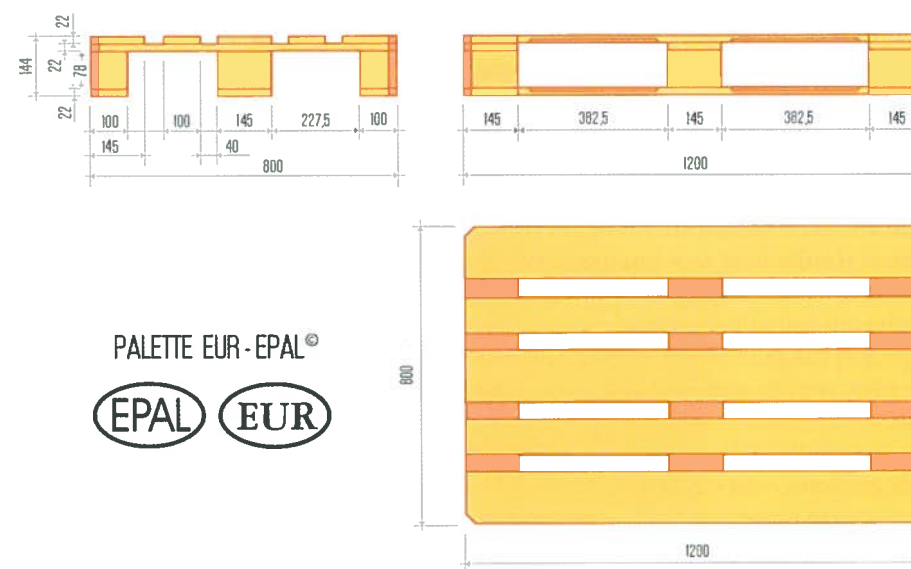


Fig. 10.2 - Dimensioni di un pallet EUR-EPAL.

tita, permette lo stoccaggio e il trasporto sicuro delle merci. Per questo motivo, le cassette sono generalmente realizzate in tre misure standard: 30*40*16 cm, 60*40*10 cm e 60*40*16 cm.

Come nel caso dei pallet, anche per casse e cassette è possibile una distinzione basata sulla tipologia di utilizzo. Per movimentazioni esclusivamente interne di prodotti finiti e semilavorati vengono solitamente impiegate casse e cassette in plastica, mentre per lo spostamento e il trasporto delle merci all'esterno degli stabilimenti le tipologie utilizzate sono molteplici.

Queste ultime devono spesso consentire anche l'esposizione e la vendita del prodotto in esse contenuto. La maggior parte del volume circolante di casse e cassette è destinata alla filiera di produzione e distribuzione ortofrutticola. Per il trasporto di frutta e verdura vengono utilizzate prevalentemente cassette a perdere (di legno, plastica o cartone) e cassette in plastica riutilizzabili.

Per quanto riguarda la cassetta monouso di cartone, plastica o legno, ogni consegna prevede l'acquisto della stessa. Dopo l'utilizzo, la cassetta a perdere viene smaltita come rifiuto: può essere indirizzata in discarica, previa separazione dei materiali, o verso un processo di riciclaggio finalizzato alla costruzione di una nuova cassetta.

La cassetta in plastica ha un ciclo di vita differente: è semplice da pulire, non arrugginisce ed è resistente ad agenti esterni e a prodotti chimici; ciò la rende un materiale di imballaggio sicuro e igienico. La particolare resistenza all'usura, e a ripetuti cicli di lavaggio e sanificazione, permette di utilizzare tali cassette per numerose movimentazioni prima dello smaltimento. Inoltre, essendo realizzate con un polimero di polipropilene, in caso di rotture possono essere "rigranulate", in modo da ottenere ex novo contenitori con una produzione di scarti o rifiuti trascurabile.

Una distinzione ulteriore è possibile in base al sistema implementato di gestione del flusso di ritorno delle cassette. Le principali modalità di gestione impiegate sono due. Una prevede l'utilizzo di cassette in plastica (a sponde fisse o abbattibili) di proprietà del produttore, che si occupa del loro ritiro presso il distributore e delle successive fasi di controllo e sanificazione.

Il secondo tipo di gestione riguarda i flussi di cassette in plastica a sponde abbattibili ed è basato sul noleggio o l'acquisto dei contenitori da parte degli utilizzatori e sulla loro movimentazione da parte di una società terza attraverso un circuito di centri logistici specializzati che fungono da deposito. La società terza ritira gli imballi presso le catene distributive e li riporta a destinazione presso i propri magazzini per renderli nuovamente disponibili agli utilizzatori, dopo aver provveduto alla loro manutenzione, al loro lavaggio e alla loro disinfezione.

La scelta delle cassette a sponde abbattibili (fig. 10.3), per questa tipologia di gestione, non è casuale. Le sponde abbattibili consentono, infatti, di risparmiare spazio e costi nella movimentazione a vuoto: quattro cassette chiuse occupano lo spazio di una aperta. Il che significa che dopo tre viaggi a pieno carico, il quarto è pieno anche al ritorno, con le casse vuote, risparmiando così sui costi di trasporto.

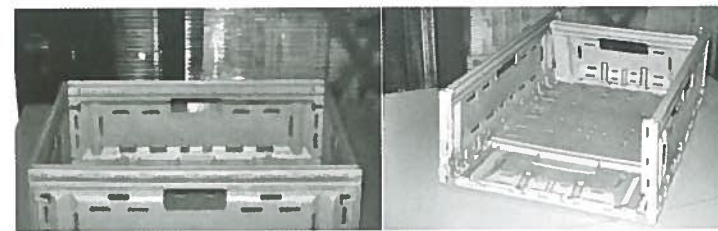


Fig. 10.3 - Cassetta a sponde abbattibili.

10.3.2.3. Bins e minibins

Il termine bin indica un contenitore o cassone in legno o materiale plastico, di dimensioni variabili, adibito prevalentemente alla conservazione in celle frigorifere, allo stoccaggio e al trasporto di ortofrutticoli. La base ha solitamente forma rettangolare, le dimensioni sono simili a quelle del pallet EUR e l'altezza non è mai superiore a 1 metro. I bins sono solitamente impilabili e foronabili per permettere un'agevole movimentazione e un immagazzinamento più efficiente.

Per le loro caratteristiche, questi contenitori sono adatti non solo al settore ortofrutticolo, ma anche a quelli che necessitano di contenitori molto capienti, allo scopo di movimentare, immagazzinare e proteggere grandi quantità di merci, solitamente sfuse. A seconda delle esigenze dell'utilizzatore, possono essere forati o a pareti piene; possono essere muniti di coperchio e anche di un'apertura laterale per le operazioni di ispezione del contenuto.

Molto utilizzati nel settore ortofrutticolo e in particolari occasioni di vendita presso la GDO, sono i cosiddetti minibins. Questi presentano le stesse caratteristiche dei bins, ma sono di dimensioni più ridotte. I formati maggiormente diffusi sono 80*120 cm e 80*60 cm. Spesso le sponde sono abbattibili per ottimizzare i volumi durante il trasporto dei contenitori vuoti.

Anche i minibins sono interessati dal sistema di gestione terziarizzato; vi sono infatti aziende che si occupano del noleggio e, successivamente, del ritiro di tali item.



Fig. 10.4 - Esempio di bins.

In ambito packaging spesso possono essere utilizzati anche Octabins, ossia contenitori con base ottagonale realizzati ad esempio in cartone ondulato al cui interno possono essere ad esempio stoccate alla rinfusa preforme in PET che devono essere soffiate poi in linea.

10.3.2.4. Roll container

Il roll container (chiamato anche contenitore unificato su ruote) è una struttura costituita da un telaio in tubo e filo di acciaio zincato perlopiù composto da una base con ruote e da due spalle. A seconda delle esigenze di utilizzo, può essere accessoriatato di una terza (ed eventualmente una quarta) parete, di ripiani spostabili in filo e di speciali dispositivi antitaccheggio (fig. 10.5).

La presenza di ruote lo rende ideale per movimentare le merci dai magazzini centrali ai punti vendita, anche attraverso stretti corridoi, poiché si può facilmente spostare a mano senza l'ausilio di attrezzature (come i transpallet). Alcuni modelli presenti sul mercato sono concepiti anche per permettere l'esposizione della merce nei punti vendita. È il caso dei roll container destinati al trasporto del latte fresco: una volta caricato, il roll può essere posizionato direttamente all'interno dei banchi frigo.

La struttura composita del roll container, permette all'utilizzatore di smontarlo e rimontarlo facilmente, riducendo gli ingombri quando necessario. È possibile, infatti, accatastare un gran numero di sponde all'interno di un roll montato e impilare le basi rimanenti. In questo modo si opera un importante risparmio di spazio, soprattutto durante il trasporto di tali asset dal punto vendita al fornitore. Tutto ciò implica, tuttavia, maggiori complessità nella gestione della trac-



Fig. 10.5 - Esempi di roll container.

ciabilità, dal momento che spesso ci si trova a gestire i singoli componenti anziché il roll nella sua interezza. Nonostante i molteplici impieghi, il roll segue quasi sempre circuiti particolarmente articolati, perciò necessita di un'accurata gestione di flussi in entrata, uscita e reso. Inoltre, è un asset logistico a elevato valore (il costo minimo è di circa 40 euro). Per tali ragioni, la tracciabilità dei roll è particolarmente critica.

10.3.2.5. Roll isothermici e banchi frigo

I roll isothermici (fig. 10.6) sono particolari contenitori refrigerati dotati di un'ottima autonomia, che può essere aumentata con l'impiego di piastre eutettiche le quali, riposte all'interno, sottraggono calore garantendo il mantenimento delle basse temperature per lungo tempo. Si tratta di asset "importanti", in quanto il loro costo si aggira attorno a 1500 euro.



Fig. 10.6 - Roll isothermico (esterno e interno).

La funzione dei roll isothermici è garantire un corretto e igienico trasporto di alimenti freschi o congelati dai magazzini ai punti vendita. Permettono di non interrompere la catena del freddo neppure durante il carico e lo scarico delle merci dai camion, riparando le derrate dai bruschi sbalzi di temperatura. Evitare sbalzi termici significa ridurre il rischio di proliferazione microbica, preservando al meglio l'aspetto e le proprietà organolettiche dei prodotti. L'utilizzo dei contenitori isothermici costituisce, quindi, la soluzione per il trasporto misto di prodotti in legume fresco e surgelato su veicoli non coibentati, aumentando la flessibilità del mezzo, l'efficienza del magazzino e assicurando la continuità della catena del freddo. Infine, non richiedendo camion refrigerati, i roll isothermici permettono la riduzione dei costi di trasporto.

Un altro tipo di asset è costituito dal banco frigo (fig. 10.7). Mentre i roll isothermici, una volta svuotati, tornano ai fornitori, i banchi frigo raggiungono e rimangono presso i punti vendita, dove svolgono anche la funzione di espositori. I banchi frigo vengono solitamente concessi dal fornitore al punto vendita attra-

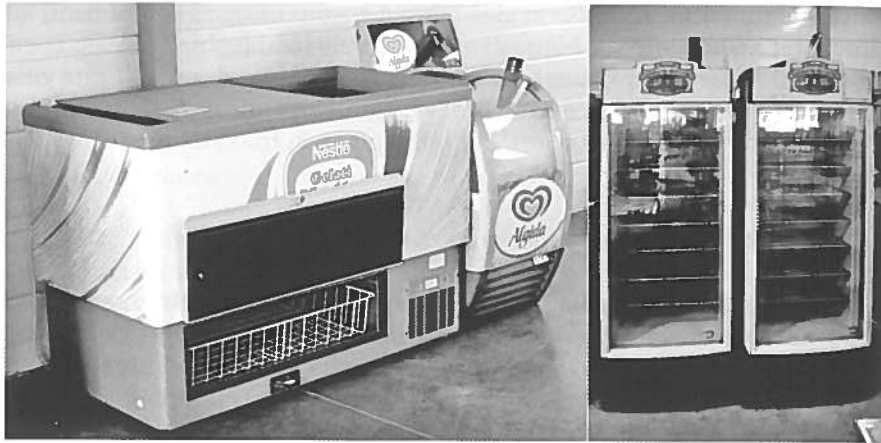


Fig. 10.7 - Banchi frigo e colonne frigo brandizzabili.

verso un contratto di comodato gratuito; il proprietario dell'asset rimane quindi il fornitore. Tale forma di contratto viene impiegata dal fornitore per favorire la vendita dei propri prodotti.

Questi particolari contenitori rappresentano un asset molto importante per l'azienda, sia in termini di valore economico complessivo, sia in termini di qualità del prodotto che arriva al consumatore finale. Lo stato di funzionamento, conservazione e manutenzione di questi asset influisce, infatti, in modo determinante sull'esperienza del cliente finale. Il prodotto deve arrivare al consumatore nella qualità prevista, in un frigorifero ben tenuto e correttamente utilizzato; a tale scopo, si possono utilizzare tecnologie RFID attive o semi-passive per il monitoraggio della temperatura del banco frigo.

10.3.3. Sistemi di identificazione

I sistemi di identificazione dei prodotti alimentari finiti e degli imballaggi ad essi associati sono forme di standardizzazione delle informazioni relative agli stessi, in modo che tali informazioni possano essere comprese senza difficoltà da tutti gli attori della supply chain alimentare.

In Italia, e in altri 100 Paesi del mondo, le informazioni associate ai prodotti alimentari e di largo consumo in generale sono codificate attraverso il sistema GS1. Si tratta di un sistema di codifica biunivoco, nel quale ogni unità (sia essa un'unità di vendita, un imballaggio secondario o un'unità di carico) viene identificata da un solo codice e a ogni codice corrisponde una sola unità, in tutti i Paesi del circuito GS1. In Italia, la gestione dei codici GS1 è svolta dall'ente **Indicod-Ecr**. Il codice GS1 utilizzato per l'identificazione delle unità di vendita destinate al consumatore è noto come GTIN (Global Trade Item Number) e può essere costituito da 8, 12, 13 o 14 cifre (Indicod-Ecr, 2006a). Il codice GTIN-13, per esempio, è formato da 13 cifre e fornisce informazioni quali: Paese di provenienza del prodotto, azienda proprietaria del marchio, prodot-

to e codice referencia. In particolare, la provenienza del prodotto è riconoscibile dal prefisso nazionale, costituito dalle prime due cifre del GTIN; tale prefisso è assegnato da GS1 ai propri rappresentanti presso i vari Paesi in cui la codifica è in uso; all'Italia sono assegnati prefissi nazionali compresi tra 80 e 83. Le successive cifre del GTIN comprendono, nell'ordine, codice dell'azienda proprietaria del marchio (dalla terza alla nona cifra), codice del prodotto (dalla decima alla dodicesima cifra) e cifra di controllo (tredicesima cifra), secondo lo schema di **fig. 10.8**.

Prefisso EAN nazionale	Codice proprietario del marchio	Codice prodotto	Cifra di controllo
N1-N2 (compreso tra 80 e 83)	N3-N9	N10-N12	N13

Fig. 10.8 - Struttura del codice GTIN-13 per imballaggi primari (Fonte: Indicod-Ecr, 2006a)

Per i primi prodotti alimentari codificati e per casi particolari nei casi in cui non sia utilizzabile, per motivi di spazio la codifica GTIN a 13 cifre, è possibile impiegare in alternativa il codice GTIN-8. Tale codice, il cui schema è proposto in **fig. 10.9**, permette di identificare il prodotto e il Paese di provenienza, ma non contiene ulteriori informazioni.

Prefisso EAN nazionale	Codice prodotto	Cifra di controllo
N1-N2	N3-N7	N8

Fig. 10.9 - Struttura del codice GTIN-8 per imballaggi primari (Fonte: Indicod-Ecr, 2006a)

Spesso il prodotto food non ha un prezzo di vendita predeterminato, poiché il prezzo dipende dal peso di prodotto acquistato. È il caso, per esempio, di alcuni prodotti freschi o dell'ortofrutta.

Il tipo di imballaggio che ne deriva è detto "a peso variabile", ed è identificato attraverso un codice specifico, valido solo in ambito nazionale. Il codice a peso variabile è sempre composto di 13 cifre, la prima delle quali – che identifica l'imballaggio a peso variabile – in Italia è 2. Le rimanenti cifre indicano la referencia (dalla seconda alla settima cifra), il prezzo, espresso in euro (dall'ottava alla dodicesima cifra) e una cifra di controllo. Il corrispondente schema è riportato in **fig. 10.10**.

Prefisso	Codice prodotto	Prezzo	Cifra di controllo
2	N2-N7	N8-N12	N13

Fig. 10.10 - Struttura del codice GTIN-13 per imballaggi primari a peso variabile (Fonte: Indicod-Ecr, 2006a).

Si consideri ora l'identificazione di un imballaggio multiplo, contenente più unità di alimenti finiti destinate al consumatore finale. Anche questo imballaggio multiplo può essere a peso fisso o variabile. Nel primo caso, l'identificazione avviene attraverso un codice numerico GTIN-13, diverso da quello che identifica il contenuto dell'imballaggio primario, e messo a disposizione da GS1 a ciascun produttore. Questo codice si distingue da quello dell'imballaggio primario in quanto la prima cifra è sempre uguale a 0. Le altre informazioni contenute sono: il Paese di provenienza del prodotto, riconoscibile dal prefisso nazionale, identico al caso visto precedentemente (dalla seconda alla terza cifra), l'azienda proprietaria del marchio, riconoscibile dalla quarta alla decima cifra, e il tipo di imballo (dall'undicesima alla tredicesima cifra). Completa il codice una cifra di controllo.

Nel caso di un imballaggio secondario "omogeneo", contenente cioè unità di prodotto alimentare finito preconfezionato e identificate con lo stesso codice, è utilizzabile un codice GTIN-14; questo è identico, nella struttura, a un GTIN-13 per un'unità di vendita, al quale è anteposta una cifra nota come "indicatore" o "variante logistica", il cui valore è compreso tra 1 e 8, secondo lo schema mostrato in **fig. 10.11**.

Variante logistica	Prefisso EAN nazionale	Codice proprietario del marchio	Codice prodotto	Cifra di controllo
1-8	N2-N3 (compreso tra 80 e 83)	N4-N10	N11-N13	N14

Fig. 10.11 - Struttura del codice GTIN-14 per imballaggi secondari a peso fisso (Fonte: Indicod-Ecr, 2007b).

Nel caso, invece, di un imballaggio secondario per prodotti alimentari in cui il processo produttivo non assicura costanza di peso, o di dimensione, o di lunghezza, il risultante imballaggio è a peso variabile (ad esempio cartone per prosciutto o formaggi).

Per identificare l'unità imballo, la quantità di prodotto contenuta è un'informazione rilevante; per tali prodotti si adotta quindi la numerazione GTIN-14, riconoscibile da quella di un imballaggio primario perché la prima cifra è 9. L'informazione relativa alla quantità di prodotto contenuta è espressa con la simbologia GS1-128. Il codice risulta strutturato come mostrato in **fig. 10.12**.

Indicatore	Prefisso EAN nazionale	Codice proprietario del marchio	Codice imballo	Cifra di controllo
9	N2-N3 (compreso tra 80 e 83)	N4-N10	N11-N13	N14

Fig. 10.12 - Struttura del codice GTIN-14 per imballaggi secondari a peso variabile (Fonte: Indicod-Ecr, 2007b).

Come si è visto, gli imballaggi terziari per l'industria alimentare sono unità dal contenuto più o meno omogeneo, pensate per raggruppare più imballaggi di vendita o multipli e per agevolarne il trasporto all'interno di una supply chain del settore alimentare. Un requisito per la loro identificazione è quindi la possibilità di individuare univocamente ogni singola unità logistica. La numera-

zione utilizzata a tale scopo è sempre definita da GS1 ed è nota come SSCC (Serial Shipping Container Code). Il codice SSCC è un codice numerico composto da 18 caratteri (**fig. 10.13**), che consente l'identificazione univoca di un'unità logistica all'interno di una supply chain alimentare, seguendone sia il flusso fisico sia quello delle relative informazioni. Il codice SSCC è sempre preceduto dall'identificativo (Application Identifier, AI) (00).

AI	Cifra di estensione	Prefisso EAN nazionale	Codice azienda	Codice sequenziale pallet	Cifra di controllo
(00)	N1	N2-N3 (compreso tra 80 e 83)	N4-N10	N11-N17	N18

Fig. 10.13 - Struttura del codice SSCC per imballaggi terziari (Fonte: Indicod-Ecr, 2007b).

In aggiunta all'SSCC, all'imballaggio terziario possono essere attribuite altre informazioni, rappresentate attraverso appositi AI e codificate secondo lo standard GS1-128. Per l'industria alimentare fondamentali saranno ad esempio, anche ai fini della tracciabilità, il lotto di produzione e la data di scadenza o il termine minimo di conservazione. La rappresentazione visiva di tali informazioni avviene attraverso l'etichetta logistica (Indicod-Ecr, 2007a), un documento di dimensioni standard (105x148 mm o 148x210 mm, a seconda della quantità di informazioni da inserire), che si presenta suddiviso in tre parti:

- la sezione superiore è una zona nella quale possono essere riportate informazioni senza un formato di codifica predefinito; per esempio il mittente, il relativo indirizzo, il logo del produttore;
- la parte intermedia contiene informazioni relative all'imballaggio terziario, sempre prive di codifica;
- la parte inferiore riporta le informazioni precedenti in forma di codice a barre e di codice SSCC, l'unica informazione che deve essere obbligatoriamente presente in etichetta.

Ai fini dell'identificazione, è necessario osservare che un imballaggio terziario per l'industria alimentare può essere omogeneo, costituito cioè da prodotti aventi tutti lo stesso GTIN, o eterogeneo, composto cioè da prodotti identificati da diversi GTIN. Inoltre, l'imballaggio terziario può contenere o meno un numero prefissato di imballaggi di livello inferiore; nel primo caso è detto standard. Per il resto, la struttura delle informazioni contenute nell'etichetta logistica per l'industria alimentare è diversa in funzione della tipologia di imballaggio terziario, e segue lo schema riportato in **tab. 10.I**.

Tipo di imballaggio terziario	Informazioni

Tab. 10.I - Informazioni per l'identificazione di imballaggi terziari (Fonte: Indicod-Ecr, 2006b).

10.3.4. Sistemi di codifica

Lo strumento standard attualmente utilizzato nel contesto del food e del largo consumo per l'identificazione dei prodotti e degli imballaggi è il codice a barre (barcode). Tale codice è stato sviluppato per contrassegnare i prodotti con un'apposita sequenza di linee chiare e scure, che viene riconosciuta da un lettore ottico e decodificata in un codice relativo a una referenza.

Un barcode è quindi una rappresentazione grafica dei dati relativi a un prodotto mediante una tecnologia leggibile in maniera automatizzata da parte di lettori ottici (Indicod-Ecr, 2007a). Per l'identificazione dei prodotti destinati al consumo, sono in uso codici a barre unidimensionali. Lo standard utilizzato in Italia per codificare le informazioni all'interno di un barcode unidimensionale è noto come EAN (European Article Number), ed è un formato di codice a barre estensione dell'UPC (Universal Product Code).

In un barcode unidimensionale i dati sono rappresentati attraverso una successione di linee e spazi paralleli, di diverso spessore. La codifica delle informazioni è realizzata attraverso un adeguato rapporto tra lo spessore delle barre larghe e quello delle barre strette del barcode.

In particolare, sono presenti 4 diversi spessori di barre e spazi, ognuno multiplo del modulo unitario, il cui spessore è di 0,33 mm. Il sistema di codifica è "continuo", ovvero sia barre sia spazi concorrono alla codifica a barre. Ogni carattere del codice è codificato in modo binario, e ogni carattere è codificato usando 7 moduli. Il codice risultante è leggibile nei 2 sensi, e può rappresentare un numero fisso di caratteri.

Nel caso di identificazione di unità di vendita, le due principali versioni del codice EAN sono denominate EAN-13 e EAN-8 e consentono di rappresentare codici di 13 o 8 caratteri, che ricalcano, rispettivamente, il GTIN-13 e il GTIN-8. La **fig. 10.14** riporta un esempio di codice a barre con codifica EAN-13.



Fig. 10.14 - Esempio di codice EAN-13 (Fonte: Indicod-Ecr, 2006a).

Con riferimento all'imballaggio multiplo, si è osservato che il corrispondente identificativo è invece il GTIN-14. La sua rappresentazione all'interno di un barcode avviene attraverso la codifica ITF-14 o EAN.UCC-128 (Indicod-Ecr, 2007d).

In aggiunta al barcode, è stato recentemente sviluppato un nuovo supporto per l'identificazione dei prodotti destinati al consumo, noto come GS1 DataBar (Indicod-Ecr, 2007c). Si tratta di un codice a barre lineare, che utilizza gli AI, già visti nella descrizione del codice SSCC, per codificare sia il GTIN del prodotto,

sia eventuali informazioni aggiuntive, come numero di lotto, peso netto o prezzo. Ne esistono diverse versioni, che si differenziano per possibilità (o meno) di lettura omnidirezionale tramite lettori ottici, dimensioni del codice e tipo di informazioni codificate. Nella sua versione standard, il GS1 DataBar è una nuova simbologia di codici a barre per raccogliere e controllare informazioni aggiuntive sul prodotto al momento del passaggio alle casse, che potrebbe risultare particolarmente utile per prodotti alimentari.

Infatti, il GS1 DataBar può contenere molte informazioni utili per prodotti alimentari che si aggiungono al GTIN, come:

- Il numero di lotto.
- La data di scadenza.
- Il numero seriale.
- Il peso netto (per i prodotti a peso variabile).
- Il prezzo di vendita (per i prodotti a peso variabile).

Questo è reso possibile dall'utilizzo degli Application Identifier GS1 (AI): le aziende produttrici e distributrici del settore alimentare hanno cominciato a implementare il GS1 DataBar nel gennaio 2010, ma al 2017 non risultano ancora completamente operativi sul mercato.



Fig. 10.15 - Esempio di GS1 DataBar (Fonte: Indicod-Ecr, 2007c).

10.4. LA GESTIONE DEGLI ASSET LOGISTICI PER L'INDUSTRIA ALIMENTARE

Una volta stabiliti uno o più modelli di asset rispondenti alle esigenze del settore alimentare, dal punto di vista delle caratteristiche dimensionali e prestazionali, un'industria alimentare deve valutare la modalità di gestione dei propri asset logistici che consenta di ridurre i costi di movimentazione, magazzinaggio e trasporto, nel rispetto dei requisiti di sicurezza e servizio al cliente.

Nel caso degli RTIs, anche all'interno del settore alimentare è possibile adottare sino a quattro diverse modalità di gestione, a seconda del tipo di asset e del settore in cui si opera:

- sistema cauzionale;
- fatturazione;
- sistema a noleggio;
- interscambio.

Gli operatori della catena logistica dell'industria alimentare definiscono, di comune accordo, dei modelli di asset da utilizzare, creando così un sistema che

possa facilitarne gli scambi e la gestione stessa. L'efficacia e l'efficienza dei diversi sistemi di gestione è influenzata dai rapporti intercorrenti tra gli attori della filiera, dal grado di responsabilità attribuita a ciascuno di loro e dalle capacità organizzative e decisionali dei soggetti interessati.

10.4.1. Sistema cauzionale

Questo sistema di gestione riguarda in particolare pallet e cassette per alimenti. Il proprietario delle merci è anche proprietario degli asset oggetto di cauzione, e può marchiarli con il nome o il logo aziendale come segno di riconoscimento e distinzione. All'atto della vendita, gli asset vengono ceduti all'acquirente dietro cauzione, che potrà recuperare successivamente con la restituzione degli stessi supporti al proprietario.

Nonostante possa essere considerato in disuso, in realtà questo sistema trova ancora impiego nel mondo della distribuzione organizzata per il settore alimentare, specialmente nel caso dell'ortofrutta, dato che in caso di punti vendita poco collaborativi, i fornitori delle merci e i proprietari degli asset possono chiedere delle cauzioni per assicurarne la restituzione ai propri centri di distribuzione.

10.4.2. Fatturazione

Il proprietario dei prodotti alimentari esprime anche il valore dell'asset (casce, mezzipallet, pallets, etc.) nella fattura all'acquirente, che ne diventa così proprietario. In questo sistema non esiste alcun flusso di reverse logistics, cioè nessun processo di restituzione degli asset alimentari che, una volta ceduti all'acquirente, possono essere nuovamente ceduti e scambiati con altri soggetti. È il sistema tipico nell'industria alimentare dei pallet e delle cassette a perdere, cioè supporti logistici intesi come bene di consumo per il quale non è prevista una gestione specifica. L'imballo può anche non figurare come voce di fatturazione, ma essere indicato nelle note; in questo caso il suo valore è "annegato" nel prezzo di vendita delle merci.

10.4.3. Sistema a noleggio (pooling)

Il sistema a noleggio, o pooling, prevede un contratto tra la società di noleggio e l'utilizzatore dell'industria alimentare. Il noleggiatore mette a disposizione dell'azienda produttrice di beni un numero di asset (in questo caso pallet, cassette, bins e minibins) corrispondente alle esigenze di movimentazione. Una volta imballato il prodotto alimentare, l'utilizzatore dovrà comunicare alla società di noleggio la quantità di supporti inviata a ciascuna località di consegna finale (Cedi e punti vendita). Sarà poi compito del noleggiatore effettuare il ritiro, il controllo, l'ispezione e, eventualmente, la riparazione (nel caso di pallet) o la sanificazione (nel caso di cassette, bins e minibins), al fine di rimettere in circolazione gli asset in adeguate condizioni di igiene e qualità per il settore dell'industria alimentare.

Le principali caratteristiche di un sistema a noleggio per l'industria alimentare sono:

- assenza di investimento iniziale, in quanto gli asset sono messi a disposizione quando servono, evitando l'acquisto di un parco proprio, e riducendo altresì lo spazio necessario al loro stoccaggio;
- riduzione di una parte dei costi amministrativi e contabili (si riduce il numero di contenziosi, ma permane il controllo dei rapporti con il noleggiatore);
- riduzione dei costi di recupero, selezione e riparazione degli asset (la manutenzione viene assicurata a ogni giro di trasporto).

Il cliente del comparto alimentare dei servizi di noleggio corrisponde alle società specializzate un compenso stabilito contrattualmente, che viene determinato in base ad alcuni fattori:

- tipologia di asset richiesto;
- tempo di attraversamento dell'asset presso gli stabilimenti e i magazzini del cliente;
- trasporto di ritorno (consegna da parte del noleggiatore o ritiro con mezzi propri);
- numero di supporti movimentati all'anno;
- collocazione geografica delle destinazioni.

10.4.4. Interscambio

Lo scambio alla pari (interscambio) rappresenta la metodologia più diffusa per la gestione del parco pallet nel settore della distribuzione moderna in Europa ed in particolare nel settore agroalimentare. *Il sistema richiede l'adozione di un asset standard a qualità controllata, come il pallet EUR EPAL*, che rappresenta il sistema più diffuso di interscambio in Europa nel settore dei beni alimentari. Il sistema EPAL garantisce i migliori risultati dal punto di vista della gestione economica del parco pallet nel caso in cui le imprese che vi aderiscono si adoperino per eseguire l'interscambio immediato, vale a dire la restituzione contestuale di un numero di pallet equivalenti in quantità e qualità a quelli ricevuti. Qualora ciò non sia possibile, si posticipa la restituzione dei pallet (interscambio differito) generando così oneri e costi aggiuntivi che minano l'efficienza dell'intero sistema e, in particolare, danneggiano le aziende virtuose che sostengono il principio di fondo dell'interscambio pallet.

L'interscambio immediato consiste nella restituzione immediata dei pallet trasportati al momento della consegna, corrispondente in qualità e quantità al numero di unità utilizzate per il trasporto. Nell'interscambio differito l'addetto al ricevimento merci presso il punto di consegna (sia esso il Cedi o un punto vendita) genera un buono pallet valido per il ritiro in un secondo momento di una quantità di bancali pari al numero di pallet non interscambiati in diretta. Il vettore viene così in possesso di un titolo valido per il ritiro della quantità di pallet indicata, secondo i tempi e le modalità concordate tra le parti.

In realtà i possibili benefici dell'interscambio spesso non si realizzano, a causa delle perdite presenti nel sistema e del mancato rispetto delle normative

e delle regolamentazioni introdotte alla creazione del pallet EPAL. Il tutto è reso più difficile dal continuo e massiccio ricorso all'utilizzo di pallet differenti, a volte personalizzati, che rende vano il principio dell'utilizzo di un unico bancale per le aziende, e dal comportamento scorretto di alcuni soggetti che alimentano il mercato parallelo (ECR Italia, 2006).

10.5. I PROCESSI DEL CENTRO DI DISTRIBUZIONE PER ALIMENTI CONFEZIONATI A LUNGA SHELF LIFE

In questo paragrafo vengono descritti analiticamente i processi logistici di Cedi e punto vendita per alimenti confezionati a lunga scadenza. La descrizione si riferisce alle best practices emergenti dall'analisi dei processi di aziende produttrici e distributrici di alimenti confezionati a lunga shelf life (ossia non facilmente deperibili e conservabili a temperatura ambiente).

10.5.1. Ricevimento merci

Il ricevimento rappresenta l'attività nella quale si effettua lo scarico fisico dei mezzi di trasporto arrivati al Cedi e si realizzano le necessarie operazioni di identificazione e controllo dei prodotti alimentari finiti in ingresso. Prevede, inoltre, la registrazione di eventuali disallineamenti tra la merce arrivata al Cedi e quella attesa o di eventuali danneggiamenti riscontrati sui prodotti.

I flussi in ricevimento al Cedi di un distributore medio della grande distribuzione organizzata italiana, consistono in circa 2000 pallet/giorno, il 20% dei quali sono misti e l'80% interi, e coprono circa 100 ordini/giorno. Ciascun pallet contiene un numero medio di 50 colli, del valore di circa 11,80 € ciascuno. Data l'estrema variabilità dei prodotti trattati, la shelf life media può essere stimata in circa 280 giorni, per tener conto sia dei prodotti deperibili sia di quelli che hanno shelf life dell'ordine di qualche anno. Il numero di referenze trattate dal Cedi medio si attesta attorno a 7500, delle quali almeno il 30% riferibili all'ambito alimentare.

Le merci in ingresso vengono ricevute sfruttando numerose banchine di ricevimento, che di norma sono specifiche per questa attività e non vengono sfruttate per i flussi in spedizione. Una volta terminate le operazioni di scarico dei mezzi di trasporto, il 97% delle merci ricevute indirizzato al magazzino intensivo, mentre il restante 3% utilizzato per ripristinare lo stock di picking. Le operazioni di ricevimento vengono svolte in media per 250 giorni/anno.

Una volta ricevuti, i pallet devono essere rietichettati, con applicazione di un'etichetta barcode a uso interno del Cedi. Tale operazione è necessaria in quanto non tutti i pallet arrivano dotati di etichetta logistica standard; il Retailer deve quindi applicare a tutti i pallet un'etichetta contenente un seriale univoco per l'identificazione del pallet.

Inoltre, per ciascuna referenza presente in un pallet, l'operatore preleva un case, lo apre e utilizza un'unità di vendita per leggere il codice EAN 13; l'operazione è svolta con il terminale a radiofrequenza di cui l'addetto è dotato.

Tale operazione è tanto più complessa e laboriosa, quanto più elevato è il numero di referenze che compongono il pallet. Il sistema di Warehouse Management (WMS) mostra sul terminale in radiofrequenza la quantità ordinata e presente in bolla, informazione di cui l'azienda già dispone perché ogni bolla è trasmessa in formato elettronico mediante DESADV o preventivamente caricata su sistema informativo aziendale. L'operatore deve quindi verificare, con controllo visivo, la corrispondenza di tale ordine con la quantità ricevuta; inoltre, inserisce l'indicazione circa il lotto di produzione, per garantire la necessaria tracciabilità, e la data di scadenza dei prodotti ricevuti. Tale informazione dovrà essere verificata ed eventualmente modificata manualmente nel caso non corrisponda a quella presente in chiaro sul cartone/collo.

Verificata la correttezza dei prodotti alimentari, su tutti i pallet viene applicato un codice seriale interno, che viene immediatamente associato al prodotto ricevuto. Da questo momento, tale codice costituirà l'identificativo del pallet per i processi successivi. Il collegamento in RF permette altresì di aggiornare in tempo reale lo stato delle giacenze e di conseguenza l'intero sistema informativo aziendale. L'operazione di rietichettatura incide mediamente sulle tempistiche di ricevimento per circa 20 secondi per ciascun pallet ricevuto, valore in cui sono già comprese tutte le procedure di stampa delle etichette stesse.

Nel complesso, l'incidenza delle operazioni di controllo e di presa in carico della merce è stimata in 2 minuti/pallet, valore determinato dal fatto che per i pallet misti la procedura di identificazione deve essere ripetuta un certo numero di volte.

Gli errori di quantità e di mix riscontrati in ricevimento sono pari all'1,25% del totale dei pallet ricevuti; gli errori relativi alla documentazione che accompagna la merce ricevuta sono invece molto minori, interessando mediamente 5 ordini al mese. Per correggere simili tipologie di errore occorrono rispettivamente, in media, 18 minuti/pallet e 20 minuti/ordine. Gli errori di identificazione sono invece praticamente trascurabili, come pure il problema della gestione di eventuali resi ai fornitori.

10.5.2. Stoccaggio intensivo

Lo stoccaggio, o storage, è il processo con il quale le referenze alimentari confezionate ricevute sono spostate dall'area di ricevimento (o da un'eventuale zona di sosta temporanea spesso indicata con il termine staging) all'area di magazzino intensivo, all'interno del quale verrà loro assegnata una specifica postazione.

L'area di stoccaggio media del Cedi è costituita da scaffalature bifrontali, il cui primo livello è destinato allo stock di picking e gli altri allo stoccaggio intensivo. L'area di stoccaggio è caratterizzata da una ricettività di circa 35.000 posti pallet, ed è in media saturata per l'80%. Le scorte di sicurezza rappresentano circa il 10-15% della giacenza media e il lead time con cui il Cedi si approvvigiona è solitamente di 4,5 giorni. Tale valore è comunque molto variabile a seconda che si considerino referenze delle categorie merceologiche del food o del non-food; per l'area food tale valore può assestarsi presumibilmente attorno ai 2 giorni.

Il magazzino intensivo lavora per 300 giorni all'anno e in esso trovano impiego mediamente 20 addetti dotati di altrettanti carrelli a forche. Il costo orario lordo della manodopera è di 14 €/ora. In magazzino viene effettuato un solo inventario generale all'anno che richiede almeno 70 giornate uomo.

Le attività di stoccaggio e di prelievo sfruttano nella maggior parte dei casi la radiofrequenza e la scansione dei barcode presenti sulle etichette precedentemente applicate su ogni pallet in fase di ricevimento.

Una volta che il pallet è pronto per essere stoccato a magazzino, l'operatore ne scannerizza il barcode e il sistema WMS lo informa in tempo reale circa la locazione appropriata per il pallet. Sul terminale del carrello compariranno pertanto le indicazioni relative alla corsia o alla zona di magazzino, al livello e al vano attribuiti al pallet. L'operatore si sposta quindi nella postazione assegnata, legge il barcode presente sul corrente della colonna a cui appartiene il vano oggetto della specifica missione e provvede a stoccare il pallet nel livello indicato.

L'operazione non richiede l'invio di una conferma di stoccaggio al sistema informativo; viceversa, sarà il sistema informativo a dare conferma dell'avvenuto stoccaggio. In questo modo, il sistema informativo è aggiornato sull'andamento delle operazioni di stoccaggio.

10.5.3. Abbassamenti e prelievi di pallet interi

L'attività di abbassamento (replenishment) consiste nel ripristinare le referenze necessarie all'interno dello stock di picking. Il replenishment può essere gestito a intervalli di tempo regolari o, come succede più frequentemente, con un controllo sulla singola referenza di prodotto alimentare. Nel momento in cui il pallet alla spina di una determinata referenza è in esaurimento, il WMS via radiofrequenza invia una missione di abbassamento a un addetto di magazzino, che provvede a effettuare il replenishment.

Il retrieving consiste invece nel prelievo di un pallet intero da un vano di stoccaggio del magazzino per l'evasione di un ordine cliente. Si tratta di norma di referenze alto-rotanti, che vengono ordinate dai clienti a pallet interi piuttosto che a colli, e quindi come tali vengono movimentate.

Dal punto di vista operativo, la fase di prelievo, per abbassamenti o per prelievo di pallet interi, è del tutto analoga alla fase di stoccaggio: l'operatore deve effettuare la scansione del barcode situato sul corrente del magazzino e/o di quello del pallet, prima di abbassarlo per effettuare il replenishment dello stock di picking ovvero per prelevare un pallet intero e portarlo in zona spedizione. Nel caso di replenishment, l'operatore dovrà anche leggere l'identificativo della postazione di picking per confermare l'avvenuto abbassamento.

Dal momento che il sistema informativo del Cedi è aggiornato in tempo reale, non si rendono necessari inventari manuali di riordino in quanto questi sono di fatto automatici. Il Cedi è in grado di evadere circa il 97,35% degli ordini con la giacenza disponibile, con conseguente incidenza degli stock-out pari al 2,65% circa. L'incidenza degli scaduti per superamento della shelf life risulta pressoché trascurabile.

10.5.4. Picking

L'attività di picking (anche denominata *order selection*) consiste nel prelievo di una certa quantità di imballaggi secondari contenenti nel caso specifico prodotti alimentari omogenei, per allestire pallet misti, secondo quanto indicato in una picking list, in risposta agli ordini ricevuti dai clienti. I colli da prelevare sono contenuti all'interno di pallet interi, posizionati in un'apposita area del magazzino, denominata area di picking; tale area può essere fisicamente costituire il livello a terra del magazzino intensivo, come normalmente accade nei Cedi del largo consumo italiano. L'attività di picking necessita quindi anche di operazioni di replenishment dello stock a disposizione.

Gli allestimenti in picking vengono effettuati dagli operatori impiegando carrelli commissionatori e seguendo una picking list, che può essere cartacea ovvero disponibile sul terminale in radiofrequenza. La picking list contiene indicazioni relative a un singolo ordine o a una parte di esso, e indica il percorso – già ottimizzato dal sistema informativo aziendale – che l'operatore dovrà seguire per il prelievo delle referenze.

L'attività di picking si svolge solitamente per 300 giorni all'anno e coinvolge 38 operatori per turno, con l'impiego di un analogo numero di carrelli. Le operazioni di picking permettono di allestire circa 1050 pallet/giorno, corrispondenti a 232 ordini composti da 150 linee d'ordine ciascuno; si stima che la quantità media di prodotto contenuta in una linea d'ordine sia di 1,8 colli.

Gli allestimenti di picking vengono effettuati sfruttando tecnologie e processi assai differenti tra loro. Si può rilevare, infatti, l'utilizzo del sistema voice picking o di terminali barcode di tipo wearable, che consentono all'operatore di avere sempre entrambe le mani libere per effettuare gli allestimenti. In altri casi, è possibile che le operazioni di picking vengano condotte utilizzando picking list costituite da "blocchi" di etichette, da applicare su ogni collo durante il prelievo. Possono essere altresì utilizzati lettori barcode classici, tramite i quali vengono identificate le postazioni da cui si preleva o direttamente i seriali dei pallet alla spina. A seconda della tipologia di picking adottata, variano anche le eventuali operazioni di verifica effettuate presso le banchine di spedizione e necessarie per intercettare eventuali errori.

Le procedure di picking che meglio rappresentano un trade-off tra l'esigenza di produttività e quella di accuratezza prevedono l'impiego di scanner ottici con cui identificare la sola postazione di prelievo. In questo caso l'operatore, che deve provvedere al prelievo dei prodotti indicati nella picking list, segue il percorso indicato nel documento stesso e identifica, mediante scansione ottica (barcode) o lettura del seriale (voice picking), il vano da cui vengono prelevati i colli di ciascuna referenza di prodotto alimentare. A livello di WMS, in fase di abbassamento, è già stata creata l'associazione tra il vano di picking e la referenza abbassata in quella postazione.

Operando in questo modo, i tempi necessari per rintracciare la postazione di picking sono già ottimizzati, mentre le operazioni di identificazione della postazione di picking si aggirano intorno ai 10 secondi per ogni linea d'ordine prelevata, valore complessivo dei tempi di inserimento/conferma delle quantità

prelevate. Nel caso di prodotti a peso variabile, invece, è necessaria la scansione di ogni singola etichetta dei colli prelevati, proprio per acquisire l'informazione relativa al peso del singolo collo allestito. Il sistema informativo risulta pertanto costantemente aggiornato circa le tipologie di case prelevati, ma non può effettuare alcun controllo sulle quantità, se non nel caso di prodotti a peso variabile, come nel caso di prodotti alimentari interi quali ad esempio prosciutti o formaggi interi.

10.5.5. Packing & marking

L'attività di packing & marking comprende una serie di operazioni necessarie per rendere idonee alla spedizione le linee d'ordine prelevate in fase di retrieving o di picking.

Una volta concluse le operazioni di cui sopra, l'unità di carico con le varie referenze alimentari deve infatti essere perfezionata in base alle esigenze del cliente, affinché possa essere correttamente spedita e ricevuta.

Tali perfezionamenti possono riguardare, a titolo esemplificativo:

- il tipo di imballaggio utilizzato (pallet, octabin o roll container);
- i vincoli di peso e volume da rispettare per l'unità di carico, dettati, per esempio, da vincoli di stoccaggio del cliente;
- l'utilizzo di una paletta per ogni referenza allestita;
- il tipo di supporti di stabilizzazione utilizzati;
- l'applicazione di supporti di identificazione standard per l'intera udc o per ogni referenza.

Inoltre, ogni unità di carico prelevata in retrieving o allestita in picking dovrà soddisfare le richieste complessive di quantità e qualità di prodotti specificate dall'ordine cliente. Per tale motivo, le unità di un medesimo ordine cliente dovranno essere controllate prima della spedizione. Solitamente si trova un compromesso tra esigenze di accuratezza e di produttività, effettuando un controllo a campione delle referenze allestite in picking. Un numero di unità di carico mediamente oscillante tra il 5% e il 10% viene quindi controllato puntualmente in quantità e mix al fine di individuare eventuali errori. Tali verifiche richiedono in media circa 2 minuti per unità di carico allestita. Nonostante questi controlli, le operazioni di picking sono comunque soggette a errori residui, principalmente di quantità e mix, che interessano circa lo 0,2% delle unità di carico allestite.

Al termine di ogni allestimento, l'unità di carico viene stabilizzata mediante idonei supporti ed etichettata con un'etichetta logistica identificativa dell'allestimento, dell'ordine cliente e della relativa destinazione; l'etichetta sarà utilizzata nella successiva fase di spedizione e/o per il ricevimento. Terminata la sequenza di operazioni, il pallet viene portato in un'area di staging che il più delle volte coincide con il fronte della banchina di spedizione.

10.5.6. Spedizione

In questo processo i pallet allestiti vengono caricati su mezzi di trasporto in uscita, per comporre un carico in spedizione. Da un Cedi di medie dimensioni del largo con-

sumo italiano vengono spediti mediamente circa 2000 unità di carico al giorno, corrispondenti a circa 100.000 colli/giorno. Le spedizioni avvengono utilizzando 30 banchine, esclusivamente dedicate alle attività di spedizione, su 300 giorni all'anno. Il processo di spedizione prevede che i pallet di tutte le unità di carico destinate a tale fase vengano controllati visivamente dall'operatore preposto e, eventualmente, dal trasportatore stesso. Grazie alla copertura in radiofrequenza, ogni pallet che deve essere spedito viene scannerizzato e quindi associato alla banchina dalla quale verrà fatto uscire. In questo modo, è alquanto improbabile che nel processo vengano compiuti errori.

L'unico caso, peraltro non così infrequente, di errore è quello in cui, nella fretta del carico, più unità vengano movimentate contemporaneamente senza procedere alla lettura del barcode di ciascuna di esse. Il risultato è che un'unità di carico venga spedita senza essere destinata al vettore, ovvero che una spedizione non possa essere "chiusa" per la mancanza dell'unità di carico non scannerizzata. Nel primo caso, solitamente l'unità di carico spedita per errore è da considerare persa (e concorre a determinare differenze inventariali), mentre nel secondo caso sono necessari tempi aggiuntivi per rintracciare l'unità di carico responsabile della mancata chiusura del carico. Il controllo visivo, l'associazione del pallet alla banchina di spedizione e l'identificazione dei pallet presenti fanno sì che il tempo medio di spedizione di un pallet sia di circa 0,3 minuti.

In fase di spedizione, non vengono inviate particolari informazioni di tracciabilità ai clienti. Le uniche informazioni che possono essere contemplate sono quelle riportate sulle etichette logistiche dei pallet interi, eventualmente applicate direttamente dal Manufacturer a fine produzione. Nel documento di trasporto compaiono solitamente i codici delle referenze che compongono l'allestimento, le quantità, il numero di pallet presenti e l'identificativo del cliente cui il prodotto è destinato; eventualmente può essere aggiunta l'informazione del lotto. Nei casi in cui il fornitore trasmette in formato elettronico un DESADV al cliente, le stesse informazioni vengono trasmesse in formato elettronico al sistema informativo del cliente, abilitando un controllo automatico tra i due flussi informativi (matching automatico).

10.6. I PROCESSI DI DISTRIBUZIONE DI PRODOTTI ALIMENTARI FRESCHI E FRESCHISSIMI

Per i prodotti alimentari ad alto tasso di rotazione, caratterizzati da bassa shelf life e necessità di stoccaggio e trasporto ambienti refrigerati (Fast Moving Consumer Goods - FMCG) la logistica distributiva sarà differente da quanto sopra descritto perché non sussistono i tempi per poter approcciare la distribuzione con stoccaggio presso i CEDI. Questo può facilitare anche la commercializzazione di prodotti alimentari in promozione che devono avere un basso tempo di permanenza nella supply chain alimentare.

L'approccio seguito in questo caso è quello di utilizzare il centro di distribuzione in "cross-docking". L'azienda alimentare invia prodotto verso il centro di distribuzione (in questo caso gestito come "Transit point") dove il pro-

dotto alimentare confezionato fresco o freschissimo non viene stoccato come nel caso di prodotti non deperibili descritto in precedenza, ma deve "attraversarlo" subendo eventualmente fasi di consolidamento o picking prima descritte anche per il centro di distribuzione per prodotti non deperibili. Avviene quindi una fase di de-consolidamento dei carichi in inbound e consolidamento dei carichi in outbound verso punto vendita. Tutti i prodotti vengono quindi trasportati con mezzi di trasporto possibilmente a pieno carico e nel caso specifico del mercato italiano attraverso mezzi su gomma refrigerati. Walmart, nata nel primo dopoguerra, è stato il primo ad introdurre negli anni 90 il concetto di cross docking e transit point applicato al settore alimentare. Questa azienda ha costruito su best practices di supply chain management per il settore alimentare e ad oggi è la maggiore azienda del settore privata mondiale con un pil pari a circa un terzo di quello dell'Italia. Con riferimento alle dimensioni italiane possiamo comunque indicare che in un ipermercato della grande distribuzione vi siano 60-70000 referenze per Iper piccolo e 100-120000 referenze per un iper grande.

Obiettivo della gestione a cross-docking è quella di creare scorte zero, attraverso una gestione degli ordini coordinati da punto vendita a centro di distribuzione e da centro di distribuzione a produttore dell'alimento finito confezionato. Tramite una sincronizzazione degli ordini allo stesso momento si elimina quindi la fase di stock presso il centro di distribuzione.

Come descritto in precedenza nel sistema tradizionale AS IS ogni punto vendita (ipermercati, supermercati intesi come ultimo anello della supply chain) emette un ordine "indipendente" non coordinato con quello degli altri punti vendita. Questo avviene grazie al ruolo degli addetti di un certo reparto del punto vendita che in funzione della situazione di stock per ogni referenza, decide quanto prodotto riordinare. Raccolte le varie esigenze vengono trasmesse tramite un ordine al centro di distribuzione, dopodiché avviene una evasione degli ordini dal centro di distribuzione utilizzando lo stoccaggio di prodotti disponibile. Questo prevede che ci sia sempre in nel centro di distribuzione un prodotto a stock che serve per tutti i punti vendita. La quantità da tenere a stock viene decisa in funzione delle regole classiche di stoccaggio dove non devono esserci scorte troppo alte per avere prodotto, ma non elevati costi di giacenza, né troppo basse per evitare un rischio di stock out e backlog. Stock-out è quando a fronte di un ordine non c'è la merce disponibile, e quindi potrebbe essere perso. Il punto vendita in questo caso se il prodotto non arriva ha vendite perse mentre backlog indica uno spostamento dell'ordine in avanti quando la merce sarà disponibile.

Dall'altra parte se ordino invece grande quantità riesco ad avere sconti sul prodotto, ma comunque devo avere a che fare con elevati costi di giacenza e anche il rischio di markdown, ossia il deprezzamento del prodotto a causa ad esempio nel settore alimentare del raggiungimento della scadenza o del termine minimo di conservazione del prodotto prima che questo sia venduto, o anche il raggiungimento di un certo numero di giorni di vita utile, togliendo poi giorni di shelf life al consumatore. In funzione di queste considerazioni ogni punto vendita adotta la sua politica di gestione delle scorte come sopra riportato e sulla base di questa politica emette poi gli ordini verso i fornitori. Gli ordini

sono anche in questo caso indipendenti e non coordinati. Il centro di distribuzione riceve quindi dai vari fornitori il prodotto ordinato. In questo caso l'ordine è emesso per aver trasporti a pieno carico FTL (Full Track Load). In questo modo il centro di distribuzione serve tutti i punti vendita. Solitamente un centro di distribuzione per alimentare ha comunque aree differenti divise per tipologie di conservazione (fresco, secco, congelato).

In conclusione l'approccio tradizionale ha il vantaggio di avere sia in ingresso sia in uscita trasporti FTL ottimizzati. La vera criticità è invece connesso con il costo delle scorte, che sono legati sia a possibili out of stock (se si sceglie di avere uno scorta bassa) o di immobilizzo o di markdown (se si sceglie di tenere una soglia di stoccaggio alta).

Proprio per il concetto di elevato rischio di markdown, i prodotti dell'ortofrutta, i latticini ed in generale tutta la tipologia refrigerata ha quindi la scelta quasi forzata di procedere con sistema in cross docking rispetto ad un processo tradizionale. È una innovazione di processo piuttosto che strutturale.

Il primo requisito del nuovo processo per il cross docking è quindi avviare una gestione degli ordini coordinata, sia degli ordini da punto vendita a centro di distribuzione, sia da centro di distribuzione a fornitore. Se nel modello tradizionale ogni PV poteva fare un ordine indipendentemente da un altro PV, nel nuovo approccio gli ordini dei vari PV vengono invece gestiti in maniera sincronizzata all'interno di una determinata finestra temporale pattuita.

Come secondo aspetto si ha che si deve eliminare lo stock al CEDI, e questo implica una gestione particolare dei fornitore e dei punti vendita.

Si illustra ora il processo indicando per una generico CEDI in cross docking:

- generici produttori di alimenti confezionati $j=1,2,3,\dots,m$
- generici punti vendita da servire da parte del centro di distribuzione $i=1,2,3,\dots,n$

si prenda poi con t il tempo (giorno) e T l'orizzonte temporale di riferimento (sufficientemente ampio). Nel periodo T si suppone che i flussi in ingresso e in uscita comunque si equilibrano.

Sulla base di quanto sopra descritto si indica con:

- $q_{ij}(t)$ la quantità richiesta da i a j all'istante t
- $Q_j(t)$ la quantità spedita al Cedi da j all'istante t

In una condizione di cross docking rispetto alla situazione con stoccaggio vista in precedenza per prodotti non deperibili a lunga scadenza, per qualsiasi t si ha:

$$Q_j(t) = \sum_1^n i q_{ij}(t)$$

Con un approccio tradizionale in un istante generico si poteva avere che questo valore non corrispondesse secondo la seguente relazione

$$Q_j(t) \neq \sum_1^n i q_{ij}(t)$$

Alla luce di questa considerazione è possibile visualizzare il processo tramite una matrice con dati input e output nell'unità di tempo t generico come di seguito riportato:

F \ PV	1	2	...	i	...	N
1						
2						
...						
j				q_{ij}		
...						
M						

Sulle righe abbiamo quindi la quantità richiesta Q_j nell'istante t dai diversi punti vendita per la tipologia di riferimento J , mentre sulle colonne avremo la quantità complessiva richiesta dal punto vendita i per tutte le M tipologie di prodotto.

Considerando quindi tutti i generici punti vendita da fornire si avrà immediatamente che

$$Q_i(t) = \sum_1^m i q_{ij}(t)$$

Nel caso di un sistema gestito in cross docking avremo quindi che $Q_i(t) = Q_j(t)$.

Se vale il concetto di coordinamento e sincronizzazione gli ordini avvengono allo stesso t , allora il CEDI non ha più bisogno di tenere scorta perché quello che entra in t esce sempre in t .

Al fine di gestire il CEDI come transit point con flussi rapidi e senza stoccaggio e in modo coordinato, si avrà infine un cambiamento dei processi del Cedi che diventano ora rispetto a prima:

- Receiving
- Sorting
- Packing marking e
- Shipping

Si illustreranno ora brevemente i processi di ciascuna delle fasi descritte qui sopra.

10.6.1. Receiving

In questa fase si svolge il ricevimento del prodotto da parte del fornitore. Bisogna verificare che per il generico fornitore j venga consegnata la quantità Q_j . La Q_j a sua volta è fatta per referenze, ossia è la somma delle quantità per speci-

fica referenza. Ipotizzando di avere come sopra riportato M fornitori j differenti, si avrà che il generico fornitore j consegna una quantità Q_j contenente un certo numero di referenze R .

Indicando con $r = 1, 2, \dots, R$ una generica referenza, si avrà:

$$Q_j = \sum_1^R q_{j,r}$$

Al ricevimento si tratta di controllare che le quantità ricevute corrispondano in mix alle quantità, ma anche in stato, rispetto a quanto ordinato. Devo verificare che per la referenza R siano arrivate le quantità previste, perché se ne arrivassero meno qualche punto vendita non riceverebbe le quantità previste. Nel caso di prodotti a peso fisso il controllo delle quantità è semplice, si contano le confezioni; se il prodotto è invece a peso variabile come il formaggio, bisogna pesare le forme per capire se la somma dei pesi corrisponde a quanto ordinato.

Alla referenza ricevuta corrisponde una quantità dotata di un certo mix e in un determinato stato.

Lo stato in cui può trovarsi la merce non è sempre ottimale, ma è possibile ritrovare casi in cui il prodotto sia:

- (i) danneggiato,
- (ii) scaduto,
- (iii) oltre la vita commerciale prevista in quella fase,

oltre allo stato del prodotto deve essere verificata la idoneità dell'imballaggio, della sua codificazione e la sua preparazione in vista delle fasi successive.

Con riferimento all'industria alimentare, considerando il caso di un prodotto alimentare fresco (ad. Esempio prosciutto affettato confezionato in vaschette in atmosfera protettiva) ricevuto dal fornitore industria alimentare e destinato ad un punto vendita finale, si può considerare come accettabile da parte del CEDI un tempo di vita residua al momento del ricevimento pari almeno a 2/3 della vita utile stimata. Considerando 30 gg come ipotetica vita utile di una confezione di prosciutto affettato in vaschetta, si considera su queste premesse come non accettato il prodotto se consegnato oltre il 9 giorno di vita utile. Se consegnate un prodotto che scade prima del 20° giorno residuo, il prodotto viene respinto. Potrebbero esserci inoltre delle particolari esigenze dal punto di vista dell'imballaggio, come ad esempio nelle promozioni in cui il prodotto è confezionato in pack multipli. È fondamentale inoltre che il codice a barre corrisponda alla particolare tipologia prevista e che sia integro per la lettura. Se il codice è illeggibile tutte le volte alla cassa la cassiera deve digitare il prezzo previsto. Anche questo tipo di controllo viene fatto.

Nel momento della preparazione della referenza inoltre vige la regola che ad una referenza corrisponda almeno un "legno" inteso come pallet di supporto del prodotto. In caso di poca quantità per referenza è possibile sovrapporre più referenze tra loro a formare un imballaggio di trasporto nel quale tuttavia vi sarà una separazione da parte di legni tra le varie referenze (vedere figura sottostante). In questo caso sono legni diversi sovrapposti per agevolare l'operazione successiva di sorting. Ci sarà un legno ad esempio per il prosciutto cotto e un legno

per il prosciutto crudo anche se sempre nella stessa vaschetta in atmosfera controllata. Se le quantità sono basse si hanno quasi più legni che prodotto (in particolare per prodotti basso rotanti). Possono inoltre essere presenti confezioni che non saturano lo strato e quindi la loro disposizione deve essere accuratamente gestita per rendere sovrapponibili vari legni con diverse referenze.

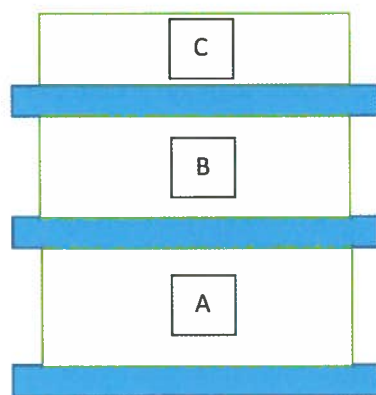


Fig. 10.16 - Esempio di referenze sovrapposte divise da "legni" all'interno dello stesso imballaggio di trasporto.

Tutte queste operazioni devono essere quindi controllate in fase di receiving. Se tutti gli aspetti sopra riportati sono conformi a quanto previsto a questo punto il prodotto deve essere smistato attraverso una operazione di sorting.

10.6.2. Sorting

La fase successiva che si presenta nel CEDI per la gestione dei prodotti alimentari freschi e freschissimi è quella di sorting. Questa fase è relativa allo smistamento per cliente, in funzione degli ordini ricevuti da ciascuno di essi. Ogni organizzazione può decidere se dotarsi di sistemi automatici di smistamento (sorter automatici) o eseguire l'operazione manualmente. La scelta è in funzione dei flussi e della convenienza economica dell'introduzione di sistemi automatici. Ad oggi ad esempio grandi realtà (anche se non lavoranti principalmente nel settore alimentare) come Amazon e UPS hanno deciso di automatizzare completamente il loro processo. La variabilità dimensionale degli alimenti però è rilevante (differenza ad esempio tra vassoio di yogurt a forma di parmigiano reggiano), e quindi molto spesso per l'alimentare si preferisce ricorrere a un sorting di tipo manuale con operatori. Non è dimostrato attualmente un ritorno economico per l'attuazione di sorter automatici nell'industria alimentare.

Nel caso di un sorting manuale ad esempio (vedi fig. 10.17), ogni pallet dotato di bar code o idoneo sistema di identificazione automatica si può ad esempio muovere manualmente in direzione longitudinale incontrando diversi canali corrispondenti a i vari punti vendita; una volta letto il segnale di quel particolare

prodotto da attribuire a quel particolare punto vendita da parte di un lettore usato da un operatore con carrello a forche, una certa quantità della referenza viene spostata su un nuovo pallet e inserita in direzione trasversale andando ad occupare la zona dedicata a quel particolare punto vendita. La somma dei legni accumulati per punto vendita andranno poi a costituire una o più unità logistiche costituite da legni di differenti prodotti sovrapposti che andranno tutti a quel particolare punto vendita.

Fondamentale è che il bar code sia univoco per referenza, in modo che una volta in prossimità del canale del punto vendita questo possa essere attribuito in funzione delle specifiche richieste provenienti da uno o dall'altro punto vendita.

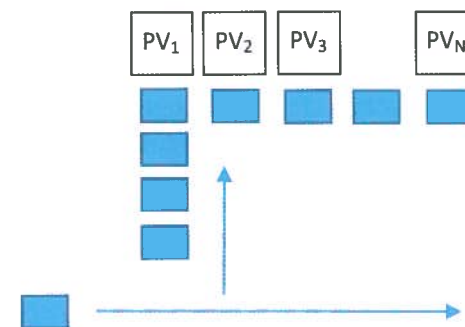


Fig. 10.17 - Esempio di sorting manuale per prodotti alimentari.

L'operazione viene svolta da un operatore che legge il barcode univoco da un pallet da "ventilare" a cui è assegnato un Serial Number (SN); questo SN è completo di informazioni relative a tipologia di referenza (attribuita dal codice GTIN) e quantità di prodotto. Questa lettura recupera il codice referenza e quantità e sa ad esempio che l'operatore ha preso in carico la referenza x in quantità totale y. Questa informazione passa poi a livello di Warehouse Management System (WMS) a confrontarsi con la lista ordini del punto vendita. Da qui parte la missione di "ventilazione" ossia di attribuzione delle quantità ai diversi punti vendita.

Il WMS conosce quanti cartoni per punto vendita devono essere "ventilati", quindi questa missione viene passata all'operatore e dice quanti cartoni devono consegnare al punto vendita predefinito da sistema. L'operatore arriva in corrispondenza della zona relativa che viene notata, perché di solito vede evidenziata in alto l'indicazione del punto vendita a cui destinare la merce. Anche il pallet in pianta avrà un'etichetta bar code con un serial number che viene indicato come SN*, cioè il serial number del pallet di destinazione. Questa operazione va al WMS che dice se questa attribuzione è corretta o se l'operatore ha sbagliato il punto vendita precedentemente indicato. Se corretto l'operatore deposita le quantità indicate da WMS e procede verso il successivo punto vendita indicato da WMS. Si può arrivare a gestire circa 30-40 punti vendita da parte del centro di Distribuzione.

Alla fine di questo processo si avranno pallet A, B, C, D referenze anche

su più pallet per ciascuna richiesta da quel punto vendita. Si andrà quindi a consolidare pallet finali dotati anche di diversi Serial Number per generica referenza. Quello che è importante è che il sistema informativo conosca tutte queste informazioni.

Finito il sorting si hanno delle pedane identificate con un seriale che comprende una parte o tutta la quantità che corrisponde al quel punto vendita. Il processo successivo è il cosiddetto packing and marking

10.6.3. Packing marking

Normalmente viene fatto nella stessa posizione oppure in una zona dedicata a seconda del flusso. Qui si fa un controllo della ventilazione, che normalmente visto il valore della merce è a campione. Si controlla solamente una quantità che l'operatore riceve da WMS andando a eseguire una lettura del bare code del SND, recupera quindi la lista delle referenze attese per quel serial number. Questa lista viene inviata all'operatore e per ogni referenza della lista si procede a fare una lettura a bare code e confermare le quantità. Si tratta quindi di un processo di conferma delle quantità. Se in quel pallet devono esserci 4 cartoni, si verifica che il processo precedente li abbia assegnati correttamente. Se confermata la quantità della specifica referenza, si procede controllando la successiva referenza assegnata a quel punto vendita.

Controllo a campione vuol dire non controllare tutti i seriali preparati in precedenza, ma solo alcuni di essi. Si procede quindi con la fasciatura ossia fasciando il pallet con un film plastico estensibile, che rende di fatto il pallet stabile.

Si procede quindi con la etichettatura a seguito dello stampaggio di una etichetta logistica in SSCC (Serial Ship Container Code) codificato tramite bare code o RFID. In questo caso il SSCC è in rapporto 1:1 con SN_D. Fasciatura, etichettatura e poi stampa dei DDT (Documento Di Trasporto) e assegnazione al giro camion.

Si crea quella gerarchia Camion, che è 1:N con i DDT e a loro volta i DDT sono 1:N con gli SSCC. Questa operazione è un processo prima informatico che serve quindi dopo alla fase di staging. Lo staging è il posizionamento del pallet a fronte banchina dove poi dovrà essere spedito.

Si preparano quindi in prossimità della banchina (area di staging) tutti i pallet per saturare il mezzo di carico, quindi 11 file da 3 Euroepal posizionati per lato corto. L'area di staging può essere quindi 2,40 m per 13,2 m per mezzi con FTL da 33 Euroepal. Si tratta di tratteggiare a pavimento un'area di tali dimensioni.

10.6.4. Shipping

Arriva il vettore e il viaggio deve essere caricato e anche qui dopo avere fatto tutte le operazioni di attracco in banchina, l'operatore addetto al carico procede seguendo le indicazioni del WMS.

In caso di lettore RFID, su un terminale viene caricato l'ID del Viaggio che viene passato al WMS che recupera il piano di carico del mezzo. A questo punto l'elenco dei DDT assegnati a quel piano di carico viene passato all'operatore.

Per ogni SSCC avviene la lettura del tag RFID che viene passato al WMS, che verificato il tutto procede alla fase successiva. A volte gli SSCC vengono sovrapposti a formare una stessa UDC (Unità di Carico).

Se l'errore è grave può essere bloccante, perché potrebbe essere che il processo sia sbagliato e bisogna chiamare il capo reparto per evitare di caricare pallet sbagliati su camion sbagliati. Questo processo serve ad evitare il cosiddetto pallet "disfidato", ossia quel pallet che viene caricato su un mezzo sbagliato. Ad un punto vendita può arrivare un pallet in più ed ad un altro un pallet in meno o scambiati, con costi logistici elevati di reso.

Questo è quanto avviene nel CEDI a seguito dell'applicazione del processo di Cross Docking.

Concludendo, per ottenere come obiettivo scorte zero il CEDI deve avviare:

- innovazione di processo (ordini sincronizzati);
- cambio dei processi del CEDI (divenuto un Transit point) con area del receiving, sorting, staging e banchine di spedizione.

Il CEDI diviene quindi un'area dove al mattino arrivano e si hanno decine di migliaia di cartoni, e alla sera è vuoto (non ci sono scorte).

10.7. BIBLIOGRAFIA

- Bottani, E., Rizzi, A., Vignali, G. (2015). Improving logistics efficiency of industrial districts: a framework and case study in the food sector International Journal of Logistics Research and Applications, 18 (5), pp. 402-423
- Caron F, Marchet G, Wegner R (1997) Impianti di movimentazione e stoccaggio dei materiali: criteri di progettazione. Hoepli, Milano
- Chopra S, Meindl P (2007) Supply chain management: strategy, planning & operations. Prentice Hall
- Christopher M (2000) The agile supply chain: competing in volatile markets. Industrial Marketing Management, 29(1): 37-44
- Christopher M (2005) Logistics and supply chain management: creating value-adding networks. Prentice Hall - Financial Time
- Indicod-Ecr (2006a) L'identificazione delle unità consumatore. http://indicod-ecr.it/chisiamo/manuale/05_Capitolo_2-Parte_I.pdf
- Indicod-Ecr (2006b) Piattaforma condivisa per la tracciabilità alimentare. <http://indicod-ecr.it/soluzioni/supply/tracciabilita/piattaforme-condivise/prodotti-alimentari/>
- Indicod-Ecr (2007b) L'identificazione delle unità imballo. http://indicod-ecr.it/chisiamo/manuale/05_Capitolo_2-Parte_I.pdf
- Indicod-Ecr (2007c) GS1 DataBar e Composite Symbology. http://indicod-ecr.it/chisiamo/manuale/16_Capitolo_13-Parte_II.pdf
- Indicod-Ecr (2007d) La simbologia ITF-14. http://indicod-ecr.it/chisiamo/manuale/14_Capitolo_11-Parte_II.pdf
- Indicod-Ecr (2008) Parte V: Business case EPC - La gestione degli asset riutilizzabili nella filiera dell'ortofrutta. http://indicod-ecr.it/prodottiservizi/download_documenti/Report%20Parte%20V_A.pdf
- Indicod-Ecr (2010) Guida pratica all'uso del codice a barre. http://indicod-ecr.it/prodottiservizi/download_documenti/GuidaPraticaUsoCodiceBarre.pdf
- Rizzi, A., Montanari, R., Bertolini, M., Bottani, E., Volpi, A., 2011. Logistica e tecnologia RFID Creare valore nella filiera alimentare e nel largo consumo, ed. Springer-Verlag Milano, ISBN 978-88-470-1929-4.

*Quelli che bevono sempre,
non gustano mai.*

M.Prior "Upon a passage in the Scaligerana"



Geniale Gusto
M.ro Lello Esposito
Disegno digitale 2017 per il testo Ingegneria Alimentare

L'INDUSTRIA VINICOLA

11.1. LA VINIFICAZIONE

11.1.1. Definizione

Il vino è una bevanda alcolica fermentata ottenuta esclusivamente dalla fermentazione (totale o parziale) di uva pigiata o no, o di mosto d'uva.

Il termine deriva dal latino *vinum* (che a sua volta prende origine dalla parola sanscrita *vena*, amare, da cui derivano anche i termini *Venus* e *Venere*).

Il vino si può ottenere da qualità di uve appartenenti alla specie *Vitis vinifera* o provenienti da un incrocio tra questa specie e altre specie del genere *Vitis*, come ad esempio la *Vitis labrusca*, la *Vitis rupestris* ed altre.

In Italia per la produzione di vino possono essere usate solo uve appartenenti alla specie *Vitis vinifera*. La terminologia relativa al vino utilizza molti vocaboli in lingua francese; per alcuni di essi esistono i corrispondenti termini in italiano, mentre per altri convenzionalmente si ricorre ai termini francesi, che sono entrati così anche nel nostro lessico.

11.1.2. Cenni storici

I Primi reperti fossili di *Vitis vinifera* risalgono a 2 milioni di anni fa.

La *Vitis vinifera* cresceva spontanea già 300.000 anni fa.

Le più antiche tracce di coltivazione della vite sono state rinvenute nella Turchia orientale. È accertato che la produzione su larga scala di vino è iniziata dopo il 3.000 a.C. (circa 5.000 anni fa).

Attraverso i Greci e i Fenici il vino entrò in Europa. I poemi omerici testimoniano la presenza e l'importanza del vino: a Polifemo, ad esempio, venne propinato allo stato puro un vino che secondo le usanze dell'epoca veniva diluito con 16 parti di acqua!

All'epoca dell'Impero Romano la viticoltura si diffuse enormemente, raggiungendo l'Europa settentrionale.

Nei secoli del Medioevo i riferimenti biblici influenzarono fortemente lo sviluppo della vitivinicoltura: il buon vino era sinonimo di purezza, gioia e prestigio.

Si comincia a delineare decisamente in quei secoli il ruolo centrale della Francia nella produzione di grandi vini, ruolo che però negli ultimi decenni del

secolo scorso (1900) ha cominciato a conoscere competitori e antagonisti in Italia, in Spagna e in altri paesi del Mediterraneo.

Senza dubbio l'Italia è un paese straordinariamente vocato alla viticoltura, anche se questa vocazione naturale del territorio non è stata mai sfruttata appieno; infatti, nel tempo (addirittura nei secoli), in molte zone d'Italia è cambiato ben poco nel modo di coltivare la vite e nel fare il vino, ovvero vinificare.

Da qualche decennio, per fortuna, qualcosa sta cambiando; in modo sempre più deciso le aziende vitivinicole cominciano a lavorare sulla qualità, sulla resa per ettaro coltivato e sull'applicazione di criteri scientifici in fase di vinificazione. Così al fianco di Sassicaia, Tignanello ed altri grandi vitigni, sono in fase fortemente espansiva numerosi vini eccellenti, che nulla hanno da invidiare ai grandi vini francesi, californiani o australiani. Tuttavia, pesano ancora come un macigno le parole di un viticoltore francese che negli anni '50 del '900 disse: "Voi da uve d'oro fate vini d'argento, noi da uve d'argento facciamo vini d'oro".

11.1.3. Il mercato del vino

Attualmente la superficie vitata nel mondo è di circa 8 milioni di ettari (uva da vino + uva da tavola) con una produzione di circa 280 milioni di hl di vino¹ (tab. 11.I).

I primi dieci paesi produttori di vino producono circa l'80% del vino totale (tab. 11.II).

La superficie vitata in Italia è, secondo recenti rilevazioni (2014 <http://www.uiv.it>), pari a 641.743 ettari, ripartita tra uva da vino (92%) e uva da tavola (8%). A livello regionale vi sono regioni che continuano a perdere quote di terreno coltivato (Sicilia, Calabria, attorno a 2.000 ettari, e il Lazio maglia nera con 4.000), anche se non controbilanciate da quelle poche che ormai da alcuni anni, grazie a ben precisi fenomeni come Prosecco e Pinot grigio, crescono, ovvero Veneto (+1.650 ettari) e Friuli Venezia Giulia (+500). Oltre a questi dati sul totale nazionale deve essere sottolineato come nel 2015, secondo i dati diffusi dal Sinab, il totale delle produzioni biologiche è balzato a 83.643 ettari, 12.000 in più rispetto al 2014, con un'incidenza sul totale vigneto Italia del 13%, contro l'11% dell'anno precedente.

L'Italia con questi dati risulta essere seconda in Europa dietro solamente la

Continente	Superficie vitata (migliaia di ha)	Produzione uva (milioni di q.li)	Produzione vino (milioni di hl)	Consumo vino (milioni di hl)
Africa	323	33	9,5	6,1
America	870	113	47,7	44,1
Asia	1.517	120	7,6	9,8
Europa	5.019	328	209,5	157,1
Oceania	135	13,5	9,1	4,2
Totale mondo	7.864	608	283,4	221,4

Tab. 11.I - Superfici vitate, produzioni e consumi nel mondo.

¹ Dati soggetti a variabilità anno per anno per ragioni locali e geopolitiche.



Vigneti tipici d'Italia.



Vigneti tipici d'Italia.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015E	2016E	Media
Italia	43,4	44,7	40,6	38,3	45,0	39,7	47,7	48,8	44,0
Francia	46,8	45,4	51,1	42,1	42,4	46,7	47,8	41,9	46,4
Spagna	34,8	34,8	32,5	30,4	44,7	38,2	37,2	37,8	36,4
Germania	9,2	6,9	9,1	9,0	8,4	9,2	8,8	8,4	9,0
Portogallo	5,9	7,1	5,6	6,3	6,2	6,2	7,0	5,6	6,4
Russia		7,6	7,0	6,2	5,3	4,9	4,9	4,9	5,5
Romania		3,3	4,1	3,3	5,1	3,8	3,5	4,9	4,1
Ungheria	3,2	1,8	2,8	1,8	2,6	2,6	2,9	2,7	2,6
USA	22,0	20,9	19,1	21,7	23,6	23,7	22,1	22,5	21,5
Cina	12,8	13,0	13,2	13,5	11,1	11,1	11,5	11,5	12,2
Australia	11,8	11,4	11,2	12,3	12,3	11,9	11,9	12,5	11,7
Argentina	12,1	16,3	15,5	11,8	15,0	15,2	13,4	8,8	13,8
Cile	10,1	8,8	10,5	12,6	12,8	10,5	12,9	10,1	10,5
Sud Africa	10,0	9,3	9,7	10,6	11,0	11,5	11,2	9,1	10,2
Altri	45,5	29,5	33,1	31,5	34,0	30,1	29,7	30,0	34,2
Totale	268	261	265	251	280	265	272	260	267

Tab. 11.II - Produzione mondiale di vino (hl/milioni). (Dati OIV).

Spagna (97.000 Ettari) ma davanti alla Francia che negli ultimi anni ha perso terreno su questa tipologia di produzione.

La produzione media italiana è di circa 47 milioni d'ettolitri, di cui il 46,4% rosso e 53,6% bianco, e rappresenta circa il 21% di quella mondiale e più del 33% di quella comunitaria (tab. 11.III).

	2014	Var. ha 2014/2000	Var. ha 2013/12
Piemonte	47.314	-4.925	-786
Valle d'Aosta	486	-122	200
Lombardia	22.475	-649	-424
Trentino Alto Adige	15.491	975	75
Bolzano	5.396	387	16
Trento	10.095	588	59
Veneto	79.849	7.183	1.652
Friuli Venezia Giulia	23.581	3.423	519
Liguria	1.535	-801	0
Emilia Romagna	51.901	-8.999	110
Toscana	57.942	-6.498	82
Umbria	12.958	-2.856	-57
Marche	17.505	-3.984	-58
Lazio	19.527	-25.421	-4.009
Abruzzo	32.853	-2.833	893
Molise	5.773	-2.608	233
Campania	23.900	-6.346	-290
Puglia	88.062	-23.008	1.352
Basilicata	4.018	46	0
Calabria	9.338	-8.837	-2.162
Sicilia	100.984	-35.910	-2.079
Sardegna	26.251	-8.599	7
Totale	641.743	-130.770	-4.742

Tab. 11.III - Superfici vitate in Italia (ettari). (Dati OIV).

	Vino	Bianco	Rosso	DOC	IGT	Comune	Mosto	Totale
2005	47.834	22.506	25.548	15.020	12.726	20.085	2.515	50.696
2006	47.117	21.876	25.241	14.794	12.598	19.724	2.515	49.631
2007	40.943	18.860	22.083	14.247	12.034	14.662	1.616	42.559
2008	43.946	20.803	23.143	14.441	13.129	16.377	2.299	46.245
2009	43.424	21.474	21.951	15.262	12.271	15.891	2.376	45.800
2010	44.703	22.174	22.529	15.743	13.953	14.997	2.041	46.745
2011	40.632	20.396	20.235	15.061	13.592	11.979	2.073	42.705
2012	38.265	19.629	18.637	16.026	12.546	9.693	2.808	41.074
2013	45.044	24.046	20.999	17.340	15.787	11.917	2.922	47.966
2014	39.741	20.874	18.867	16.373	13.452	9.916	2.346	42.088
2015	47.659	25.567	22.091	18.815	14.895	13.949	1.704	49.363
2015/14	20%	22%	17%	15%	11%	41%	-27%	17%
Media	43.574	21.655	21.938	15.738	13.362	14.472	2.292	45.897
2015/Media	9%	18%	1%	20%	11%	-4%	-26%	8%

Tab. 11.IV - Produzione di vino e mosti in Italia (hl/1000). (Dati OIV).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	15/14%
Abruzzo	3.028	2.283	2.443	2.728	2.273	2.777	22%
Basilicata	125	113	189	178	102	87	-15%
Calabria	323	302	400	370	314	404	29%
Campania	1.869	1.726	1.542	1.644	1.183	1.614	36%
Emilia Romagna	6.601	6.455	6.273	7.396	6.958	7.382	6%
Friuli Venezia Giulia	1.334	1.267	1.281	1.073	1.367	1.872	37%
Lazio	1.259	1.205	1.365	1.571	1.302	1.696	30%
Liguria	70	77	46	46	63	79	26%
Lombardia	1.349	1.313	1.222	1.301	1.424	1.410	-1%
Marche	927	741	918	1.039	915	959	5%
Molise	271	255	319	319	297	232	-22%
Piemonte	3.006	2.683	2.366	2.580	2.402	2.467	3%
Puglia	7.169	5.777	5.338	5.908	5.430	7.932	46%
Sardegna	475	486	503	638	746	794	6%
Sicilia	5.676	4.823	5.169	7.282	4.539	5.093	12%
Toscana	2.854	2.495	2.098	2.657	2.778	2.825	2%
Trentino Alto Adige	1.161	1.113	1.210	1.362	1.029	1.230	19%
Umbria	875	860	637	706	670	765	14%
Valle d'Aosta	22	20	17	20	15	14	0%
Veneto	8.351	8.710	7.740	9.148	8.281	9.733	18%
Italia	46.745	42.705	41.074	47.966	42.088	49.363	17%
Nord	21.893	21.639	20.154	22.924	21.539	24.187	12%
Centro	5.915	5.301	5.017	5.974	5.665	6.244	10%
Mezzogiorno	18.936	15.765	15.903	19.068	14.884	18.931	27%

Tab. 11.V - Produzione di vino e mosti per regione (hl/1000). (Dati OIV).

	DOC Bianco	DOC Rosso	IGT Bianco	IGT Rosso	Tav Bianco	Tav Rosso	Totale
Abruzzo	231	709	141	156	629	863	2.728
Basilicata	0	30	11	16	3	26	87
Calabria	15	52	9	31	59	238	404
Campania	170	106	112	79	474	673	1.614
Emilia Romagna	287	1.148	1.564	1.336	1.595	821	6.752
Friuli Venezia Giulia	544	110	557	165	348	149	1.872
Lazio	681	174	259	175	276	110	1.676
Liguria	31	12	16	8	7	5	79
Lombardia	308	479	258	203	54	109	1.410
Marche	233	115	59	114	211	226	959
Molise	4	16	22	19	61	111	232
Piemonte	1.025	1.079	-	-	47	316	2.467
Puglia	229	418	1.000	1.422	2.125	2.119	7.313
Sardegna	311	242	29	79	34	99	794
Sicilia	674	616	1.470	971	444	533	4.708
Toscana	163	1.593	137	638	63	231	2.825
Trentino Alto Adige	792	304	79	50	2	3	1.230
Umbria	198	158	123	189	52	46	765
Valle d'Aosta	5	8	-	-	1	2	14
Veneto	4.662	886	2.058	1.341	619	167	9.733
Italia	10.561	8.254	7.904	6.991	7.102	6.846	47.659
Nord	7.653	4.025	4.532	3.102	2.673	1.572	23.557
Centro	1.275	2.040	579	1.116	600	612	6.223
Mezzogiorno	1.632	2.189	2.793	2.773	3.829	4.662	17.879

Tab. 11.VI - Produzione di vino per regione e per tipologia (hl/1000). (Dati OIV).

11.1.4. Materie utilizzate nella vinificazione

Uva

La Vitis vinifera ha particolari esigenze climatiche, per cui prospera solo nelle zone temperate dei due emisferi tra il 50° e il 30° grado di latitudine nord e il 30° e il 40° grado di latitudine sud.

Vinificazione: mosto e vinacce

Dall'operazione di pigiatura si ricavano il "mosto" e le "vinacce":

- la vinaccia è l'insieme delle parti solide (polpa, semi o vinaccioli, buccia);
- il mosto è la parte liquida, contenente prevalentemente acqua (68 - 85%) e zuccheri (glucosio e fruttosio dal 10% al 30%), più altre sostanze azotate, minerali, tanniche ed acidi organici.

Gli zuccheri contenuti nel mosto sono:

- Glucosio (C₆H₁₂O₆): maggiormente presente in uve parzialmente immature.
- Fruttosio presente invece, in gran percentuale in uve con maturazione completa.

Gli zuccheri in genere sono presenti in maggiore quantità in zone calde, poiché prodotti attraverso la fotosintesi clorofilliana.

La percentuale di zuccheri presenti nel mosto determina il titolo alcolometrico del vino:

$$\% \text{ di zucchero} \times 0,6 = \text{volume alcolico} [\%]$$

La composizione del mosto è riportata in **Tab. 11.VII**.

Componente	%
acqua	68/85%
Zuccheri (glucosio fruttosio)	15-30%
Acidi (tartarico, malico, citrico)	0.5- 1,5%
Sali minerali (potassio, ferro, magnesio, rame, ecc.)	0,2 - 0,3%
Polifenoli (sostanze tanniche e coloranti)	0.1 -0,3%
Microrganismi: lieviti - batteri/muffe (indesiderati)	assenti
Sostanze aromatiche a seconda del vitigno	% variabili
Gomme	pectine
Enzimi (proteine vegetali)	
Vitamine: A, B1, B6, B12, PP. C	
Sostanze azotate: sali di ammonio	

Tab. 11.VII - I costituenti del mosto.

La composizione del vino è riportata invece in **Tab. 11.VIII**.

I lieviti

I lieviti, organismi unicellulari appartenenti alla famiglia dei funghi, sono indispensabili nella vinificazione e nella produzione delle bevande alcoliche, in quanto danno luogo alla fermentazione alcolica.

Tutti i lieviti impiegati nella produzione del vino, eccetto alcune specialità, appartengono al genere *Saccharomyces*.

Anidride solforosa

L'anidride solforosa SO_2 è il composto che viene aggiunto al mosto o al vino durante i processi di vinificazione.

I metodi di utilizzo dell' SO_2 sono diversi:

- Gassoso, cioè combustione di dischetti di zolfo che liberano SO_2 per la disinfezione delle botti o altri vasi vinari di legno.
- Liquido, per mezzo di bombole con erogatore.
- Solido, ossia come sali da disciogliere (metabisolfito di sodio e potassio, bisolfito di sodio, solfito di sodio).

L'anidride solforosa svolge le seguenti azioni:

- Azione solubilizzante; il colore dei vini rossi solfitati è più marcato e brillante perché la SO_2 determina una maggiore solubilità dei pigmenti.

Componente	Elemento	%
Zuccheri	tracce dopo fermentazione malolattica, secondo il tipo: dolce, amabile, secco, passiti, ecc.	% variabile
Sostanze aromatiche	primarie da vitigno	
	secondarie da fermentazione	0,2 - 2 mg/l
	Terziarie da invecchiamento, riduzione	
Anidride solforosa SO_2 aggiunta durante la vinificazione	vini bianchi	massimo 200 mg/l
	vini rossi	massimo 160 mg/l
Anidride carbonica CO_2 al termine della vinificazione	vini frizzanti	1-2,5 bar
	vini spumanti (VSQ)	min 3 bar
	vini spumanti (VSQPRD)	min 3,5 bar
Acidità del vino (Ph)		2,8 > 3,8
acqua		75 - 85%
alcoli	etilico	5 - 15%
	metilico (% sul totale della quantità d'alcol nel vino)	0,17-0,60%
	Superiori (amilico, propilico, butilico, ecc.)	0,14-0,50%
	glicerina	4- 16%
acidi	tartarico	2 - 6%
	malico	0 - 5%
	lattico	0,5 - 3%
	succinico	0,5 - 1,5%
	citrico	0,1 - 0,5%
	acetico	0,4 - 0,8%
Sali minerali	tartrati, malati, cloruri, solfati, fosfati	1 - 4%
Polifenoli	vini bianchi: - Flavoni - catechine	0,1 - 5%
	vini rossi: - antociani - tannini	0,1 - 5%

Tab. 11.VIII - La composizione del vino.

- Azione acidificante diretta ed indiretta perché inibisce lo sviluppo di batteri lattici e di conseguenza, riducendo la fermentazione malo-lattica, rende disperso più acido malico che è più forte del lattico.
- Azione defecante, dato che l'aumento dell'acidità favorisce la precipitazione dei colloidali carichi negativamente.
- Azione antiossidante, fondamentale nella inattivazione delle ossidasi responsabili della "casse" ossidasica (intorbidimento del vino).
- Azione antisettica, la cui efficacia è funzione della concentrazione.

11.1.5. La fase della vinificazione

Il momento ottimale per la raccolta varia a seconda della qualità di uva, del tipo di vino che si vuole ottenere, delle condizioni climatiche e dell'andamento stagionale.

Durante la maturazione dell'uva si ha un progressivo aumento degli zuccheri e diminuzione dell'acidità: un giusto equilibrio tra questi fattori è fondamentale per le caratteristiche del vino.

Il sistema di trasporto migliore per il conferimento dell'uva alla cantina è senza dubbio il trasporto in cassette di plastica, che limita al massimo i fenomeni di ossidazione e di macerazione delle uve, anche se la sua applicazione è limitata, soprattutto perché costosa.

A seconda che le uve siano bianche o rosse, per ottenere rispettivamente vini bianchi e rossi, si utilizzano due sistemi di vinificazione differenti: vinificazione in bianco e vinificazione in rosso (quest'ultima è anche chiamata vinificazione con macerazione).

Principale differenza tra questi due metodi è che la prima avviene in assenza di vinacce (bucce e vinaccioli), mentre nella seconda sono presenti.

La vinificazione avviene grazie alla complessa azione di alcuni lieviti (normalmente presenti sulla buccia degli acini) che trasformano lo zucchero in alcol, provocando la cosiddetta fermentazione alcolica.

11.1.6. Vinificazione in bianco

La vinificazione in bianco avviene senza contatto tra le vinacce e il mosto liquido ed è quindi caratterizzata dalla sgrondatura, operazione meccanica che segue la pigiatura usata per separare le bucce e i vinaccioli dal mosto.

Non è il colore delle uve che distingue la vinificazione in bianco da quella in rosso, ma l'assenza di macerazione durante la fermentazione alcolica del mosto. Infatti si possono ottenere vini bianchi a partire da uve a bacca nera.

La vendemmia

La raccolta delle uve bianche destinate all'elaborazione dei vini di qualità, esige ancora più attenzione e precauzione di quella delle uve rosse, perché sono più sensibili all'ossidazione e il loro aroma è più fragile di quello dei vini rossi.

La vendemmia deve realizzarsi in condizioni tali che le uve raccolte siano sane e che la loro maturità enologica (zucchero, acidità, aroma) sia la più omogenea possibile.

Dal momento della raccolta a quello del conferimento in cantina, le uve devono essere conservate il più possibile intatte per limitare l'ossidazione dei mosti e la macerazione dei raspi.

Le vendemmie delle uve bianche possono essere manuali o meccaniche, in un solo passaggio o in numerosi, con o senza cernita alla vigna o sulla tavola di selezione in cantina.

Trasporto in cantina

L'uva a seconda della grandezza della cantina e del metodo di vinificazione può essere depositata in vasche apposite o direttamente nella pigiadiraspatrice.

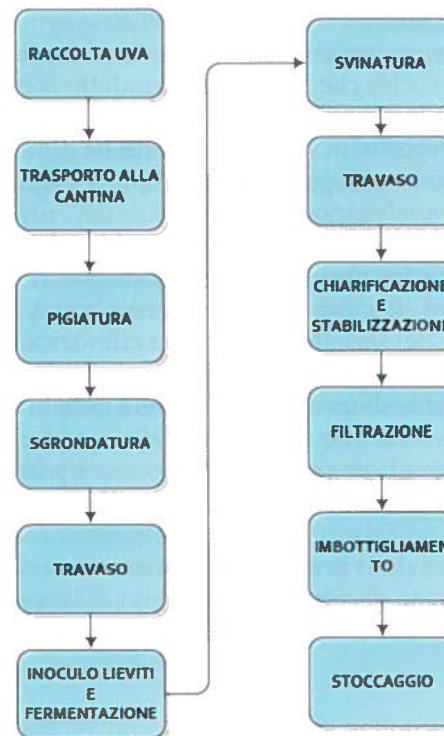


Fig. 11.1 - Diagramma qualitativo della vinificazione in bianco.

Le vasche di raccolta

Sono strutture in acciaio inox create per raccogliere le grandi quantità di uve scaricate da rimorchi agricoli. La struttura ha una sezione a tramoggia dotata nella parte più bassa di una o più coclee per la prima movimentazione delle uve in cantina.

Pigiadiraspatrice

Macchinario per la spremitura degli acini, senza la rottura delle bucce, appena separati dal raspo. Il battitore interno dotato di palette che ruota in senso contrario alla coclea di alimentazione concentra i grappoli nella zona "centrale" dove si effettua il distacco e il passaggio degli acini attraverso il cestone forato.

Gli acini assieme al succo fuoriuscito dal cestone forato vengono raccolti nella tramoggia sottostante e passano attraverso i rulli pigiatori. Da qui cadono in una seconda tramoggia che invia il succo con le vinacce alle lavorazioni successive.

Sgrondatura

Operazione meccanica che segue la pigiatura, usata per separare le bucce e i vinaccioli dal mosto. Essa è di solito fatta con una pressa.

A. Pressa meccanica a impulsivi

Gli acini possono essere schiacciati oltre che da rulli come nella pigiatrice, anche per mezzo di coclee che spingono il prodotto contro una parete. Nella fase successiva la coclea inverte il senso di rotazione per mescolare il pressato o per scaricarlo. Il succo raccolto in sezioni differenti ha differenti qualità. La macchina a ciclo discontinuo è usata per pressatura spinta degli acini o delle vinacce.

B. Pressa pneumatica a membrane centrali

Questa pressa aperta è costituita da una gabbia forata su tutta la circonferenza (a 360°) con una membrana tubolare, centrale al serbatoio, in gomma para di grosso spessore. Il gonfiaggio della membrana avviene rapidamente durante la rotazione del serbatoio. La forma cilindrica che assume la membrana distribuisce il prodotto uniformemente su tutta la superficie forata della gabbia. Questo consente di unire il pregio della membrana centrale (miglior rapporto tra superficie drenante e spessore delle vinacce) con i vantaggi della membrana elastica (migliore pulizia e omogenea ripartizione della pressione sul prodotto).

I mosti provenienti dalla pressatura con membrana elastica risultano favoriti dalla maggiore capacità di sgrondo e dai tempi di lavoro più contenuti, hanno quindi minore ossidazione, minore colorazione (imbrunimento) e minore lacerazione delle bucce.

Travasato

Il mosto così ottenuto viene travasato in recipienti idonei per l'inoculo dei lieviti e la fermentazione a temperatura controllata.

Inoculo dei lieviti e fermentazione

Dalla pigiatrice, il mosto d'uva viene convogliato nelle vasche di fermentazione, nelle quali gli zuccheri, a seguito di reazioni biochimiche determinate dai particolari microrganismi che presiedono alla fermentazione alcolica, si trasformano in alcool, anidride carbonica e composti secondari.

Fermentazione

I processi di trasformazione sono così violenti che la sostanza all'interno delle vasche sembra bollire, per questo motivo tale tipo di fermentazione viene detta "fermentazione tumultuosa".

I fattori che principalmente influenzano la fermentazione sono:

- **la temperatura:** quella ottimale deve essere sui 16-20°C; temperature basse (inferiori ai 10-12°C) favoriscono lo sviluppo di muffe e microrganismi nocivi; temperature alte (oltre i 35°C) rallentano l'attività dei lieviti rendendo difficile la fine della fermentazione e favorendo perdite di alcool, oltre a dar luogo a acido acetico e acetaldeide;
- **l'ossigeno nell'aria:** favorisce la moltiplicazione dei lieviti utili, pertanto è necessario ossigenare in maniera sufficiente la massa in fermentazione;
- **l'anidride carbonica:** svolge un'azione ritardata sulla fermentazione, perché i lieviti sono aerobici. L'anidride carbonica non è del tutto dannosa, infatti

quella che si origina dalla fermentazione esercita una certa protezione contro le alterazioni che potrebbero derivare dal contatto diretto del mosto con l'aria.

I lieviti

La trasformazione del mosto d'uva in vino avviene ad opera di un lievito ellittico chiamato "Saccharomyces cerevisiae", lo stesso della birra e del pane. Il lievito è un fungo unicellulare, che utilizza come principale fonte nutritiva gli zuccheri; li adopera per moltiplicarsi, cosa che fa normalmente per gemmazione, ma la parte più consistente degli zuccheri viene trasformata in alcool.

Il glucosio ed il fruttosio, i più importanti zuccheri dell'uva, vengono aggrediti e trasformati in alcool etilico, anidride carbonica e tracce di numerosi altri composti organici. Appena generatasi la massa di mosto e vinaccia, la fermentazione inizia immediatamente per la presenza dei lieviti indigeni presenti nella buccia dell'uva. Per prevenire l'azione dei lieviti indigeni si introducono i "lieviti selezionati" e le "sostanze solfitanti". I lieviti selezionati sono ottenuti con colture vive ed attive di *saccharomyces cerevisiae* e vengono aggiunti nella vasca di fermentazione sollevando il cappello di vinaccia, almeno 6 ore dopo l'introduzione delle sostanze solfitanti.

Le sostanze solfitanti

Queste sostanze, sviluppando anidride solforosa, esercitano un'efficace azione antisettica contro batteri, muffe e lieviti selvaggi, indesiderati per il loro metabolismo fermentativo impuro. Quest'azione antisettica favorisce lo sviluppo successivo dei saccaromiceti consentendo una resa più elevata in alcool e previene l'insorgenza delle malattie microbiche del vino (quali lo spunto, il girato e l'agrodolce). In secondo luogo, le sostanze solfitanti hanno la capacità di captare l'ossigeno libero evitando l'ossidazione del mosto e svolgono azione chiarificante, grazie alla loro grande forza ionica in soluzione, che provoca una flocculazione delle sostanze colloidali.

La fermentazione tumultuosa

Il tempo di durata del periodo di fermentazione tumultuosa non è definito in maniera rigorosa, ma non dovrebbe superare i 10 giorni nel caso di vinificazione in bianco.

La fermentazione malolattica

Questa fermentazione secondaria è provocata da particolari batteri lattici che attaccano l'acido L-malico, trasformandolo in acido L-lattico e anidride carbonica. Questo scaturisce dalla diminuzione dell'acidità totale con la sostituzione di un acido, dal sapore molto pronunciato, acerbo, duro, con un altro molto meno aggressivo sulle papille della lingua.

È stato calcolato che 1 grammo di acido malico dà 0,67 g di acido lattico.

Favorevole in generale nei vini rossi, la malolattica non lo è altrettanto sui bianchi, a meno che siano dotati di un'acidità eccessiva che li rende acerbi. In questi quindi va di solito evitata, perché altrimenti perderebbero in freschezza e fruttato.

La svinatura

La svinatura, anche definita "sfecciatura" è l'operazione che ha come scopo la separazione del vino dalle fecce.

Il travaso

Il travaso consiste nel trasferimento del vino da un recipiente all'altro, allontanando il vino dalle fecce. Può avvenire per sifonamento o con l'aiuto di una pompa.

Chiarificazione e stabilizzazione

La chiarificazione consiste nell'aggiunta di proteine vegetali, gelatina e bentonite per evitare precipitazioni che possono avvenire nel vino già imbottigliato.



Fig. 11.2 - Decanter per vino (GEA Spa).

La filtrazione

La filtrazione è un'operazione fisico-meccanica con la quale un liquido in movimento, sotto l'azione di un gradiente di pressione, si separa parzialmente o totalmente dalle particelle solide in esso contenute, per effetto della loro ritenzione da parte di un mezzo filtrante poroso attraverso cui il liquido viene fatto passare.

Imbottigliamento

Quando il liquido porta in soluzione dei gas a pressione superiore a quella atmosferica, come è il caso dei vini frizzanti, la presenza di tali gas obbliga ad alcune precauzioni che non permettono di scegliere arbitrariamente i valori dei carichi idraulici, delle sezioni di passaggio dei liquidi e delle perdite di carico nella fase di riempimento.

In particolare, il riempimento deve avvenire in isobarometria, intendendosi con questo termine che le pressioni nel serbatoio di alimentazione, nel serbatoio della riempitrice e nella bottiglia devono essere eguali. Con il riempimento in isobarometria devono essere attuati tutti gli accorgimenti che garantiscano

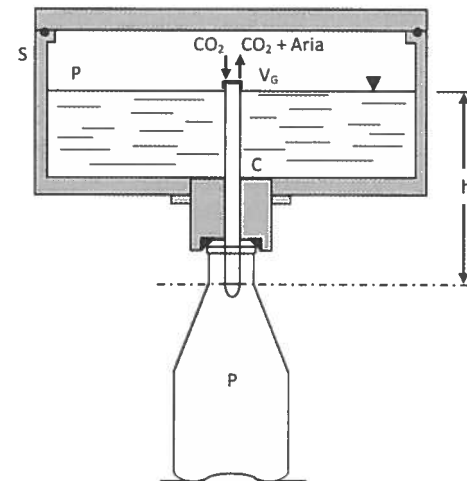


Fig. 11.3 - Riempimento in isobarometria.

L'assenza totale della emulsione al riempimento, fenomeno che si estrinseca in uno «schiumeggiamento» più o meno accentuato del liquido, allorché la bottiglia abbandona il rubinetto di riempimento. Esso provoca la fuoriuscita del liquido durante il percorso che porta la bottiglia dalla riempitrice alla tappatrice e, se il fenomeno è particolarmente violento, il contenuto iniziale della bottiglia può anche dimezzarsi.

Nel caso invece di vini bianchi fermi, il riempimento può avvenire per gravità a pressione atmosferica, che può essere accelerato incrementando leggermente il battente di riempimento (o creando una leggera depressione iniziale in bottiglia), ed ha il grande merito di essere tecnicamente realizzabile con facilità, anche se il liquido viene sottoposto a vari regimi idraulici. Esso è pertanto adatto all'imbottigliamento dei liquidi piatti non facilmente emulsionabili e avviene secondo lo schema rappresentato in fig. 11.4.

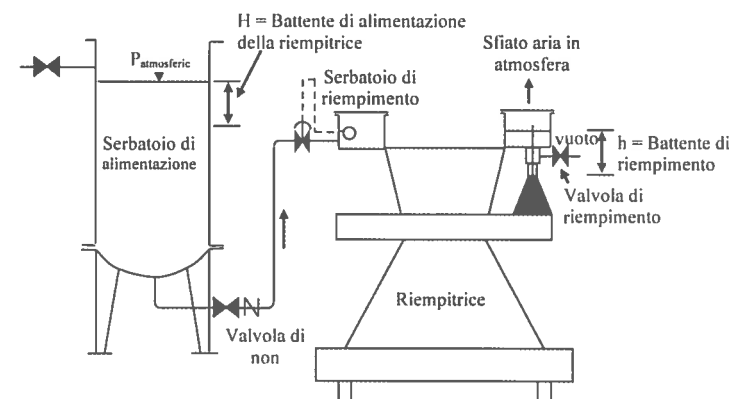


Fig. 11.4 - Schema di imbottigliamento di vini piatti.

11.1.7. Vinificazione in rosso

La fermentazione alcolica con macerazione delle vinacce è usata soprattutto per i vini rossi, perché le bucce a contatto con il mosto trasmettono alcune caratteristiche che valorizzeranno il vino (colore, sostanze aromatiche e tannini).

La macerazione viene anche utilizzata per alcuni vini bianchi e nella produzione dei vini rosati. Si tratta di un breve contatto della buccia con il mosto (24-36 ore), dopo di che avviene la separazione (sgrondatura).

Si andranno, naturalmente, ad analizzare solamente le fasi che differiscono dalla vinificazione in bianco (fig. 11.5).

Prima della pigiatura l'uva viene quasi sempre diraspata: i raspi rendono il gusto astringente e diluiscono la concentrazione di colore.

La pigiatura avviene di solito tramite pigiatrici a rulli di gomma, la cui distanza è calcolata in modo da non causare né rottura dei vinaccioli né passaggio di acini non pigiati.

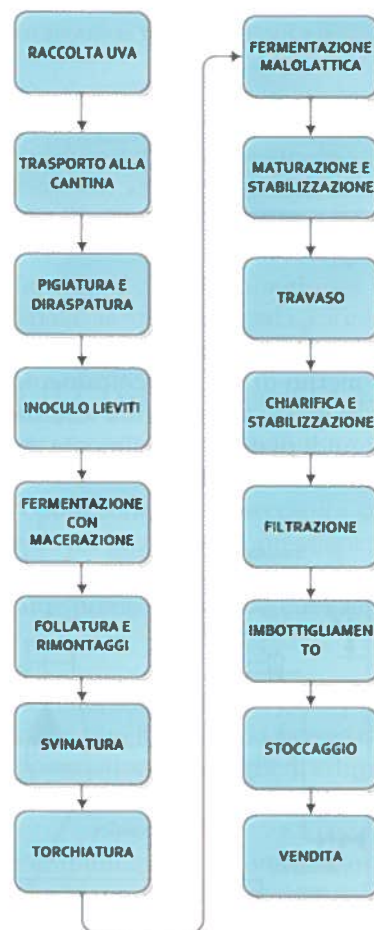


Fig. 11.5 - Diagramma qualitativo della vinificazione in rosso.

Il pigiato viene quindi inviato ai tini di fermentazione.

Più tempo le bucce restano a contatto con il mosto, maggiore sarà l'intensità di colore del vino:

- generalmente da un minimo di 4/5 giorni fino a un massimo 3/4 settimane per i rossi più tannici e concentrati;
- le bucce contengono sostanze coloranti ed odorose: per facilitare la loro solubilizzazione è necessario favorire al massimo il contatto - ciò si può ottenere disperdendo nuovamente le vinacce nel liquido (follatura) o bagnando queste con il liquido prelevato dal basso per mezzo di una pompa (rimontaggio);
- infine le parti solide vengono tolte dal mosto, o sgrondate, e torchiate. La torchiatura produce un mosto molto tannico e colorato, che spesso viene vinificato a parte e aggiunto al vino fiore in quantità calibrata per dargli "spessore".

La durata della fermentazione tumultuosa non è definita in maniera rigorosa, generalmente varia dalle due settimane alle quattro settimane, ma il termine di questa fase dipende dall'esito delle analisi svolte sulla massa in fermentazione. Durante questo periodo di tempo la fermentazione viene regolata con opportuni interventi quali le follature e gli arieggiamenti fino ad arrivare alla svinatura.

Nella vinificazione in rosso, la violenta ed abbondante produzione di anidride carbonica tende a portare sulla superficie della massa in fermentazione le bucce, i vinaccioli e le fecce; conseguentemente si forma uno strato di una certa consistenza che viene detto "cappello di vinaccia". L'operazione di follatura viene eseguita per rompere e disperdere il cappello di vinaccia.

I principali obiettivi delle follature sono:

- l'arricchimento del mosto d'uva di lieviti, liberando quelli imprigionati nel cappello di vinaccia;
- lo scioglimento della sostanza colorante contenuta nella vinaccia;
- evitare che la vinaccia si alteri a contatto con l'aria (cioè inacetisca e si ossidi).

La follatura

Quando la fermentazione rallenta, il cappello di vinacce va sommerso regolarmente per eliminare i microrganismi aerobi: è la follatura che va fatta 2 volte al giorno fino alla svinatura. La sommersione contribuisce alla:

- estrazione dei costituenti (antociani, tannini);
- aerazione del mosto;
- omogeneizzazione della temperatura (freddo sopra e caldo sotto);
- assenza di H₂S che si forma in ambiente carente di ossigeno.

Rimontaggi (arieggiamenti)

Con i rimontaggi si estrae il mosto in fermentazione dal recipiente, lo si fa scorrere a contatto con l'aria e lo si rimanda con una pompa nella parte superiore della vasca, arieggiando in tal modo il mosto. Quindi il rimontaggio:

- migliora l'andamento della fermentazione
- fa aumentare la temperatura massima della vasca per cui è necessaria una refrigerazione corrispondente.

Gli arieggiamenti, o rimontaggi, hanno lo scopo principale di far amalgamare la massa potenziando gli effetti dell'operazione di follatura. Gli arieggiamenti consistono nell'estrarre il mosto dalla parte bassa del recipiente per ributarlo dentro al recipiente dalla parte superiore. L'operazione interessa di solito un quarto del prodotto totale e consente l'assorbimento di una notevole quantità d'aria e l'eliminazione di una notevole quantità di anidride carbonica (rallentando la fermentazione alcolica).

I rimontaggi iniziano il secondo giorno dopo l'inizio della fermentazione; è inutile anticipare l'esecuzione degli arieggiamenti poiché durante l'operazione di pigiatura, il mosto ha già immagazzinato ossigeno a sufficienza.

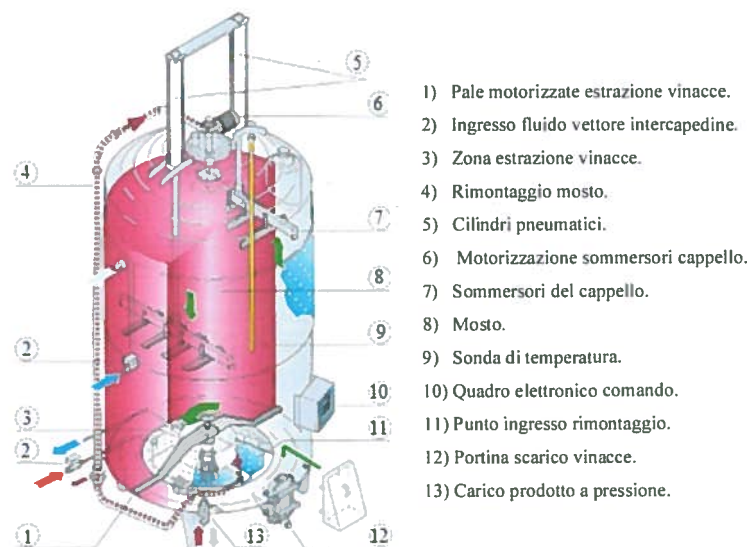
Impianti di fermentazione con follatura e rimontaggi

Le tipologie di fermentatori in rosso attualmente utilizzati possono ripartirsi ai seguenti:

1. Vinificatore a sommersione del cappello
2. Vinificatore a rimontaggio automatico
3. Vinificatore "Ganimede"

Vinificatore a sommersione del cappello

In questo vinificatore i sommersori collegati ai cilindri pneumatici eseguono l'immersione del cappello delle vinacce. Se presente la tecnica di rimontaggio con follatore automatico nei vinificatori a sommersione del cappello, i follatori risultano dotati di alette mobili che imitano l'operazione tradizionale di sommersione delicata del cappello, garantendo l'autopulizia durante la risalita. Con una pompa si effettuano i rimontaggi. Un pistone dotato all'estremità libera di una pala rotante a raggiera preme dall'alto sulle vinacce rompendo il cappello. Nella corsa di ritorno in alto le pale ruotano per agire in punti diversi ad ogni ciclo.



- 1) Pale motorizzate estrazione vinacce.
- 2) Ingresso fluido vettore intercapedine.
- 3) Zona estrazione vinacce.
- 4) Rimontaggio mosto.
- 5) Cilindri pneumatici.
- 6) Motorizzazione sommersori cappello.
- 7) Sommersori del cappello.
- 8) Mosto.
- 9) Sonda di temperatura.
- 10) Quadro elettronico comando.
- 11) Punto ingresso rimontaggio.
- 12) Portina scarico vinacce.
- 13) Carico prodotto a pressione.

Fig. 11.6 - Serbatoio per la follatura del vino durante la fermentazione ad immersione del cappello (Intercom Srl).

Vinificatore a rimontaggio automatico

Una pompa preleva dal fondo il mosto ed effettuando il rimontaggio innaffia il cappello sommergendolo.

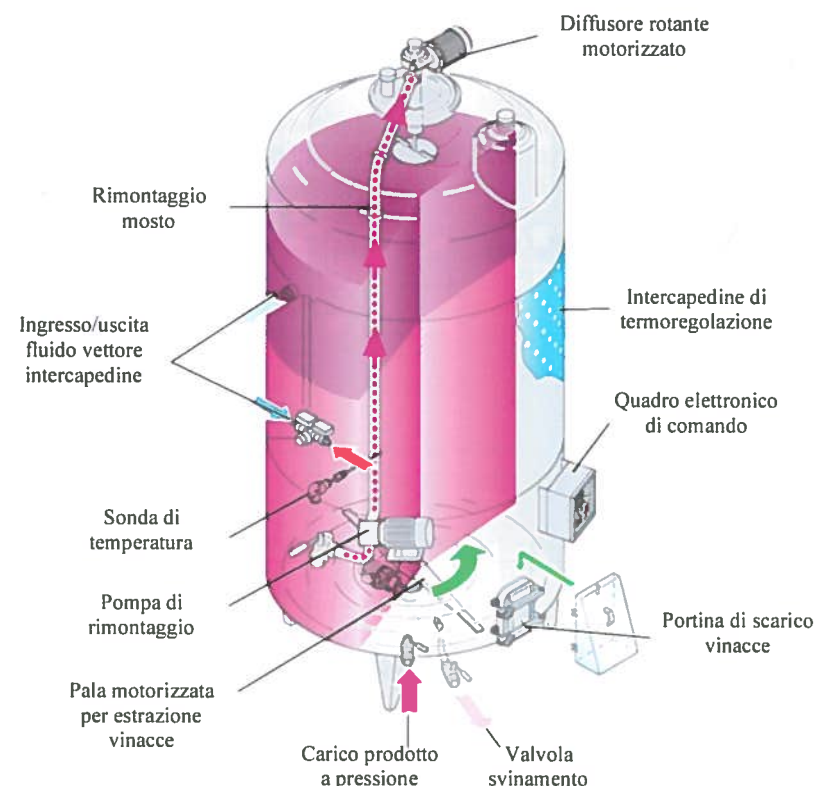


Fig. 11.7 - Serbatoio per il rimontaggio automatico del vino durante la fermentazione.

Vinificatori Ganimede

Il riempimento dei fermentatori Ganimede di nuova generazione² può essere effettuato sia dall'alto, sia dalla valvola di scarico totale, sia da quella parziale.

Durante la fase di risalita del mosto, l'intercapedine fra l'involucro esterno e il diaframma ad imbuto, resta vuota in quanto l'aria presente, non potendo fuoriuscire attraverso il by-pass, ne impedisce l'allagamento.

Le vinacce si raccolgono in superficie a formare il cappello. L'aria nell'intercapedine cede rapidamente il posto all'anidride carbonica prodotta dalla fermentazione. Una volta saturo l'ambiente, l'eccesso di gas per traccimazione sotto pressione, sfoga sotto forma di grosse bolle attraverso il collo del diaframma, de-

² Fermentatori Ganimede srl, Via Umberto I, 77/A - 33097, Spilimbergo (PN) Italia.

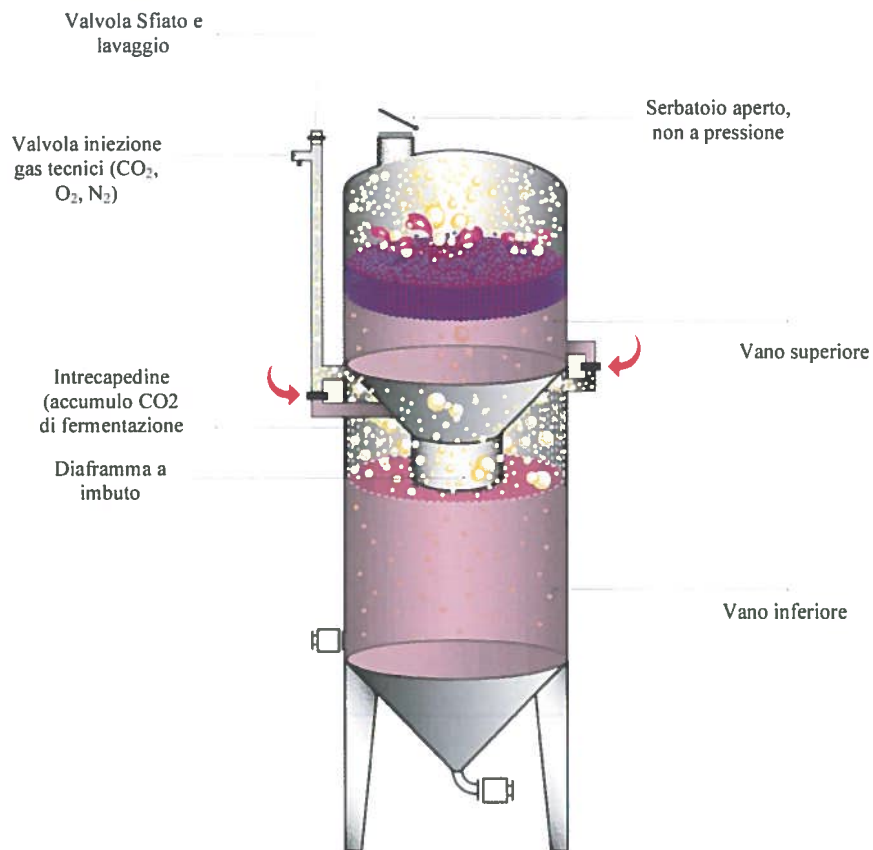


Fig. 11.8 - Schema costruttivo dei vinificatori ganimede (Ganimede Srl).

terminando un costante rimescolamento delle sovrastanti vinacce che si presenteranno sempre sature di liquido e ben sgranate. Tale rimescolamento determina la caduta per gravità dei vinaccioli sul fondo.

L'apertura del by-pass determina un'azione più massiccia, liberando l'enorme quantità di gas accumulatosi nell'intercapedine direttamente sulle vinacce che verranno inondate e rimescolate intimamente, ottenendo una efficace disgregazione del cappello in modo morbido, evitando azioni meccaniche che possono portare alla formazione di feccia.

I vinaccioli fuoriusciti, potranno essere estratti dal fondo attraverso la valvola di scarico totale. Fuoriuscito tutto il gas, l'intercapedine viene allagata dal mosto provocando un repentino abbassamento di livello. Le vinacce sature di liquidi si adagiano sull'ampia superficie del diaframma, sgocciolando e cedendo così le sostanze estratte e riproducendo l'importante tecnica del délestage senza l'utilizzo di pompe di rimontaggio. L'ossigenazione della massa liquida auspica dal protocollo dell'ICV di Montpellier sulla tecnica del délestage, con Ganimede® può essere effettuata, secondo la discrezionalità dell'Enologo, in modo controllato e scientifico attraverso l'inserimento di O₂ attraverso l'apposita valvola

per l'inserimento di gas tecnici. Solo in questo modo il gas inserito permarrà, imprigionato nell'intercapedine, a contatto del liquido nelle quantità e per il tempo desiderato, secondo precise modalità predeterminate dall'Enologo.

Chiuso il by-pass, l'anidride carbonica di fermentazione riprende ad accumularsi nell'intercapedine, provocando un nuovo innalzamento di livello che, sospingendo verso l'alto le vinacce raccoltesi in superficie, determina un'ulteriore fase di sgrondo statico, continuando il processo di lisciviazione che le porta a cedere sempre più sostanze al mosto.

Il gas ha nuovamente saturato l'intercapedine e riprende a scaricare l'accumulo in eccesso attraverso il collo del diaframma. È ora possibile riaprire il by-pass e ripetere l'intera sequenza tutte le volte che lo si riterrà opportuno.

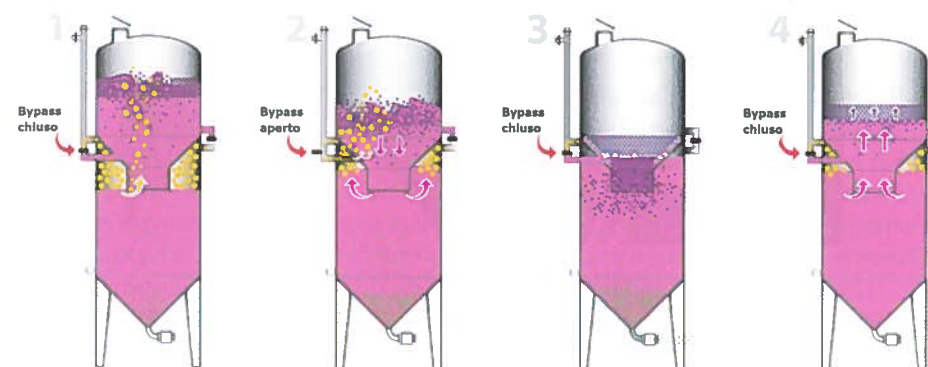


Fig. 11.9 - Fasi di funzionamento vinificatori ganimede (Ganimede Srl): 1 riempimento e saturazione intercapedine, 2 apertura bypass, 3 délestage, 4 lisciviazione e sgrondo statico.

Tutte queste fasi possono essere ottenute anche in mancanza di fermentazione alcolica (fase prefermentativa e postfermentativa). In effetti, è sufficiente introdurre gas esterni per ottenere le condizioni precedentemente descritte.

La svinatura

L'esecuzione dell'operazione di svinatura pone fine alla fermentazione tumultuosa e segna l'inizio della fermentazione lenta, o più precisamente della "fermentazione malolattica".

La svinatura consiste nel travaso del vino dalla vasca di fermentazione, nella maggior parte dei casi un serbatoio in acciaio inox, in un vaso vinario pulito, o barrique; essa viene eseguita all'aria. Il vino viene fatto fuoriuscire dalla spina posizionata sul fondo del serbatoio in un tino in legno dal quale attraverso una pompa viene inviato nella barrique:

- la svinatura a caldo, se questa viene effettuata al termine della fermentazione tumultuosa, ossia al momento in cui non sono più rilevabili zuccheri riducibili;
- la svinatura a freddo, se questa viene effettuata in ritardo, ossia prolungando la macerazione delle vinacce diversi giorni dopo la fine della fermentazione tumultuosa.

La torchiatura (pressatura delle vinacce)

Le vinacce vengono immerse in una pressa o torchio per estrarre il vino che ancora contengono. Il peso stesso delle vinacce provoca la percolazione di un certo quantitativo di vino, il cosiddetto *vino di sgrondo*, con caratteristiche simili al vino fiore, solo un po' più ricco di colore e tannini, per cui viene aggiunto direttamente al vino fiore. Normalmente la pressatura non avviene con un'unica operazione, ma è il risultato di una serie di operazioni di incremento della pressione: questo influenza la qualità del vino di pressa che quindi va separato in diversi lotti.



Fig. 11.10 - Torchio industriale (a sinistra) e torchio artigianale (a destra) utilizzati per le operazioni di torchiatura vinaria.

I travasi

I travasi vengono eseguiti allo scopo di separare il vino limpido dalle fecce ancora presenti, che esercitano effetti negativi sulle caratteristiche organolettiche del vino (causa di odori sgradevoli). Una volta effettuata la svinatura, avviene per decantazione il deposito delle fecce sulla parete inferiore della barrique; conseguentemente il travaso consiste in uno spillamento del vino per separarlo dai depositi accumulati.

I travasi nel processo di vinificazione vengono effettuati a contatto con l'aria e quindi in maniera analoga a come si è eseguita l'operazione di svinatura. Si opera un travaso agli inizi del freddo invernale (dicembre) per esaltare l'effetto sedimentante, e di conseguenza illimpidente, esercitato dalle basse temperature. Il secondo travaso si esegue in primavera (febbraio-marzo).

L'invecchiamento

Con la svinatura il vino viene trasferito nelle barriques, botti in legno della capacità di 225 litri, dove porterà a termine la sua maturazione. Questo periodo di permanenza nelle barriques, è la fase che viene detta d'invecchiamento del vino e in molti casi si protrarrà per nove mesi.

I vini bianchi, rosati e novelli, sono inadatti ad essere invecchiati, anzi questa fase apporterebbe un peggioramento delle loro proprietà organolettiche.

L'invecchiamento nelle barriques viene eseguito per i vini rossi più pregiati ed in tali vasi esso avviene in condizioni ossidative, poiché il legno utilizzato è permeabile all'ossigeno, anche se ovviamente ne lascia passare quantità molto ridotte.

Le principali modificazioni che avvengono nei nove mesi d'invecchiamento sono le seguenti:

- fermentazione malolattica;
- modificazioni degli antociani e dei polifenoli tannici;
- solubilizzazione di sostanze estratte dal legno;
- flocculazione dei colloidi e deposito di alcuni sali, di batteri e di lieviti morti;
- formazione di esteri, acetali, aldeidi.

Le modificazioni del vino durante l'invecchiamento

La fermentazione malolattica. La fermentazione malolattica è detta anche *seconda fermentazione* ed avviene ad opera di batteri anaerobi (cioè che lavorano in assenza d'aria), più piccoli dei lieviti e più esigenti. Il processo consiste nella trasformazione dell'acido malico in acido lattico, che ha sapore meno aspro e più dolce.

La malolattica è ritenuta quasi sempre necessaria per "arrotondare" il gusto dei vini rossi, riducendone l'acidità e conferendo note olfattive di maggior complessità e maturità. Essa deve avvenire subito dopo la fermentazione tumultuosa (o prima fermentazione) ed è proprio questo che si cerca di ottenere.

La fermentazione malolattica deve essere arrestata all'imbottigliamento del vino, poiché se avvenisse in bottiglia, ossia in una situazione che non prevede ulteriori arieggiamenti, sarebbe causa d'intorbidamento e difetti olfattivi.

Solubilizzazione di sostanze estratte dal legno. Il legno, in particolare quello di rovere, conferisce un gusto detto "boscoso" al vino, dovuto al rilascio di sostanze aromatizzanti di natura fenolica come vanillina, acido siringico, acido formico. Questi sono composti che derivano dalla degradazione della lignina per attacco acido sulle pareti della botte da parte del vino.

Le botti giovani e quindi meno utilizzate, sono più predisposte a cedere sostanze aromatizzanti rispetto a quelle vecchie, conseguentemente devono essere previsti dei rinnovi periodici delle barriques utilizzate per la maturazione del vino in cantina.

Flocculazione dei colloidi. I colloidi sono molecole dotate di moto browniano, ossia sono dotate di un incessante moto a zig-zag di natura termocinetica molecolare. Esse tendono ad accrescersi fino al punto di vincere gli effetti del moto browniano ed a depositarsi sotto l'azione della gravità.

Il processo è chiamato flocculazione o coagulazione. L'accrescimento delle particelle è dovuto al loro aggregarsi in conseguenza degli urti dovuti al moto browniano. La flocculazione è influenzata dalla presenza di ioni in sospensione.

L'imbottigliamento del vino fermo

L'operazione di riempimento avviene in bottiglie di vetro e non prevede il mantenimento di isobarometria come per i vini frizzanti o gli spumanti. Si possono applicare quindi i principi descritti nella sezione relativa ai vini bianchi fermi. Il riempimento avviene prevalentemente a livello in bottiglie di vetro con la possibilità di adottare diverse tipologie di tappi (sughero o sintetici) a seconda del mercato di destinazione e delle caratteristiche del prodotto.

L'affinamento del vino in bottiglia

Il vino, trascorso nove mesi o più mesi nelle barriques, e dopo essere imbottigliato si appresta a subire un nuovo periodo di permanenza in cantina della durata di dodici mesi, al fine di completare il suo ciclo di produzione con la fase che viene definita "affinamento in bottiglia".

La bottiglia in cui il vino viene generalmente tappato è la classica "bordeaux", bottiglia originaria di Bordeaux, forse la più utilizzata nel mondo per l'imbottigliamento dei vini sia rossi, sia bianchi.

Il vetro è il materiale che cede meno sostanze, quindi in assoluto è quello più idoneo alla conservazione del vino. Molto importante è la sua colorazione che deve essere ambrata per proteggere la bevanda contenuta da eventuali ossidazioni provocate da radiazioni luminose indesiderate; tale sfumatura di colore del vetro si ottiene con l'aggiunta di particolari sali durante la fusione dell'impasto di silicio, fusione che avviene intorno ai 1500°C.

Le bottiglie si possono ottenere per soffiaggio o per stampaggio ed il vetro può essere comune, pirex, cristallo, ecc.. A prima vista si può vedere se il vetro è nuovo o rigenerato dal livello di porosità sulla sua superficie. Alla fusione a 1500°C, segue un'abbozzatura della bottiglia a 1000°C e finitura, in macchine formatrici, intorno ai 500°C. Una volta formata, la bottiglia viene ricotta a 550°C per eliminare le tensioni acquisite dal vetro a causa del raffreddamento subito dalla pasta vetrosa contro le pareti degli stampi di formatura³.

Una buona bottiglia deve poter superare uno sbalzo termico per raffreddamento di 40°C fra le temperature di +10°C e +90°C, essendo il vetro particolarmente sensibile al raffreddamento.

L'affinamento in bottiglia conclude la maturazione del vino che completa il suo iter evolutivo arricchendo i propri aromi. In questa fase la bottiglia deve es-



Fig. 11.11 - Riempitrice a depressione inferiore per vino fermo (CFT SpA).

sere posta orizzontalmente per evitare che il tappo, perdendo umidità, perda con essa la sua elasticità ed avvengano scambi gassosi con l'esterno, apportando sensazioni sgradevoli al vino.

11.2. BIBLIOGRAFIA

- Bussi Lucio, 2002. Come fare il vino, Demetra Editori.
- Colagrande Osvaldo, 1999 Preparazione dei vini di qualità. Chiriotti Editori, Pinerolo (TO).
- De Amicis Edmondo, 2006. Il vino, Robin edizioni ISBN 88-7371-267-3
- Henderson J. Patrick, Rex Dellie. 2012. About Wine 2nd edition, Delmar Cengage Learning.
- Jackson Ronald S. 2014. Wine Science: Principles and Applications Fourth Edition, Academic Press.
- La Pera Lara, Dugo Giacomo, 2011 Caratterizzazione, qualità e sicurezza dei vini. Chiriotti Editori, Pinerolo (TO).
- Marchese Giovanni, Fromm Alfred, 1897. Il vino: modo di farlo e conservarlo Società Editrice Sonzogno.
- Sandler Merton, Pinder Roger, 2003 Wine: A Scientific Exploration. CRC Press.
- Stanga Mario, 2012. Vino. Detergenza e disinfezione dalla vendemmia all'imbottigliamento. Chiriotti Editori, Pinerolo (TO).
- I numeri del vino <http://www.inumeridelvino.it/> , accesso avvenuto il 01-06-2017.
- GEA Spa, <http://www.gea.com/it/index.jsp> , accesso avvenuto il 07-06-2017.
- digidownload.libero.it/PROF.blacksheep/VINO_2.pdf , accesso avvenuto il 01-06-2017.
- <http://canalife.altervista.org/vinificazione.htm> , accesso avvenuto il 02-06-2017.
- <http://digilander.libero.it/slowmaniago/piaceredelvino/piaceredelvino05.htm> , accesso avvenuto il 05-06-2017.
- <http://giacomoleopardi.provincia.veneziana.it/TRASFORMAZIONI%20ALIMENTARI/federica%20giulia/vino%202.htm> , accesso avvenuto il 01-06-2017.
- http://www.academia.edu/1438461/Il_superamento_della_liability_of_newness_uno_studio_esplorativo_del_settore_vitivinicolo_Italiano , accesso avvenuto il 07-06-2017.
- <http://www.accademiaenogastronomicavaltiberina.it/vitis-vinifera.html> , accesso avvenuto il 30-05-2017.
- <http://www.antichivigneti.eu/blog/2008/03/27/vinificatore-ganimede/> , accesso avvenuto il 29-05-2017.
- <http://www.assovini.it/blog/itemlist/category/231-il-vino> , accesso avvenuto il 05-06-2017.
- http://www.confraternitavitevino.it/public/biblioteca/tesi/2012/PD_Zeynep.pdf , accesso avvenuto il 02-06-2017.
- <http://www.darapri.it/filtrazione> , accesso avvenuto il 06-06-2017.
- <http://www.federica.unina.it/ agraria/microbiologia-degli-alimenti/microbiologia-di-prodotti-alimentari-vino-e-birra/> , accesso avvenuto il 05-06-2017.
- http://www.homolaicus.com/storia/locale/vino/fonti/appunti_di_enologia.pdf , accesso avvenuto il 05-06-2017.
- <http://www.mangostano.eu/storia-del-vino> , accesso avvenuto il 01-06-2017.
- http://www.renzuno.it/storia_vino.html , accesso avvenuto il 31-05-2017.
- <http://www.ruffa.biz/degustare-vino.html> , accesso avvenuto il 30-05-2017.
- <http://www.santamarianave.com/2016/09/quello-avreste-voluto-sapere-sulla-fermentazione-malolattica-non-avete-mai-osato-chiedere/> , accesso avvenuto il 03-06-2017.
- <http://www.viniveronesi.it/storiadestra.htm> , accesso avvenuto il 04-06-2017.
- <http://www.vinoirete.it/sommelier/sommelier%20-1-%20enologia%20invecchiamento.htm> , accesso avvenuto il 01-06-2017.
- <https://hschool.jimdo.com/enologia/tutto-sul-vino-dalla-vite-al-vino/> , accesso avvenuto il 07-06-2017.
- <https://issuu.com/stigranca/docs/agrogarden> , accesso avvenuto il 06-06-2017.
- <https://www.spazioprever.it/salabar/vino/fermenta.php> , accesso avvenuto il 30-05-2017.
- people.unica.it/filippomariapirisi/files/2011/01/15-Vino.ppt , accesso avvenuto il 31-05-2017.
- www.ducabruzzo.gov.it/materialididattici/.../52%20-%20macchine%20enologiche.ppt , accesso avvenuto il 01-06-2017.

³ Cfr. Roberto Rizzo, Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande, Vol. IV, Cap. II, Chiriotti Editori, Pinerolo (TO), 2006.

*A ben riflettere, si può bere la birra
per 5 motivi:
primo, per far festa, poi per calmar la sete,
poi per evitare di avere sete dopo, poi
per far onore alla buona birra e infine,
per ogni altro importante motivo.*

Anonimo

L'INDUSTRIA BIRRARIA¹

12.1. LA PRODUZIONE DELLA BIRRA E I SUOI IMPIANTI

La birra è la bevanda più popolare al mondo, ha una storia lunga diecimila anni, è caratterizzata da una moltitudine di aromi, colori e possiede un innumerevole quantità di particolarizzazioni tanto diverse quanto le persone che la producono e la consumano. Negli ultimi anni si sta vivendo un momento storico dal punto di vista del mercato della birra. Da una parte i grandi birrifici tendono ad ampliarsi, diventando sempre più grandi, più anonimi e più internazionali, dall'altra assistiamo alla nascita di un sempre più crescente numero di microbirrifici che sfornano prodotti di carattere per un pubblico, da prima limitato, ma che nell'ultimo periodo va sempre più crescendo. Tale fenomeno sta spingendo le grandi produzioni a diversificare i loro prodotti di punta cercando di conformarsi con i nuovi aromi e caratterizzazioni organolettiche, nuove, proposte dai birrifici e microbirrifici di birra artigianale.

12.2. DEFINIZIONE LEGISLATIVA

Secondo la L. 16 agosto 1962, n. 1354, in materia di "Disciplina igienica della produzione e del commercio della birra." (pubbl. in Gazz. Uff. n. 234 del 17 settembre 1962), così modificata dal D.P.R. 30.6.98 n. 272, in materia di "Regolamento recante modificazioni alla normativa in materia di produzione e commercio della birra.", la denominazione **birra** è riservata al prodotto ottenuto dalla fermentazione alcolica con ceppi di *Saccharomyces carlsbergensis* o di *Saccharomyces cerevisiae* di un mosto preparato con malto, anche torrefatto, di orzo o di frumento o di loro miscele ed acqua, amaricato con luppolo o suoi derivati o con entrambi. Inoltre, la fermentazione alcolica del mosto può essere integrata con una fermentazione lattica.

Sempre secondo la L. 1354/62, modificata dal D.P.R. 272/98, la produzione della birra può essere caratterizzata dall'impiego di estratti di malto torrefatto e di additivi alimentari consentiti dal D.MIN.SAN. 27.2.96, n. 209. Per quanto riguarda l'utilizzo di succedanei, la principale materia prima costituita dal malto d'orzo o di

¹ Con contributi dell'Ing. David Mosna, che ringraziamo per la sua apprezzata collaborazione.



Fig. 12.1 - Guglielmo IV di Wittelsbah duca di Baviera.

frumento può essere sostituita con altri tipi di cereali, anche rotti o macinati o sotto forma di fiocchi, come pure con materie prime amidacee e zuccherine in una misura che non superi il 40% calcolato sull'estratto secco del mosto.

In Germania, dove vige ancora oggi l'editto del 1516 di Guglielmo IV di Wittelsbah duca di Baviera "Rheinheitsgebot", gli unici ingredienti permessi per la creazione della birra sono l'orzo, luppolo ed acqua con eccezione del malto di grano per le Weizen.

12.3. CENNI STORICI

La birra è una delle bevande alcoliche più antiche e diffuse del mondo, la cui origine può essere presumibilmente fatta risalire a circa 6000 anni fa nei territori del Medio Oriente dove erano insediati gli Assiro-babilonesi ed i Sumeri. A questo periodo storico infatti risale il documento più antico scoperto finora (3700 a.C. circa), attribuito ai Sumeri: il "Monumento blu", una scultura in argilla che raffigura i doni propiziatori offerti alla dea Nin-Harra; dove tra questi c'era appunto la birra.

È soprattutto in Egitto che l'arte della produzione della birra fu applicata con successo, tanto che già 4000 anni fa gli egizi avevano dato via ad un prospero commercio con i paesi confinanti.

La birra ai tempi dell'antico Egitto era molto diffusa intorno alla corte del faraone. Per fare alcuni esempi, Ramses III si vantava di aver donato du-



Fig. 12.2 - Monumento Blu.



Fig. 12.3 - Papiro egiziano raffigurante la birra.

America, nelle zone in cui nacque, per diverse ragioni sia culturali che sociali e religiose, è avvenuto il processo inverso.

La birra negli anni continuò ad essere prodotta anche da Romani e Greci, sebbene a Roma fosse considerata una *bevanda barbara* e venisse spesso soppiantata dal nettare degli dei: il vino. Ad ogni modo in tutto il restante territorio dell'impero, ove la coltivazione di viti da vino era difficile o impossibile, la birra continuò ad essere prodotta.

La produzione della birra ha lapiù antica testimonianza sul suolo germanico risalente all'800 A.C. ed è costituita da un'anfora da birra rinvenuta vicino a Kulmbach. È invece risaputo che alcunecentinaia di anni dopo la nascita di Cristo, la birra costituiva un comunebene accessibile a tutti.

Fino al V secolo, solo alle donne era riservato il processo di birrificazione. Successivamente questa prerogativa svanì man mano che la birra cominciò ad essere prodotta all'interno monasteri; per mantenere vivo il legame tra la birra e la religione quest'arte fu adottata dai monaci (belgi e olandesi in primis).

Con il passare del tempo l'arte del fare la birra divenne un'attività prettamente maschile; i monaci migliorarono il gusto ed i valori nutritivi della birra la quale che diventò a tutti gli effetti un vero e proprio "alimento" essendo permessi fino a 5 litri giornalieri a testa.

Poiché l'acqua in quel periodo risultava essere spesso contaminata, si consigliava come sostituzione ad essa la birra la quale veniva considerata come un pro-



Fig. 12.4 - Anfora da birra rinvenuta vicino a Kulmbach.

rante tutto il suo regno più di 463.000 anfore di birra in segno propiziatorio alla dea Ishtar, divinita protettrice dei navigatori e degli eserciti, dea dell'amore e della guerra.

È curioso far notare tuttavia come attualmente la birra sia meno diffusa che altrove proprio li dove nacque, ovvero in Oriente. Infatti mentre nel resto del mondo la cultura della birra si sta diffondendo e sempre più espandendo, pensiamo ad Europa ed



Fig. 12.5 - Suor Hildegard von Bingen.

dotta più salutare. È nell'Europa centrosettentrionale che intorno all'XI secolo iniziò a diventare sempre più diffuso l'utilizzo del luppolo come conservante e amaricante in sostituzione di erbe, spezie e vari miscugli che fino a quel momento venivano impiegati.

La nota botanica Suor Hildegard von Bingen [1098-1197] dell'Abbazia di St. Rupert in Germania ne studiò scientificamente le virtù decretandone la definitiva affermazione a metà del XII secolo.

Infine con l'Editto della purezza, emanato a gli inizi del XVI secolo, furono definite esattamente le materie prime da utilizzare, le quali risultavano essere solamente tre: acqua, orzo e luppolo.

Con la rivoluzione industriale e le grandi invenzioni del XVIII secolo (come il termometro inventato da Fahrenheit nel 1714 e l'idrometro di Marin del 1768) mi-

gliorano notevolmente le tecniche produttive e l'arrivo della macchina a vapore di James Watt trovò la prima applicazione in campo birrario nel 1785 in una fabbrica di birra londinese.

Successive migliorie del prodotto e del processo si hanno verso la fine dell'800, in seguito all'introduzione del vetro e dell'uso del freddo nell'industria birraria. Inoltre i lavori di Pasteur sul lievito spianano la strada al microbiologo Emil Christian Hansen, ricercatore presso i laboratori della danese Carlsberg, che nel 1883 riuscì ad isolare una singola cellula di lievito ottenendo così una coltura pura, permettendo finalmente al birraio di avere un buon controllo sulle birre prodotte.

Nel corso del XX secolo si assiste ad una progressiva industrializzazione delle birrerie che, dovendo affrontare una concorrenza sempre più spinta, sono costrette a migliorare la produttività mantenendo bassi i prezzi. Nascono così le prime multinazionali ed i primi gruppi industriali, in primo luogo negli Stati Uniti e successivamente nel resto del mondo.

Se alla fine del XIX secolo le piccole birrerie erano più di 3000 in Belgio e più di 2000 negli Stati Uniti, il secolo successivo il loro numero scese vertiginosamente a poco più di un centinaio in Belgio e a qualche dozzina negli Stati Uniti.



Fig. 12.6 - Emil Christian Hansen.

12.4. DATI SUL MERCATO DELLA BIRRA

12.4.1. Dati sulla produzione in Italia

L'Italia conta, 16 stabilimenti industriali per la produzione di birra, dei quali 9 siti nelle regioni del Nord mentre nel Centro Sud ai rimanenti 7 si aggiungono 2 stabilimenti di malto. La realtà della birra artigianale prodotta da microbirrifici è stimata in circa 565 unità, mentre estremamente elevato è il numero dei marchi prodotti dall'industria nazionale della birra che ammontano complessivamente ad oltre 2.000.



Fig. 12.7 - Birrifici e malterie in Italia (anno 2014 - Fonte Assobirra).



Fig. 12.8 - Microbirrifici e birrerie in Italia (anno 2014 - Fonte Assobirra).

NUMERO DI MICROBIRRIFFICI E BREW PUB IN ITALIA - ANDAMENTO 2005-2014
NUMBER OF MICROBREWERIES AND BREW PUBS IN ITALY - TREND 2005-2014

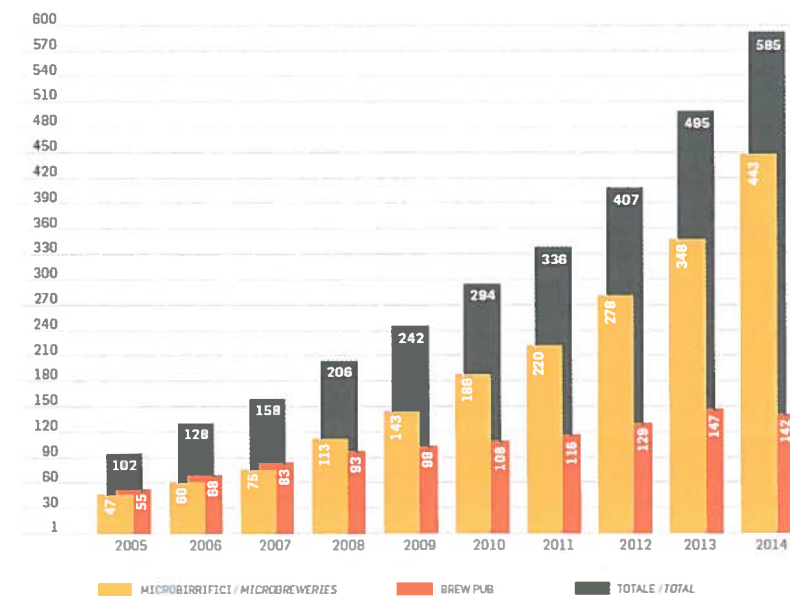


Fig. 12.9 - Microbirrifici e birrerie in Italia (Fonte Assobirra).

Paese	2011	2012	2013	2014	% totale
Germania	95.545	94.618	94.365	94.365	24,1
Regno Unito	45.701	42.049	41.956	41.956	10,7
Polonia	37.854	39.294	40.001	40.001	10,2
Spagna	33.573	33.000	32.692	33.600	8,5
Paesi Bassi	23.644	24.200	23.636	23.636	6,0
Repubblica Ceca	17.705	18.165	18.814	19.129	4,9
Belgio	17.705	18.751	18.069	18.206	4,6
Romania	16.900	16.900	16.110	16.110	4,1
Francia	15.910	17.132	15.491	15.491	3,9
Italia	13.410	13.293	13.256	13.521	3,4

Tab. 12.I - Quantitativi di birra prodotti dal 2011 al 2014 (migliaia hl) (Fonte Assobirra).

Nella specifica attività del settore di produzione della birra trovano occupazione circa 4.950 addetti, mentre si stima vi siano circa 130.000 dipendenti indirettamente impiegati nella filiera produttiva e nella fornitura di beni e servizi, vendita e promozione, ristorazione e recettività.

Per quanto concerne il panorama Europeo, l'Italia si è posizionata negli ultimi anni alla decima posizione per produzione: la birra italiana rappresenta il 3,4% del totale dietro a stati quali Germania, Regno Unito, Polonia, Spagna, Paesi Bassi, Repubblica Ceca, Belgio, Romania e Francia, ma comunque posizionata meglio rispetto a paesi con più grande tradizione storica birraia quali ad esempio Austria, Danimarca e Irlanda.

Di seguito si riportano alcuni grafici che riflettono il trend del mercato della birra negli ultimi 10 anni.

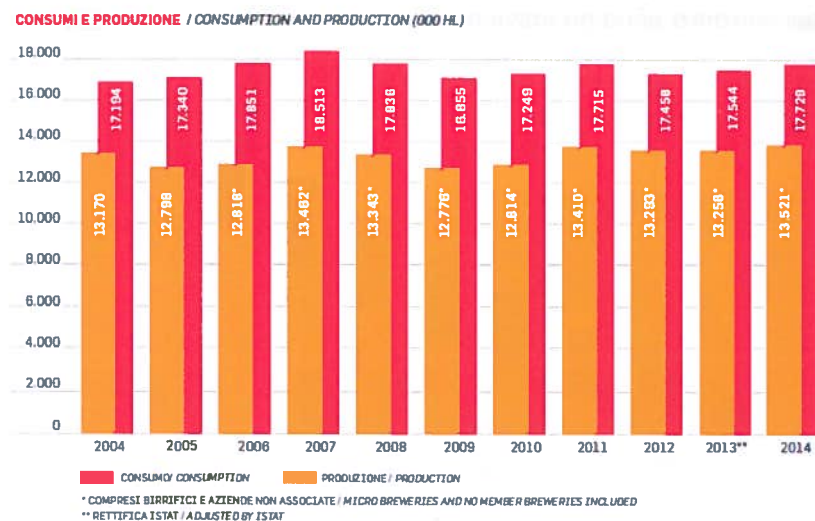


Fig. 12.10 - Trend consumo e produzione birra in Italia (Fonte Assobirra).

Azienda	2010	%	2011	%	2012	%	2013	%	2014	%
Heineken Italia S.p.A.	5.151	29,9	5.280	29,8	5.259	30,1	5.082	29,0	5.139	29,0
Birra Peroni S.r.l.	3.258	18,9	3.197	18,0	3.320	19,0	3.368	19,2	3.411	19,2
Carlsberg Italia S.p.A.	989	5,7	1.019	5,8	1.052	6,0	1.097	6,3	1.067	6,0
Birra Forst S.p.A.	611	3,5	609	3,4	605	3,5	599	3,4	621	3,5
Birra Menabrea S.p.A.	162	0,9	180	1,0	185	1,1	186	1,1	198	1,1
Birra Castello S.p.A.	889	5,2	891	5,0	1.047	6,0	1.089	6,2	1.083	6,1
Hausbrandt Trieste 1892 S.p.A.	25	0,1	26	0,1	28	0,2	28	0,2	29	0,2
Anheuser-Busch InBev Italia S.p.A.	1.279	7,4	1.308	7,4	1.295	7,4	1.237	7,1	1.418	8,0
Microbirrifici e aziende non associate	425	2,5	500	2,8	261	1,5	303	1,7	320	1,8
Importazioni di terzi non associati	4.460	25,9	4.705	26,6	4.406	25,2	4.555*	26,0*	4.443	25,1
Totale	17.249	100	17.715	100	17.458	100	17.544*	100	17.729	100

Tab. 12.II - Quantitativi di birra immessi sul mercato italiano dal 2011 al 2014 (Fonte Assobirra).

12.5. MATERIE PRIME UTILIZZATE

Come riferito nell'introduzione storica, la produzione della birra è molto cambiata nel corso della sua evoluzione, specialmente per quanto riguarda l'utilizzo delle materie prime. Da sempre però l'orzo è il cereale più utilizzato, seguito da frumento e segale in base alle zone di produzione della birra. A tutt'oggi, come da riferimenti normativi al paragrafo precedente, le materie prime impiegate nella preparazione della birra sono preminentemente quattro:

- Acqua;
- Malto d'orzo;
- Luppolo;
- Lievito.

12.5.1. Acqua

In termini quantitativi, rappresenta l'ingrediente più importante nella birra. Le caratteristiche chimiche e biologiche dell'acqua hanno un'importanza essenziale nella produzione della birra, in quanto vanno ad influenzare, direttamente o indirettamente, i parametri tecnologici in tutte le fasi del processo. Quasi sempre l'acqua viene sottoposta a trattamenti indirizzati principalmente al miglioramento del processo produttivo e alla qualità del prodotto finito. Basti pensare come la composizione salina dell'acqua possa contribuire al profilo organolettico del prodotto finito, soprattutto a livello gustativo.

Ora, con le moderne tecnologie che permettono al birraio di modificare la composizione dell'acqua, non è più necessario costruire le birrerie in prossimità di sorgenti d'acqua con caratteristiche esclusive.

L'unico requisito richiesto dalle autorità sanitarie è la sua potabilità.

I principali parametri che vengono misurati e tenuti sotto controllo sono il pH, la durezza, l'alcalinità, la composizione in ioni e in sali e le caratteristiche microbiologiche.

Nella Tabella successiva sono elencate le caratteristiche qualitative principali che deve possedere l'acqua utilizzata per la produzione della birra.

La falda di alimentazione risulta essere di estrema importanza poiché è garanzia delle quantità e la qualità dei Sali che compongono l'acqua.

I carbonati di calcio e magnesio sono i Sali più abbondanti che si riscontrano nelle acque "dolci", la "durezza" misurata in gradi francesi ne esprime la loro presenza nell'acqua. Si esprime la ricchezza di questi sali nell'acqua con la "durezza" misurata in gradi francesi.

Caratteristiche	Valore	Motivazione
pH	7-8	Troppo acido pericolo di corrosione, troppo basico: inibizione degli enzimi
p	0-0.3 mval/l	L'acqua non contiene CO ₂ aggressiva, ma solo una piccola frazione di CO ₃ ²⁻ e ioni OH
m	0.7-1.2mval/l	Solo basso residuo di acido distruggente HCO ₃ ⁻ : frazione bassa ma positiva per gusto palato
Durezza non carbonata	almeno due volte, meglio tre volte la durezza carbonata	Alcalinità bilanciata
Alcalinità residua	-2 to 2°dH <5°dH <10°dH	Per birre Pilsner Per birre chiare Per birre scure
Solfato	100-150 mg/l	Amarezza secco, tendenza ad aroma del luppolo
Cloruro	<100mg/l	Sapore salato, corrosione
Nitrato	<25 mg/l	Si evitano disturbi di fermentazione: valori bassi sono migliori poiché i nitrati sono introdotti nella birra da luppolo e malto.
Ferro	<0.1 mg/l	Imperfezione del gusto, pericolo per il gorgogliamento, pericolo per la torbidità, gusto della birra in stabilità
CO ₂ aggressiva libera	-	pericolo di corrosione

Tab. 12.III - Caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua idonea alla produzione della birra.

È possibile quindi fare una suddivisione delle acque in base alla quantità di carbonati:

- Acque dolci (fino a 10°F di durezza);
- acque medie (da 10°F fino a 20°F di durezza);
- acque dure (oltre 20°F di durezza).

Un'acqua caratterizzata da una durezza minore di 10°F è adattissima alla produzione di birre chiare denominate "lager". Per le birre di colore dall'ambra al bruno, caratterizzate quindi da note di caramello e/o di malto torrefatto (tostato quindi ad alta temperatura) vanno meglio le acque leggermente più dure.

12.5.2. Malto d'orzo

È la principale materia prima amidacea necessaria per la produzione della birra. Il malto si ottiene a partire dall'orzo e dal frumento, ma possono essere impiegati anche altri cereali (segale, farro, avena) che, prima vengono fatti germinare, poi vengono essiccati e successivamente tostati a diverse temperature a seconda della qualità di malto che si vuole ottenere.

Lo scopo del maltaggio è quello di sviluppare nelle cariossidi del cereale il corredo enzimatico che sarà necessario nella fase di ammostamento, durante la preparazione del mosto di malto, per la conversione degli amidi in zuccheri.

Produzione del malto

L'orzo, successivamente alla raccolta, viene sottoposto ad una serie di processi che lo trasformano in malto, dal quale dipendono le caratterizzazioni del gusto, colore e alcolicità della bevanda.

Le fasi principali sono 3:

1) Germinatura dell'orzo

I chicchi d'orzo e di altri cereali vengono bagnati sino al raggiungimento di circa il 45% di umidità. È necessario lasciarli a bagno per almeno 48 ore, provvedendo ad un ricambio dell'acqua ogni 8/12 ore per evitare che ammuffiscano. Nella seconda fase inizia la germinazione: i grani vengono stesi su una superfi-



Fig. 12.11 - Orzo germinato.

cie pulita ad una temperatura di circa 16°C per 8/15 giorni, avendo cura di aerarli (rivoltandoli) ogni 12 ore.

Con la **germinazione** si consente lo sviluppo degli **enzimi** che permetteranno poi di trasformare l'amido in essi contenuto in zuccheri solubili in acqua.

2) Essiccazione

L'essiccazione inizia non appena la radichetta di germinazione giunge ad una lunghezza pari a quella del chicco. Tale fase si compone di due parti: una di diminuzione di umidità (essiccazione) ed una di tostatura.

L'essiccazione deve essere effettuata a circa 40°C per 48 ore circa, garantendo sempre un ambiente ventilato e provvedendo alla movimentazione (rivoltandoli) deichicchi frequente. Da tale processo ottiene il cosiddetto malto acerbo.

3) Tostatura del malto

La successiva fase di tostatura deve essere realizzata ad una temperatura di 75-100°C per ulteriori 48 ore. In questo modo si ottengono i malti chiari, di grande potere enzimatico, chiamati anche lager o pale o pils, a seconda del paese.



Fig. 12.12 - Birre ottenute con malti che hanno subito un grado di tostatura differente.

12.5.3. Luppolo

L'*Humulus lupulus* è una pianta a fiore (Angiosperma) appartenente alla famiglia delle Cannabaceae, ordine delle Urticali. Nella produzione della birra vengono utilizzate le infiorescenze femminili non fecondate in diverse forme: luppolo in pellet, in fiori e come estratto.

Alla base delle infiorescenze sono presenti delle ghiandole ricche di resine, in grado di conferire il sapore amaro alla birra.



Fig. 12.13 - Infiorescenza femminile del luppolo.

I principali effetti del luppolo sulla birra sono:

- Conferire alla birra il caratteristico **sapore amaro** e contribuire al suo profilo aromatico
- Garantire un'azione **antisettica e antiossidante** grazie ad alcuni dei suoi costituenti
- Contribuire alla **sterilizzazione del mosto** grazie alla sua attività antibatterica.
- Favorire la **precipitazione di composti insolubili** riducendo i fenomeni di intorbidamento.
- Migliorare e **aumentare la stabilità** della schiuma

12.5.4. Lievito

Il lievito è un organismo unicellulare appartenente al regno dei funghi, importante nella produzione delle bevande alcoliche in quanto è l' "autore" della fermentazione alcolica.

Tutti i lieviti impiegati nella produzione della birra, eccetto alcune specialità, appartengono al genere *Saccharomyces*.



Fig. 12.14 - *Saccharomyces cerevisiae* durante il processo di gemmazione.

Due sono i "tipi commerciali" di *Saccharomyces* impiegati nella produzione della birra:

- top fermenting yeast (o ale), cioè i lieviti ad alta fermentazione;
- bottom fermenting yeast (o lager), cioè i lieviti a bassa fermentazione

I lieviti ad alta fermentazione sono i "*Saccharomyces Cerevisiae*", mentre quelli a bassa fermentazione sono i "*Saccharomyces Carlsbergensis*" (o "*S. Uvarum*").

In via indicativa, i primi lavorano nel range di temperatura di 16-24°C, mentre i secondi nel range 4-15°C.

Le sostanze aromatiche prodotte dai lieviti durante la fermentazione sono direttamente proporzionali alla temperatura di fermentazione quindi le birre a bassa fermentazione contengono un minor numero di aromi derivati dalla fermentazione rispetto alle birre ad alta fermentazione maggiormente caratterizzate

Il lievito attraverso la fermentazione, partendo dal glucosio o da altri zuccheri, produce CO₂ ed alcol etilico, che sono i prodotti della fermentazione che a noi interessano.

12.6. PROCESSO PRODUTTIVO

Abbiamo già visto che il primo passaggio per la produzione della birra è la maltazione dell'orzo. Di solito non viene condotta dal birrifico stesso, ma da apposite aziende specializzate: *le malterie*.

Il processo produttivo della birra può essere schematizzato in 9 fasi riportate nella figura sottostante.

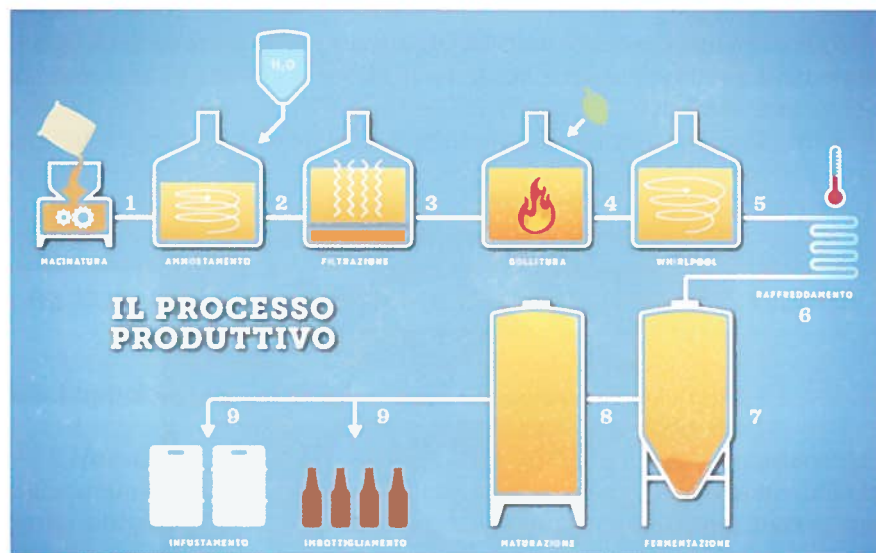


Fig. 12.15 - Processo produttivo della birra.
Fonte manuale della birra Easybrau (Impiantinox Srl).

Macinatura del malto

La prima fase del processo produttivo consiste nella macinazione del malto. Può essere eseguita con diversi tipi di mulino, ma il risultato consiste sempre nell'ottenere la frammentazione, più o meno grossolana, delle cariossidi d'orzo maltato ed eventualmente degli altri cereali.

Lo scopo fondamentale è migliorare la distribuzione del materiale amidaceo, favorendo la reidratazione e rendendolo più facilmente attaccabile da parte degli enzimi durante il successivo processo di ammostamento.

Ammostamento

Una volta macinato, il malto viene miscelato con acqua calda per dare il via al processo di ammostamento. Questa fase avviene nel tino di ammostamento (o tino di miscela). Spesso l'ammostamento comincia a temperature piuttosto basse, attorno ai 45-50° C (a volte anche 35-40°C), per favorire l'azione degli enzimi più sensibili al calore, quali le fitasi, gli enzimi proteolitici e le beta-glucanasi (cellulosa).

Dopo circa 20 minuti la temperatura viene portata a valori prossimi ai 65° C, temperatura idonea alla gelatinizzazione degli amidi e all'attività delle amilasi, che cominciano ad operare la saccarificazione. Con la saccarificazione si ha la degradazione dell'amido in zuccheri più semplici, rappresentati principalmente da maltosio (45-52%), maltotriosio (12-15%), glucosio+fruttosio (10%) e destrine (23-25%, non fermentescibili).

Dopo circa un'ora la temperatura viene innalzata nuovamente, questa volta a circa 76-78° C, per arrestare l'attività della maggior parte degli enzimi e per diminuire la viscosità dell'impasto, aumentandone la fluidità.

A questo punto si passa alla fase di filtrazione del mosto, nella quale avviene la separazione delle parti solide dal mosto zuccherino. Il sistema precedentemente descritto definisce solo i valori di tempo/temperatura che normalmente si seguono, senza fare esplicito riferimento al metodo di riscaldamento della massa adottato.

Fase	Temperatura	Azioni
1	40-45 °C	Azione enzimi :fitasi, proteolitici, beta-glucanici
2	65 °C	Gelatinizzazione amidi, amilasi
3	76-78 °C	Arresto attività enzimatica, aumento fluidità

Tab. 12.IV - Ricetta tipica dell'ammostamento.

Esistono due sistemi di ammostamento:

- **Sistemi ad infusione** (singola o metodo tradizionale e multipla)
Nei sistemi ad infusione il riscaldamento dell' impasto (piuttosto concentrato: rapporto acqua infusione/grist 2,2-2,5 hl/100kg) avviene mediante l'aggiunta di acqua preriscaldata oppure riscaldando direttamente l' impasto nel tino di miscela.

• **Sistemi a decozione** (singola o multipla).

Nel sistema a decozione il riscaldamento dell' impasto (più diluito: rapporto acqua infusione/ grist 3,5-5 hl/100 kg) avviene portando ad ebollizione una parte dell' impasto (circa 1/3) in una caldaia separata, la caldaia di miscela, che viene successivamente reimmesso nel tino di miscela, provocandone l' innalzamento di temperatura.

Utilizzando questa tecnica si degradano una parte degli enzimi a causa della bollitura, ma si ha una maggiore gelatinizzazione dell'amido

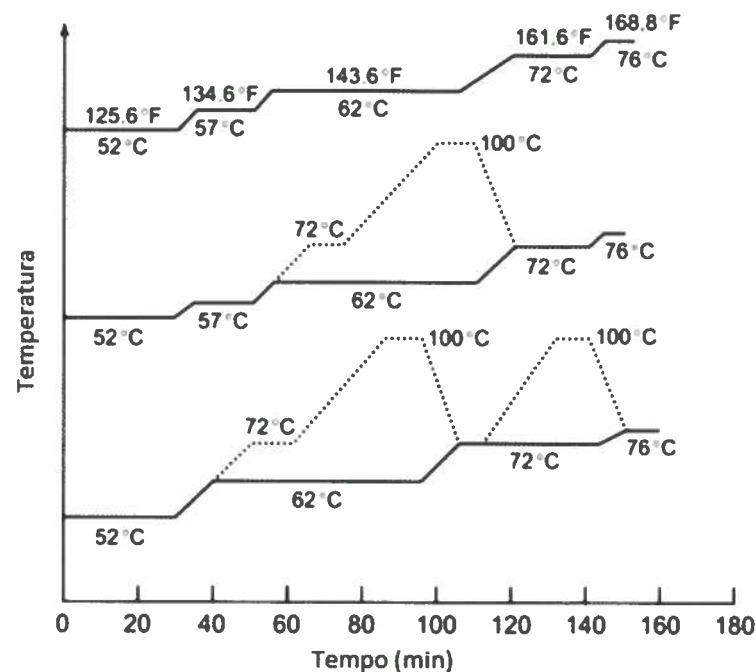


Fig. 12.16 - Sistema ad infusione a temperature programmate (in alto), sistema a decozione singola (al centro), sistema a doppia decozione (in basso).

La filtrazione

La filtrazione ha luogo nel tino di filtrazione, costituito fondamentalmente da un recipiente nel quale è adagiato un falso fondo dove poggiano le trebbie che costituiscono il letto di filtrazione.

Il mosto liquido viene quindi fatto ricircolare su questo letto di trebbie fino a quando non esce limpido, privo di impurezze.

A questo punto il mosto limpido viene pompato nella caldaia di bollitura (o, a volte, in un tino di sosta).

Le trebbie adagate sul falso fondo contengono ancora degli zuccheri e per estrarli si provvede al loro risciacquo con acqua acidificata (che consente di evitare l'estrazione di tannini indesiderati) alla stessa temperatura dell' impasto, cioè 76-78°C.



Fig. 12.17 - Impianto di filtrazione (Impiantinox Srl).

La cottura

Recuperato tutto il mosto comincia la fase di bollitura, che avviene nella caldaia di bollitura. Questa operazione riveste un ruolo fondamentale nel processo produttivo per una serie di motivi, tra i quali:

- Estrazione degli aromi del luppolo;
- Concentrazione del mosto, che avviene attraverso l' evaporazione di una parte dell' acqua;
- Inattivazione gli enzimi;
- Sterilizzazione del mosto;
- Coagulazione delle proteine in eccedenza;
- Allontanamento parziale delle molecole dall' odore indesiderato (es: dimetilsolfuro).

La bollitura dura di norma 90 minuti, ma tempi compresi tra i 60 e i 120 minuti sono comuni.

L'operazione fondamentale durante la bollitura del mosto consiste nell'aggiunta del luppolo, che avviene a tempi diversi a seconda del risultato che si intende ottenere. È comune l'aggiunta di luppolo, che si usa in ragione di 150-250 g/hl, ad inizio bollitura per conferire l'amaro alla birra e a 10-15 minuti per conferirne il gusto e l'aroma



Fig. 12.18 - Fase di cottura (Impiantinox Srl).

Whirlpool

Terminata la bollitura si procede con il whirlpool, cioè quell'operazione che consiste nel creare un vortice che favorisce la sedimentazione del trub (si ha la formazione di complessi insolubili dovuti alla reazione tra polifenoli del malto e del luppolo e le proteine del malto) al centro del tank. Generalmente questo tank cilindrico col fondo leggermente inclinato è provvisto di un'ingresso tangenziale da dove il mosto viene pompato alla velocità di 3,5 m/s. In questo modo tutte le sostanze in sospensione sedimentano lasciando limpido il mosto che può finalmente essere raffreddato ed inviato ai tank di fermentazione.



Fig. 12.19 - Serbatoio Whirlpool (Impiantinox Srl).

Raffreddamento e ossigenazione

Il raffreddamento del mosto avviene comunemente utilizzando scambiatori di calore a piastre a controflusso alimentati ad acqua o, più spesso, impiegando soluzioni refrigeranti (glicole etilenico e propilenico).

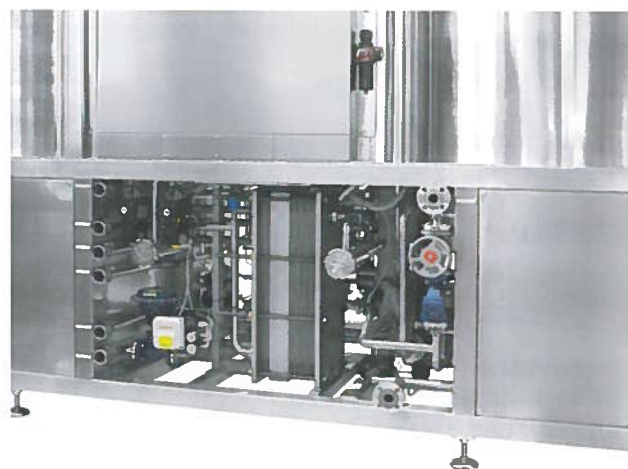


Fig. 12.20 - Tipico scambiatore a piastre per raffreddamento birra (Impiantinox Srl).



Fig. 12.21 - Visione d'insieme sala cottura Flex-Bräu con serbatoio acqua calda 10-20 [hl] (Impiantinox Srl).

La temperatura di inoculo che si deve raggiungere è diversa a seconda del tipo di fermentazione, e conseguentemente di birra, che si desidera ottenere: per le lager la temperatura è di 6-7° C, per le ale è compresa tra i 15 e i 18° C.

La temperatura di inoculo che si deve raggiungere è diversa a seconda del tipo di fermentazione, e conseguentemente di birra, che si desidera ottenere: per le lager la temperatura è di 6-7° C, per le ale è compresa tra i 15 e i 18° C.

Fermentazione

A questo punto si provvede all' inoculo del lievito direttamente nel fermentatore, dopo essere stato propagato (se in forma liquida o in pasta) o reidratato (se si utilizzano lieviti secchi attivi).

I tini di fermentazione a forma cilindro-conica sono quelli più comunemente utilizzati, in quanto facilitano la sedimentazione e il recupero del lievito una volta portata a termine la fermentazione.

La fermentazione procede a temperature comprese tra gli 8 e i 13° C se si utilizzano lieviti a bassa fermentazione (*S. pastorianus*) o a 18-22° C se si utilizzano lieviti ad alta fermentazione (*S. cerevisiae*). Il tempo che il lievito impiega per completare la fermentazione è differente a seconda della temperatura di fermentazione, del grado zuccherino del mosto e del numero di cellule di lieviti.



Fig. 12.22 - Tino di fermentazione (Impiantinox Srl).

to inoculate. Generalmente sono richiesti 2-5 giorni per le ale e 2 settimane o più per le lager (bassa fermentazione).

Con la fermentazione il lievito metabolizza gli zuccheri fermentescibili trasformandoli in alcol e CO₂ più altri metaboliti, che contribuiscono considerevolmente al profilo sensoriale della birra.

Il profilo sensoriale della birra è strettamente correlato al ceppo di lievito impiegato nella fermentazione, motivo per il quale molte birrerie custodiscono gelosamente i loro lieviti.

Maturazione

Terminata la fermentazione primaria si passa alla fermentazione secondaria, che può avvenire negli stessi tank della fermentazione primaria oppure nei tank di stagionatura.

In questa seconda fermentazione la temperatura viene abbassata (a circa 0°C per le lager, a temperature superiori per le ale) e i lieviti esauriscono gli zuccheri eventualmente residui. Con l'abbassamento della temperatura i lieviti lavorano più lentamente, però allo stesso tempo si ha una chiarificazione della birra verde (così chiamata la birra giovane), con la precipitazione di sostanze proteiche, resine di luppolo e degli stessi lieviti.

In questo periodo di stagionatura, che dura mediamente dalle 4 alle 10 settimane, la birra si arricchisce, in modo naturale e/o artificiale, con anidride carbonica.

Il risultato della stagionatura è il miglioramento organolettico del prodotto.

Filtrazione

La birra chiarificata non è ancora del tutto limpida, per questo in quasi tutte le birrerie (anche in molti microbirrifici) si procede con la filtrazione che provvede alla rimozione delle impurezze in sospensione che causano torbidità: proteine, polifenoli e lieviti.

La birra è quindi pronta per il confezionamento.

Pastorizzazione e confezionamento

Il primo passaggio consiste nel riempimento dei contenitori (di solito in vetro o alluminio): è un processo che con la moderna tecnologia avviene con notevole efficienza ed anche a notevole velocità, si arriva fino a 70000 e più btg/h da 33 cl., per le lattine le velocità possono essere anche superiori, in genere tali velocità sono quelle determinanti per l'intera linea che prende sempre a riferimento questa macchina per tarare la velocità delle altre.

La birra normalmente prodotta è una bevanda sovrassatura di anidride carbonica, per tali ragioni il processo di riempimento non può essere effettuato alla pressione atmosferica, versando la birra nel contenitore, in quanto verrebbe liberata anidride carbonica ed il contenitore schiumerebbe. A tal fine l'imbottigliamento deve prevedere un equilibrio tra la pressione del contenitore e quella del serbatoio dove è contenuta la birra che deve essere confezionata. Tale processo prende il nome di **riempimento isobarometrico**².

² Per approfondimenti sull'isobarometria cfr. Cap. 11. L'industria vinicola, paragrafo imbottigliamento.



Fig. 12.23 - Impianto di imbottigliamento della birra (CFT Spa).

Le birre industriali vengono quasi sempre pastorizzate e i sistemi di pastorizzazione sono sostanzialmente due: pastorizzazione flash in massa (mediante scambiatore di calore a piastre) o pastorizzazione in volume mediante pastorizzatori a tunnel (a getto d'acqua).

Nella birra filtrata, essendoci determinate condizioni, quali: acidità (pH 4.5), debole effetto antisettico del luppolo e zuccheri semplici assenti, condizioni



Fig. 12.24 - Pastorizzatore Flash (Impiantinox Srl).

anaerobiche ;pochi microorganismi sono in condizioni di svilupparsi, e fra questi non vi sono patogeni.

Lieviti selvatici e batteri lattici sono responsabili delle più comuni alterazioni del gusto , dell'aspetto e delle caratteristiche organolettiche

A questo scopo viene effettuato il processo di "pastorizzazione", che consiste nel trattamento termico adatto a renderla birra "commercialmente sterile"

Il sistema flash si usa per la birra destinata al confezionamento in fusti.

Nel sistema a flash, attraverso l'utilizzo di scambiatori di calore a piastre, la birra raggiunge rapidamente la temperatura di circa 70° e dopo un breve mantenimento di circa 1 min viene rapidamente raffreddata.

La birra ed il contenitore vengono sterilizzati separatamente e successivamente congiunti in un ambiente controllato per evitare possibili re inquinamenti.

Il sistema a tunnel si usa per la birra già confezionata in bottiglie e lattine.

Nei pastorizzatori a tunnel si raggiungono temperature di processo di circa 62-63°C per tempi di mantenimento inferiori ai 10 minuti, attraverso un trattamento a pioggia di acqua con temperature via via crescenti. I contenitori confezionati sono sottoposti inizialmente ad un aumento di temperatura graduale per il raggiungimento delle temperature di processo desiderate e successivamente un decremento di temperatura fino all'uscita dal tunnel dove verranno raggiunti i 25°.

Terminata la pastorizzazione, nel caso di bottiglie e lattine, si provvede all'etichettatura, all'imballaggio e alla pallettizzazione delle confezioni multiple di birra, che può finalmente essere commercializzata.

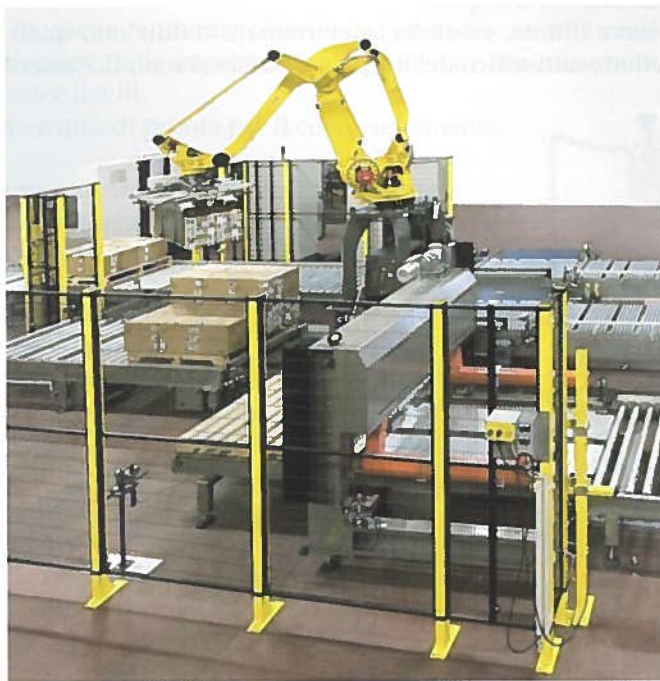


Fig. 12.25 - Pallettizzatore di una linea birra (CFT spa).

12.7. BIBLIOGRAFIA

- Area Birra; sito internet disponibile a: http://www.areabirra.it/italian/storia_della_birra.php, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- Associazione italiana Sommelier Trentino; sito internet disponibile a: <http://www.aistrentino.it/cms/>, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- Birra & Malto; sito internet disponibile a : <http://www.aitbm.it/rivista.php?cat=19>, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- CFT Spa; sito internet disponibile a: <http://www.cft-group.com>, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- Easybrau; sito internet disponibile a: <http://www.easybrau.it>, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- Eßlinger H. M., 2009. Fermentation, Maturation and Storage. In Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets., ed. H. M. Eßlinger, 207-224. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana-Decreto del presidente della repubblica 30 giugno 1988, n.272; sito internet disponibile a: http://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/carica-DettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=1998-08-10&atto.codiceRedazionale=098G0330&elenco30giorni=false, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- <http://mrbeer.iobloggo.com/cat/eventi/44888>, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- Impiantinox Srl, sito internet disponibile a: <http://www.impiantinox.it/>, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- L. 16 agosto 1962, n. 1354-Disciplina igienica della produzione e del commercio della birra; sito internet disponibile a: <http://fuiakka.altervista.org/16agosto1962disciplinaigenicadellaproduzioneedelcommerciodellabirra.pdf>, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- Larapedia-la birra artigianale ed industriale storia e caratteristiche; sito internet dipsonibile a : http://www.larapedia.com/alimentazione_bevande_birra/birra_artigiale_e_industriale_storia_e_caratteristiche.html, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- Legaconsumatoririmini; sito internet disponibile a: <http://www.legaconsumatoririmini.it/Homebrew/cennistorici.html>, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- Microbirrifici-Il malto processo di realizzazione; sito internet disponibile a: http://www.microbirrifici.org/materie_prime8.aspx, accesso avvenuto il 30.05.2017.
- Onabitalia- Le materie prime per la produzione della birra: i principali cereali e il luppolo; sito internet disponibile a : http://www.onabitalia.it/public/news/33_2_3_lezione_Le_materie_prime_per_la_produzione_della_birra.pdf, accesso avvenuto il 30.05.2017, accesso avvenuto il 30.05.2017.

*Il mondo giudica dal risultato,
e lo nomina giudizio di Dio.*

Laube die Karlsschüler

Capitolo tredicesimo

L'INDUSTRIA LATTIERO-CASEARIA¹: IL PARMIGIANO REGGIANO

13.1. PRODOTTI E DERIVATI DEL LATTE

La lavorazione del latte può essere suddivisa in due principali filiere:

1. Produzione di latte alimentare:
 - pastorizzato,
 - sterilizzato,
 - concentrato,
 - essiccato.
2. Trasformazione del latte per la produzione dei suoi derivati
 - formaggi,
 - yogurt,
 - burro,
 - altri.

È possibile classificare i prodotti derivati dalla materia prima "latte crudo" secondo lo schema di **fig. 13.1**, che non vuole essere esaustivo di tutti i processi possibili, ma rappresentarne una suddivisione logica.

13.2. IL LATTE

I tipi di latte ad uso alimentare più comuni sono:

- Il latte pastorizzato,
- Il latte UHT,
- Il latte sterilizzato.

In funzione del tenore di grasso presente, correntemente si distingue il latte in:

- Latte intero (con grasso minimo di 3,20% e di 3,5% per il latte fresco pastorizzato di alta qualità)
- Latte parzialmente scremato (con contenuto di grasso tra 1,5 e 1,8%)
- Latte magro (grasso inferiore allo 0,5%).

¹ Per maggiori approfondimenti di questa tecnologia cfr. il testo, completo ed esauriente, "Microbiologia e tecnologia lattiero-casearia". Germano Mucchetti, Erasmo Neviani. Ed. Tecniche Nuove e il lavoro "Burro e panna di vacca" realizzato dalla C.C.I.A.A. di Cuneo.

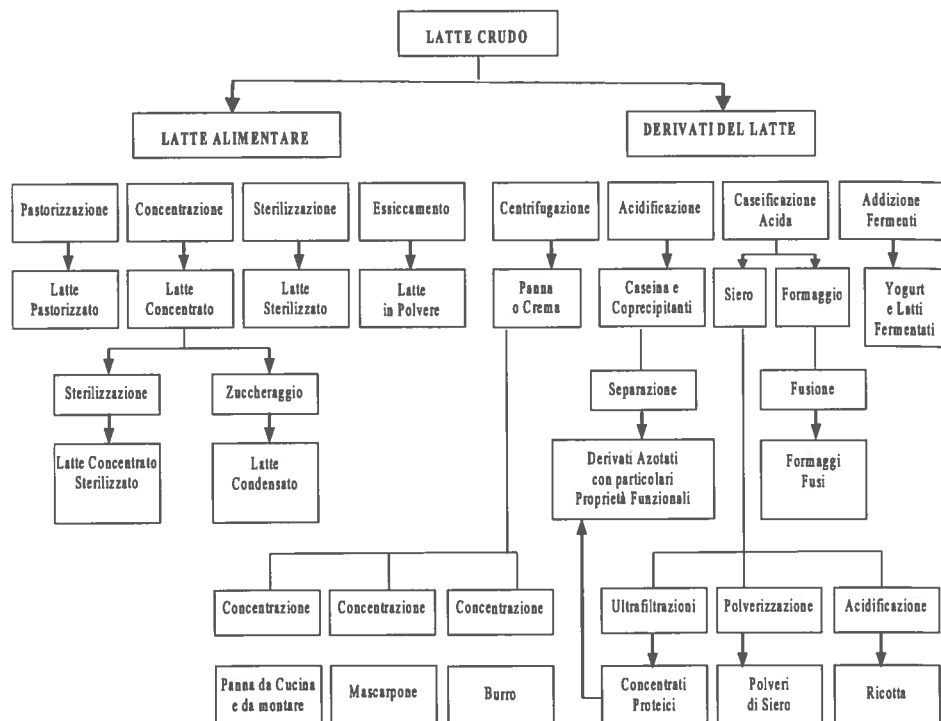


Fig. 13.1 - Derivati del latte crudo.

13.3. ASPETTI ALIMENTARI DEL LATTE

Per latte può essere assunta la seguente definizione: "Il latte è il prodotto della mungitura regolare, completa ed ininterrotta di animali in buono stato di salute, di alimentazione ed in corretta lattazione. Per latte, senza ulteriori specificazioni, deve intendersi quello proveniente dalla vacca."

I suoi componenti fondamentali sono indicati in **tab. 13.I**.

Contenuto energetico di 100 grammi di latte = 61 kcal.

Peso di 1 litro di latte = 1030 g.

Componenti	% in peso
Acqua	87,3
Zuccheri	4,7
Materia grassa	3,8
Proteine	3,3
Sali	0,9

Tab. 13.I - Componenti principali del latte.

Tra i componenti fondamentali dal punto di vista nutrizionale possiamo citare i seguenti:

- Glucidi: lattosio, amido;
- Lipidi: trigliceridi, di-monogliceridi, acidi grassi liberi, steroli (colesterolo etc.);
- Proteine: caseine, sieroproteine enzimi;
- Vitamine: liposolubili (A, D, E e K); idrosolubili: (B1, B2, B12, PP, C);
- Minerali: calcio, magnesio, potassio, fosforo e sodio, fosfati, cloruri, solfati e bicarbonati 0,56%;
- Acidi organici: citrati, lattati;
- Sostanze azotate: amminoacidi liberi;
- Microelementi: zinco, ferro, rame, selenio, cromo, iodio, calcio.

Esistono inoltre, al di là delle distinzioni fatte più sopra, diverse tipologie di latte in funzione della destinazione d'uso che ad esse si vuole dare:

- Concentrati;
 - In polvere;
 - Arricchiti (fibre, zuccheri, proteine, vitamine, calcio, ferro, batteri lattici e probiotici);
 - Aromatizzati (caffè, caramello, cioccolato, etc);
 - Latte per l'infanzia (polvere, liquidi).
- Questi possono essere utilizzati per:
- Uso alimentare diretto;
 - Bevande a base di siero (fermentato, arricchito);
 - Integratori nutrizionali (proteine idrolizzate);
 - Ingredienti alimentari.

Essendo comunque il substrato base liquido del latte, composto dal punto di vista nutrizionale da zuccheri fermentescibili, lipidi, componenti azotate, vitamine e sali minerali, e presentando inoltre condizioni di T, pH, Aw (attività dell'acqua) favorevoli alla contaminazione e colonizzazione da parte di microrganismi patogeni, esso è estremamente delicato dal punto di vista della conservazione.

Per tale motivo il latte viene sottoposto a trattamenti termici e non, per diminuirne la carica microbica iniziale. A seconda dei trattamenti cui viene sottoposto, variano i giorni di conservazione del prodotto e la sua stabilizzazione microbica.

13.4. CONTROLLI E TRATTAMENTI SUL LATTE APPENA MUNTO

Sul latte appena munto devono essere eseguite le seguenti operazioni:

- Controlli qualitativi;
- Filtrazione, per asportare materiale grossolano;
- Refrigerazione, abbassamento della temperatura a circa 4°C, per rallentare sensibilmente la crescita microbica, così da rendere trasportabile il latte in autocisterne coibentate o munite di impianti frigoriferi in grado di mantenere il prodotto alla temperatura di refrigerazione.

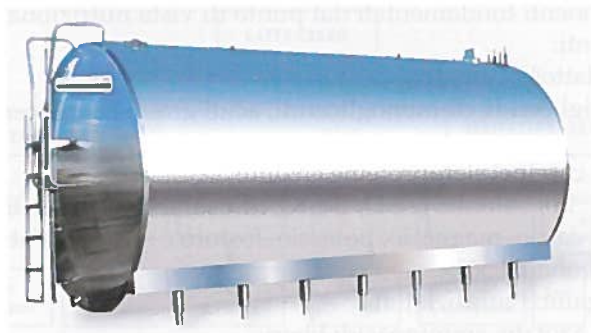


Fig. 13.2 - Refrigeratore per latte (GEA Spa).

A livello impiantistico esistono diversi tipi di refrigeratori, che differiscono per dimensioni, forma ed accessori di controllo (fig. 13.2).

Il latte viene poi trasportato nei siti di lavorazione dove subirà ulteriori trattamenti.

Il trasporto avviene di solito tramite autocisterne (fig. 13.3), che arrivano presso gli stabilimenti e scaricano il latte in serbatoi polmonari coibentati e raffreddati.



Fig. 13.3 - Autocisterne per il trasporto del latte (Acram s.r.l.).

13.5. I TRATTAMENTI TERMICI DEL LATTE NELL'INDUSTRIA

Con riferimento allo schema introdotto inizialmente i possibili trattamenti ai quali sottoporre il latte variano a seconda delle sue successive lavorazioni (tab. 13.II)

La pastorizzazione

È un trattamento termico a 72-75°C per circa 15" e comporta:

- l'eliminazione della flora patogena non sporigena;
- che il prodotto deve poi essere conservato refrigerato;
- la durata del prodotto è limitata solitamente tra 4 e 8 giorni;
- non è necessaria la bollitura domestica;
- le proteine non vengono con tale processo completamente denaturate.

Terminazione	63-65°C per 15"	Trattamento utilizzato per alcune produzioni casearie
Pastorizzazione discontinua	63°C per 30'	Metodo Pasteur impiegato per alcune produzioni casearie
Pastorizzazione HTST	72-75°C per 15"	Latte conservabile a temperatura di frigorifero per alcuni giorni
Pastorizzazione HTST	85-90°C per 5-60"	Crema
Ultra pastorizzazione	125-138°C per 2-4"	Latte conservabile a temperatura di frigorifero per 8-10 giorni
UHT	135-150°C per 4-15"	Latte conservabile a temperatura ambiente per 3 mesi
Trattamento in autoclave	ca. 116°C per ca. 20'	Latte conservabile a temperatura ambiente per 6 mesi

Tab. 13.II - Trattamenti termici effettuati sul latte e relativa conservabilità.

La pastorizzazione può essere condotta con due diverse modalità:
in massa, tramite:

- 1) scambiatori di calore;
- 2) effetto joule;
- 3) vapore;
- 4) microonde;

in volume, dopo il confezionamento tramite:

- acqua calda;
- aria calda;
- vapore;
- microonde.

Per quanto riguarda il trattamento in massa i più utilizzati sono gli **scambiatori di calore a piastre**. Consistono in pacchi di piastre in acciaio a superficie corrugata che costituiscono una serie di camere contigue attraverso le quali scorrono, in flussi separati il latte e i fluidi di scambio termico. Questi impianti sono costituiti da diverse sezioni, in ciascuna delle quali avvengono differenti stadi del processo tecnologico, quali ad esempio il preriscaldamento, il riscaldamento ed il raffreddamento.

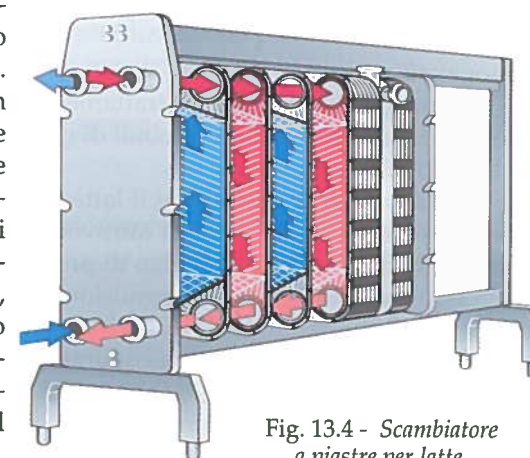


Fig. 13.4 - Scambiatore a piastre per latte.

Rispetto a uno scambio indiretto (a tubolare), gli scambiatori a piastre consentono notevoli recuperi energetici. Il risparmio energetico è dato dal fatto che lo scambiatore di calore a piastre è costruito in modo tale che il prodotto caldo in uscita scorra in controcorrente con quello freddo in entrata, consentendo contemporaneamente il riscaldamento del prodotto crudo in entrata e il raffreddamento di quello già trattato in uscita.

Queste macchine consentono inoltre un notevole risparmio di acqua potabile (pertanto risultano adatti per l'uso oltre che in paesi caldi con penuria di fonti idriche, anche per il rispetto dell'ambiente)

La centrifugazione

Appena prima della pastorizzazione, quando il latte raggiunge la temperatura di 40-50°C, viene centrifugato per:

- ottenere l'eliminazione di particelle solide sospese (pulitura)
- separare la parte lipidica più leggera da quella acquosa (scrematura).

Le centrifughe utilizzate per questa fase di trattamento, possono presentare separatamente o contemporaneamente la funzione di pulitrice o di scrematrice, in quest'ultimo caso vanno chiamate "pultrici/scrematrici".

Le centrifughe presentano un bolo contenente numerosi piatti di acciaio (calotte), a forma conica, distanti fra di loro pochi millimetri, che hanno un ruolo determinante nell'operazione di pulitura. Permettono quindi di aumentare in modo notevole le capacità di separazione e quindi le portate.

Durante la centrifugazione, a causa della diversa densità della fase acquosa e di quella lipidica, avviene la separazione della crema.

L'omogeneizzazione

L'omogeneizzazione è un trattamento che consente di ridurre di circa dieci volte il diametro medio dei globuli di grasso, rendendoli più digeribili e meno predisposti all'affioramento.

Durante queste operazioni il latte viene pompato ad alta pressione (circa 200 atmosfere) e ad alta velocità attraverso un'apertura di piccola dimensione. Gli attriti, la turbolenza e lo sbalzo di pressione provocano la rottura dei globuli di grasso che, dispersi in fine emulsione, non possono più riaffiorare in superficie.

L'omogeneizzazione viene condotta a circa 70°C sul latte prima del trattamento termico di pastorizzazione o di sterilizzazione per scambio indiretto. Nel caso di sterilizzazione per scambio diretto con vapore, l'omogeneizzazione viene condotta dopo il trattamento termico.



Fig. 13.5 - Scrematrice industriale (GEA Spa).

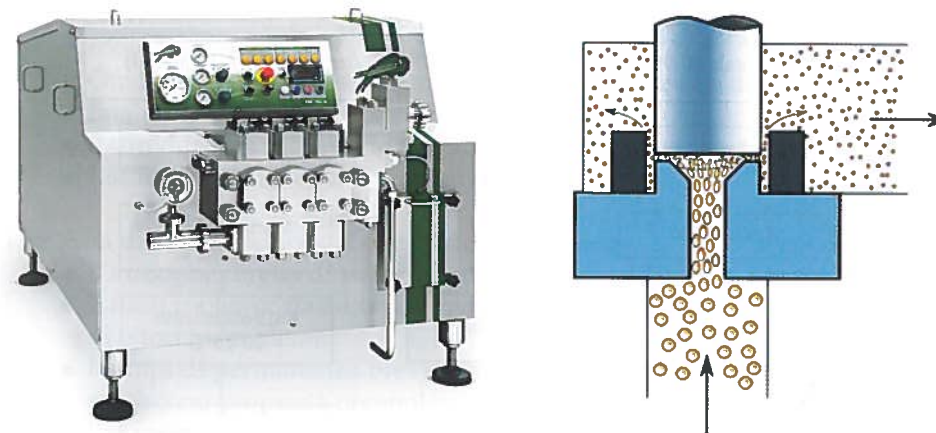


Fig. 13.6 - Esempio di omogeneizzatore per latte (GEA Niro Soavi SpA).

L'omogeneizzatore ad alta pressione è una macchina costituita da una pompa volumetrica a pistoncini in grado di pompare prodotti liquidi ad alta e bassa viscosità fino ad un determinato livello di pressione, e da una specifica valvola regolabile, appositamente progettata, in cui si concentrano gli effetti fluidodinamici necessari per micronizzare i fluidi trattati.

La sterilizzazione ed il trattamento UHT

Il latte sottoposto a trattamenti di sterilizzazione viene definito: *latte sterilizzato a lunga conservazione oppure latte UHT a lunga conservazione*.

La sterilità commerciale è quel trattamento termico che permette la riduzione delle spore di *Cl. botulinum* di 12 cicli logaritmici in 1 minuto. Tale sterilizzazione non è assoluta (ciò si rivelerebbe economicamente sconveniente), ma consente di ottenere dei prodotti stabili per lunghi periodi.

Parimenti alla pastorizzazione, la sterilizzazione può essere effettuata: *in autoclave o sterilizzatore continuo tramite:*

- acqua calda,
- vapore,
- aria calda,
- microonde.

in massa con un successivo confezionamento asettico, tramite:

- scambiatore di calore,
- Iniezione diretta di vapore,
- a microonde,
- ad effetto joule.

Nella **fig. 13.7** si fornisce una rappresentazione schematica delle differenze tra i due processi, mostrando come a livello di tempistiche e di materiali di packaging richiesti ci siano notevoli differenze.

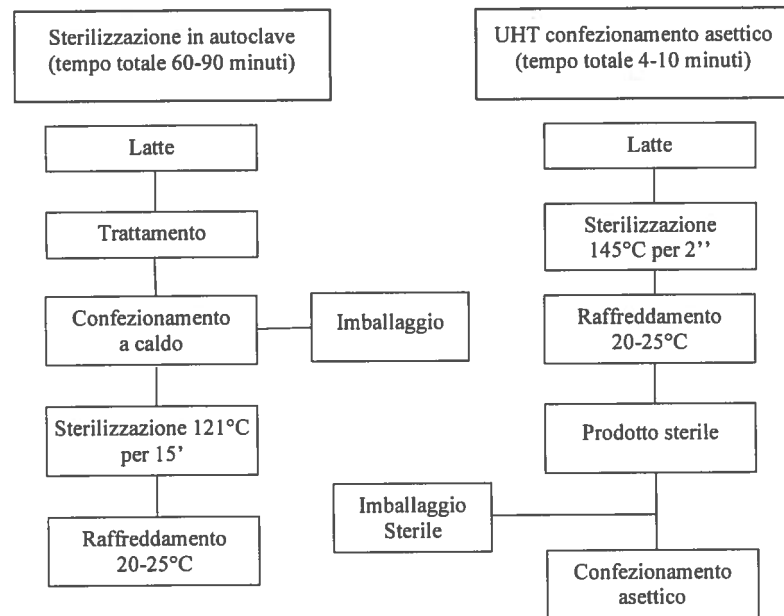


Fig. 13.7 - Confronto dei processi di sterilizzazione del latte.

Allo stato attuale, alla luce di quanto sopra evidenziato, è quasi esclusivamente impiegata la sterilizzazione in massa ed il confezionamento asettico del latte sterilizzato. Quindi il sistema UHT, sia per ragioni qualitative, sia economiche, ha praticamente sostituito il tradizionale metodo di sterilizzazione del prodotto confezionato in autoclave.

Per quanto riguarda in particolare il processo UHT, Il sistema UHT (Ultra High Temperature) può essere effettuato secondo due diverse modalità di trasferimento del calore:

- processo UHT diretto (eseguito con impianti che raggiungono il massimo della temperatura per aggiunta diretta di vapore nell'alimento),
- processo UHT indiretto (analogamente a quanto avviene nella pastorizzazione, si utilizza il riscaldamento per conduzione termica, facendo passare il prodotto su superfici preriscaldate).

Il processo UHT diretto per iniezione o infusione di vapore segue il seguente schema di processo:

- Alimentazione del prodotto in serbatoio a livello costante;
- Preriscaldamento primario per recupero di calore (opzionale);
- Preriscaldamento secondario nel condensatore a fasci tubieri mediante recupero di calore sui vapori estratti dal flash-cooler (raffreddatore istantaneo);
- Riscaldamento istantaneo alla temperatura di sterilizzazione prefissata mediante iniezione diretta di vapore;
- Sosta di sterilizzazione per alcuni secondi;

- Raffreddamento istantaneo per espansione all'interno del flash-cooler (in condizioni di leggero vuoto);
- Omogeneizzazione asettica per prevenire separazione di fasi nel prodotto finale;
- Raffreddamento primario con acqua di torre o per recupero di calore;
- Raffreddamento secondario con acqua gelida.

I benefici di tale processo sono legati a diversi aspetti:

- L'iniezione diretta di vapore porta ad un riscaldamento istantaneo;
- Il flash cooler porta ad un raffreddamento istantaneo ed alla eliminazione di odori indesiderati;
- I tempi di permanenza brevissimi alla temperatura di sterilizzazione garantiscono proprietà organolettiche (assenza di imbrunimento e caramellizzazione) e nutritive superiori nel prodotto finale;
- I cicli di produzione prolungati senza lavaggi o sterilizzazioni intermedie garantiscono un'elevata capacità produttiva e bassa incidenza di tempi e costi di lavaggio;
- Le capacità produttive elevate portano a periodi di ammortamento ridotti;
- L'unità cip autonoma consente un lavaggio impianto completamente indipendente.

Si segnala infine che allo stato attuale si ha un'automazione d'impianto e una supervisione completamente accessibili.

Se si vuole condurre invece una *sterilizzazione UHT tramite scambio* indiretto, si può seguire la sequenza di fasi:

- Alimentazione del prodotto in serbatoio a livello costante
- Preriscaldamento con acqua surriscaldata o per recupero di calore (opzionale);
- Disareazione a bassa temperatura mediante serbatoio mantenuto in condizioni di leggero vuoto (opzionale);
- Condensazione per recuperare aromi volatili (opzionale);
- Omogeneizzazione (opzionale);
- Riscaldamento alla temperatura di sterilizzazione prefissata con acqua surriscaldata;
- Sosta di sterilizzazione;
- Raffreddamento primario con acqua di torre o per recupero di calore;
- Raffreddamento secondario con acqua di pozzo o acqua gelida.

Con questa sequenza si hanno i seguenti vantaggi:

- Gli scambiatori a piastre o a fasci tubieri presentano per il latte fenomeni di fouling (sporco) molto limitati;
- Cicli di produzione prolungati senza lavaggi o sterilizzazioni intermedie portano a elevata capacità produttiva e bassa incidenza di tempi e costi di lavaggio;
- Efficienza ed uniformità dello scambio termico garantiscono proprietà organolettiche e nutritive superiori nel prodotto finale;
- Capacità produttive elevate portano a tempi di ammortamento ridotti;
- L'unità cip autonoma consente un lavaggio impianto completamente indipendente.

Nel caso invece di *trattamento termico post-confezionamento* si seguiranno le seguenti fasi produttive e sarà richiesto un contenitore termoresistente per resistere alle temperature in gioco:

- Riempimento del contenitore in ambiente pulito (non necessariamente asettico);
- Chiusura ermetica del contenitore;
- Riscaldamento in autoclave o in sistemi di "sterilizzazione in continuo" in pressione;
- Raffreddamento e rimozione della condensa.

Come elencato nella parte dedicata alle operazioni fondamentali dell'industria alimentare, il confezionamento asettico, a seguito di trattamento UHT consente, rispetto al ciclo appena citato, di ottenere i seguenti vantaggi:

- Sterilizzazione UHT del prodotto (non esclusivo);
- Elevata automazione e capacità produttiva (non esclusivo);
- Sterilizzazione separata di diversi componenti del prodotto;
- Sterilizzazione del prodotto anche con mezzi non applicabili alle confezioni;
- Sterilizzazione del contenitore anche con mezzi non applicabili al prodotto;
- Applicabilità di una *catena asettica*.

Di contro si possono evidenziare alcune complessità di tali impianti anche riferiti a impianti per latte solamente pastorizzato:

- Scarsa versatilità degli impianti, con:
- Limitati tempi di utilizzo degli impianti e lunghi tempi di riavvio;
- Difficoltà di trattamento di prodotti in pezzi e costi elevati;
- Difficoltà di determinazione delle cinetiche ad alte temperature;
- Molteplicità di parametri critici e, per alcuni di essi, difficoltà di controllo;
- Costo elevato di impianto e manodopera specializzata.

Passiamo ora ad esaminare la preparazione dei derivati del latte, seguendo lo schema di **fig. 13.1**.

13.6. I DERIVATI DEL LATTE

Oltre al latte alimentare da bere, dal latte crudo possiamo ottenere latt fermentati, burro, creme e formaggi

13.6.1. I latt fermentati

Di essi non è disponibile definizione comunitaria o nazionale, ma solo una norma volontaria UNI 10358/1993.

"Latt fermentati" resta quindi un nome generico di famiglia di prodotti ottenuti per fermentazione lattica del latte dovuta a definiti microrganismi.

Coltura	Specie animale	Prodotto
<i>L. Bulgaricus</i> e <i>S. thermophilus</i>	Vacca, capra, pecora	Yogurt
<i>Bifidusbacteria</i> , <i>L. reuteri</i> e <i>L. acidophilus</i>	Vacca	Bra (Svezia)
<i>Bifidusbacterium breve</i>	Vacca	Yacult (Giappone)
<i>L. acidophilus</i>	Vacca	Latte acidofilo
<i>Lactobacillus kefir</i> , <i>Leuconostoc</i> spp., <i>Lactococcus</i> spp., <i>Acetobacter</i> + <i>Kluyveromyces marxianus</i> , <i>Saccharomyces unisporus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Saccharomyces exiguus</i>	Vacca	Kefyr
<i>L. Dulbrueckii</i> spp. <i>Bulgaricus</i> + <i>Kluyveromyces marxianus</i>	Cavalla	Koumiss
Batteri lattici mesofili	Vacca	Panna acida

Tab. 13.III - Alcune delle più comuni tipologie di latt fermentati.

Se volessimo fare una classificazione dei latt fermentati in base ad alcune loro caratteristiche potremmo dividerli in:

Latt acidi termofili (fermentazione a 37-45°C con produzione di acido lattico)

- Yogurt.

Latt acidi mesofili (fermentazione a 20-30°C con produzione di acido lattico)

- Latte acido;
- Crema acida;
- Latticello acido;
- Viili (Finlandia), Ymer (Svezia), Skier (Islanda) ecc.

Latt acido-alcologici (fermentazione a 15-25°C con produzione di acido lattico, alcol e anidride carbonica)

- Gioddu (Sardegna)
- Kephir (Caucaso)
- Kourmis (Mongolia)
- Kos
- Latt fermentati.

13.6.2. Lo yogurt

Lo yogurt può essere ottenuto partendo dal latte trattato pronto per la fermentazione secondo lo schema sotto riportato, in cui si evidenziano differenze nel trattamento con coagulo intero (set type) o con coagulo rotto (stirred type).

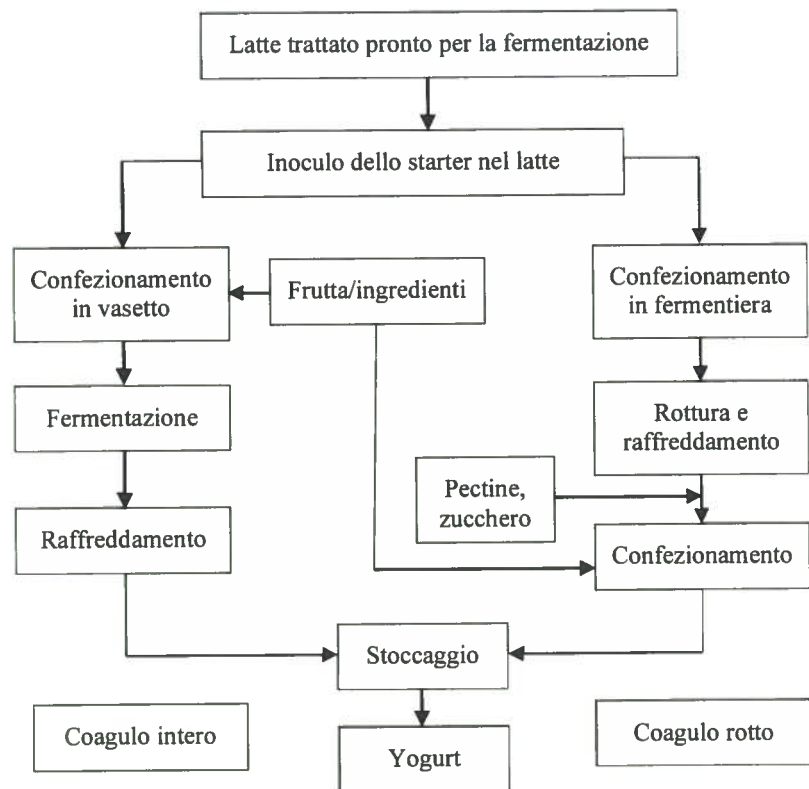


Fig. 13.8 - Possibili processi produttivi dello yogurt.

Per quanto riguarda l'impianto di *pretrattamento del latte* questo è composto da diverse macchine che svolgono le seguenti fasi:

- 1) Latte in tank;
 - 2) Latte da tank a scambiatore a piastre dove comincia il riscaldamento scambiando calore con fluido riscaldante;
 - 3) Evaporazione;
 - 4) Omogeneizzazione e ritorno a scambiatore per ulteriore riscaldamento;
 - 5) Sosta in tubo per il tempo necessario;
 - 6) Raffreddamento in scambiatore;
- Si riporta sotto uno schema impiantistico di riferimento per queste fasi:

Dopo la fase di pretrattamento comune sia che si scelga un processo a coagulo rotto, che a coagulo intero, può essere fatta una scelta impiantistica per la produzione di yogurt che segue queste due diverse vie.

Impianto a coagulo rotto

Negli impianti per la produzione di yogurt tramite tecnologia a coagulo rotto le fasi necessarie si possono riassumere nelle seguenti:

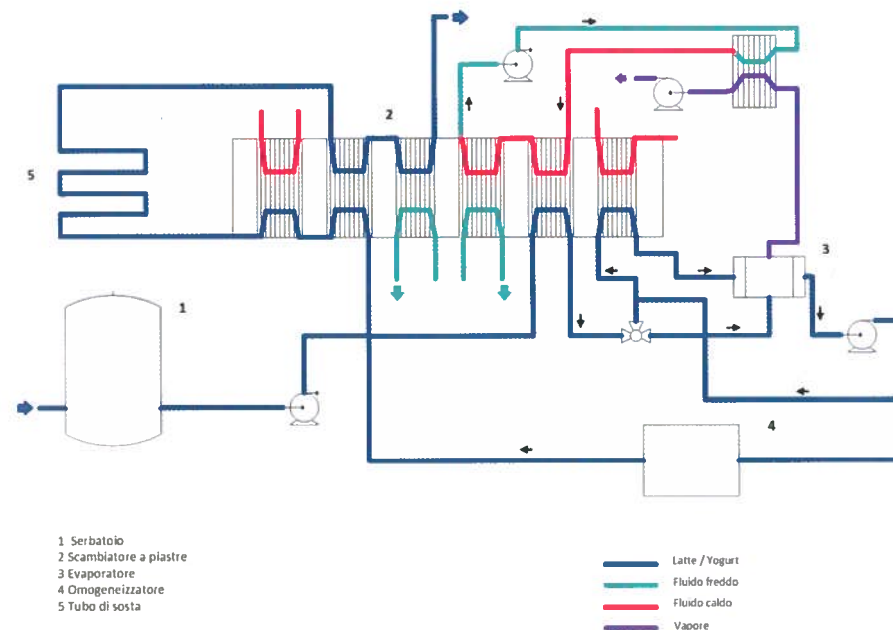


Fig. 13.9 - Schema per il pretrattamento del latte in attesa del processo di coagulazione.

- Pretrattamento latte;
- Dosaggio starter;
- Incubazione in tank;
- Raffreddamento mediante scambiatore di calore a piastre;
- Addizione di frutta o aromi;
- Confezionamento;
- Stoccaggio.

Queste sono eseguite dalle macchine che costituiscono l'impianto riportato in **fig. 13.10**.

Prendendo come riferimento l'impianto di **fig. 13.10** possiamo mostrare come il latte pre-trattato venga pompato nei tank di incubazione (7) in successione. Contemporaneamente un volume pre-settato di starter viene dosato nel flusso di latte, dopodiché si ha l'agitazione del latte nei tank per assicurare l'uniformità di distribuzione della coltura starter e un periodo di incubazione nei tank dove avviene anche una diminuzione del pH: 3-3,5h a 42-43°C (inoculo al 2,5-3%) dove si arriva fino a pH 4,2-4,5. Quindi lo yogurt viene raffreddato fino a 15-22°C in uno scambiatore a piastre (8) per evitare ulteriore acidificazione, segue poi il pompaggio ai tank polmone (9), l'addizione di frutta o aromi (10) tramite mixer e il riempimento asettico (12).

Il processo a *coagulo intero* è differente e può essere esemplificato dallo schema impiantistico di **fig. 13.11** dove, al termine delle fasi preliminari, si eseguono altre operazioni rispetto al processo a coagulo rotto.

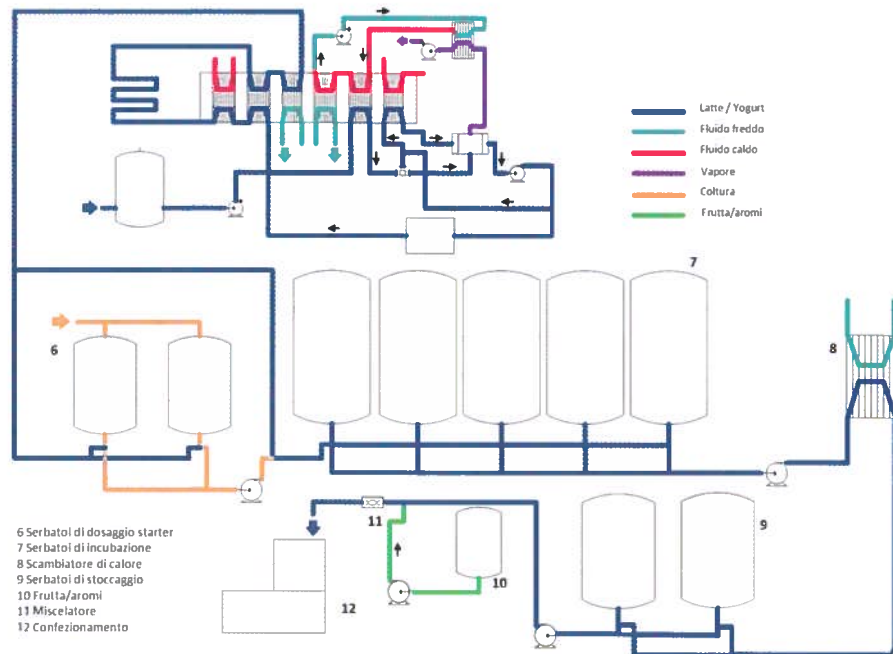


Fig. 13.10 - Schema di impianto per la produzione di yogurt a coagulo rotto.

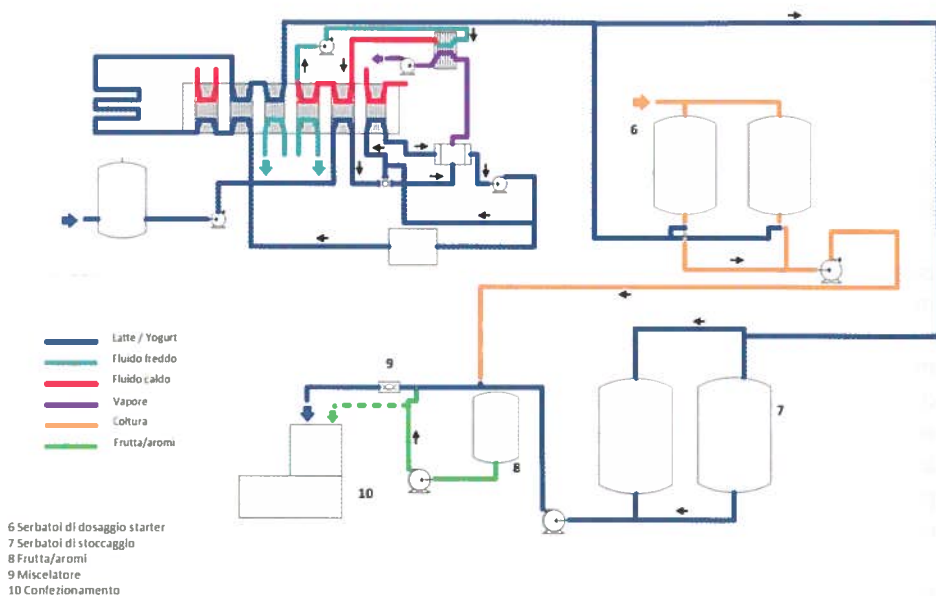


Fig. 13.11 - Schema di processo a coagulo intero.

Senza riprendere dettagliatamente tutte le fasi possiamo dire che le principali differenze con l'impianto a coagulo rotto sono le seguenti:

- Coltura starter inoculata nel flusso di latte prima del riempimento;
- Incubazione dello yogurt nel vasetto pallettizzato in stanza di incubazione per 3-3,5 h fino a pH 4,5 circa;
- Raffreddamento in vasetto a 35°C per 30 min, seguiti da altri 30-40 min a 18-22°C tramite circolazione di aria forzata.

Con particolare riferimento alla stanza di incubazione possiamo notare come essa possa contenere un ampio numero di confezioni pallettizzate statiche. Segue un raffreddamento in continuo attraverso scorrimento su rulli.

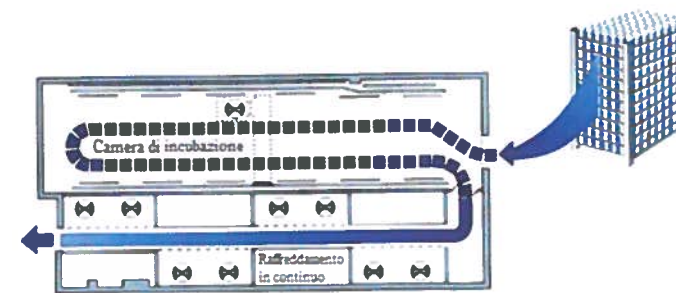


Fig. 13.12 - Esempificazione di una stanza di incubazione con tunnel di raffreddamento.

Le principali fasi di tale impianto sono:

- **Incubazione:** vasetti contenenti yogurt posti su pallet/in cassette disposti secondo una gestione FIFO. Nelle ultime 2-2,5h di incubazione è importante che il prodotto non sia sottoposto a disturbi meccanici per evitare la separazione del siero.
- **Raffreddamento:** inizia quando raggiunto il pH ottimale (circa 4,5); per 30 min a ca. 35°C, seguiti da altri 30-40 min a 18-20°C. Il raffreddamento finale al di sotto dei 5°C si ottiene in magazzino. L'efficienza del raffreddamento dipende dalla dimensione della confezione, dalla profondità della cassa, dalle intercapedini disponibili tra una confezione e l'altra, ecc.

Le aziende alimentari produttrici di yogurt possono scegliere tra queste due alternative per produrre i loro prodotti, in funzione anche delle tecnologie già a loro disposizione e dei vantaggi e svantaggi di ognuna.

Altre tecnologie di produzione dei lattici fermentati, precedentemente elencati possono seguire tradizioni locali ed essere realizzate non solo artigianalmente ma anche da industrie operanti in tali paesi.

13.6.3. Burro e creme²

Le creme, quando non sono utilizzate direttamente come prodotto finito, rappresentano la materia prima per la preparazione del burro.

² La crema e il burro. Microbiologia e tecnologia lattiero-casearia. Germano Mucchetti, Erasmo Neviani. Ed. Tecniche Nuove.

La crema si ottiene per separazione della fase grassa del latte mediante affioramento spontaneo in bacinella oppure per centrifugazione. Per quanto riguarda la flottazione naturale la legge a cui si fa riferimento è la legge di Stokes:

$$v = \frac{d^2(\rho_e - \rho_i)g}{18\eta}$$

Dove:

- v = velocità di separazione delle fasi;
- d = diametro delle particelle disperse;
- ρ_i = densità fase interna (globulo di grasso);
- ρ_e = densità fase esterna (fase magra);
- g = accelerazione di gravità;
- η = viscosità fase continua.

Il principio alla base di tale legge afferma, quindi, che in superficie si accumula una fase sufficientemente stabile, come risultato dell'instabilità connessa a due fasi in emulsione.

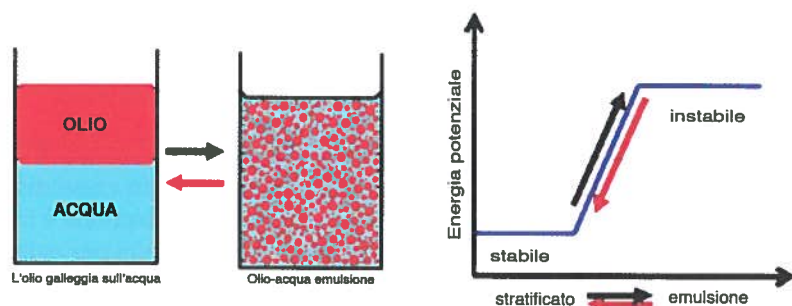


Fig. 13.13 - Principio di affioramento.

E_p sistema è proporzionale alla superficie specifica dell'interfaccia. L'interfaccia tra le due fasi è sede di energia libera (\rightarrow **tensione interfacciale** $g \text{ N/m}$) dovuta al non bilanciamento delle forze di coesione nei due strati di sostanze insolubili. Sistema **bifasico tende ad acquisire** $< E_p \rightarrow$ completa stratificazione delle due fasi. Per ottenere una emulsione è necessario fornire E per aumentare l'area di interfaccia di $DA \rightarrow W = g DA \text{ [J]} \Rightarrow$ emulsione sono termodinamicamente instabili.

Così è spiegabile il fenomeno di affioramento del grasso in bacinelle dove la viscosità della fase continua dipende dalla temperatura (diminuisce se T aumenta) e dalla presenza di sostanze addensanti (idrocolloidi per fase acquosa e cellulosa microcristallina per fase oleosa) \rightarrow **stabilizzanti**. A parità di altre condizioni, la velocità di separazione dipende molto dalla dimensione delle goccioline della fase dispersa e dalla loro tendenza ad aggregarsi in ammassi per **coalescenza**.

La **coalescenza** è il fenomeno per cui quando due particelle disperse in una soluzione o le gocce di un'emulsione entrano in contatto tra loro, si possono fondere in un'unica goccia più grande (minore energia libera per la minore superficie specifica di interfaccia).

Nel caso di produzione di burro e creme l'affioramento della crema avviene lasciando a riposo per 12 ore a 15°C il latte in bacinelle di acciaio inox della capacità di 1,5-2 quintali, alte 15 cm e larghe 2 m. Lo strato che affiora è detto crema e contiene 20-30% di grasso.

Questo processo richiede tempi lunghi e non separa tutto il grasso dal latte, tuttavia viene oggi poco praticato in concomitanza alla preparazione di alcuni formaggi semigrassi, come ad esempio il Grana Padano e il Parmigiano Reggiano.

La crema ottenuta per affioramento è parzialmente acida per lo sviluppo e la riproduzione dei batteri. L'acidità favorisce la burrificazione e da essa si ricava un burro più aromatico, ma di difficile conservazione e di scarsa qualità igienica.

Dalla crema può poi essere ottenuta per vendita diretta la panna.

Nel caso di produzione di panna da latte crudo si utilizza una separazione per centrifuga, di seguito descritta in dettaglio. Per quanto attiene il processo completo lo schema di **fig. 13.14** può essere preso a riferimento.

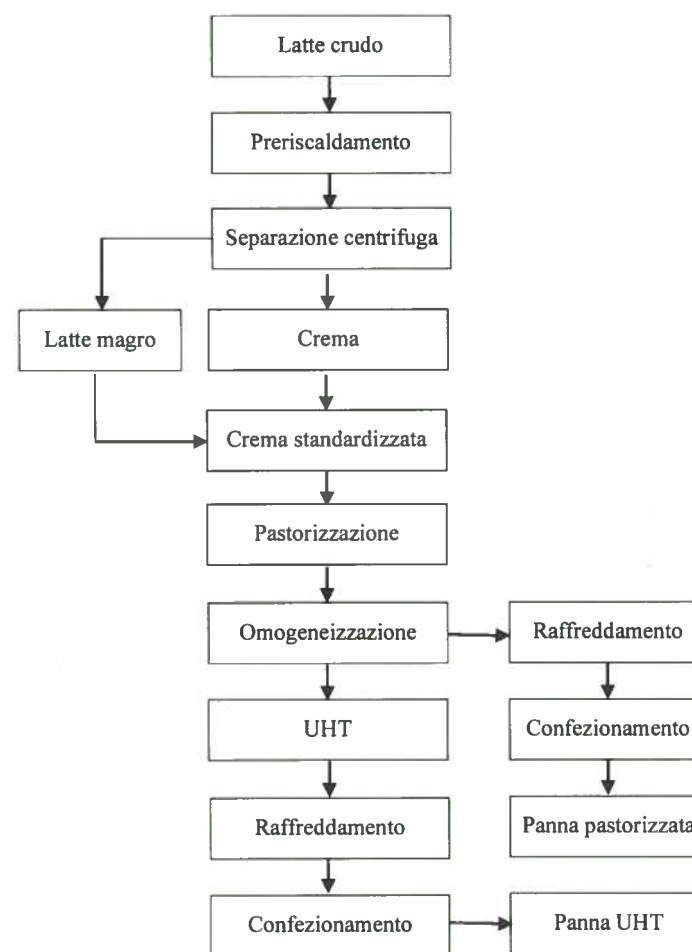


Fig. 13.14 - Fasi di produzione della panna industriale.

Come si può vedere dal processo di produzione della panna, ci troviamo di fronte ad un'importante fase per la produzione di derivati del latte che è la centrifugazione, la cui finalità principale è scremare il latte, ottenendo due prodotti diversi: da un lato il latte magro appunto scremato (totalmente o parzialmente) e dall'altro la crema.

Le scrematrici a centrifuga sono costituite da una serie di piatti tronco-conici, montati su un tamburo rotante, e distanziati di alcuni millimetri. I piatti presentano una serie di fori che consentono il movimento ascensionale del latte. Quando il latte ha raggiunto l'ultimo disco la separazione è completata.

La forza centrifuga generata dalla rotazione permette la separazione crema-latte per effetto della differente densità. Dalla separazione pressoché istantanea si ottiene panna al 35-40% di grasso. La panna ottenuta con la centrifugazione risulta dolce in quanto non si sono ancora sviluppati i fermenti lattici. Durante questo processo di maturazione la crema acidifica, si aromatizza e diventa più consistente.

Il processo industriale di centrifuga può essere effettuato con macchine come quella di fig. 13.15.

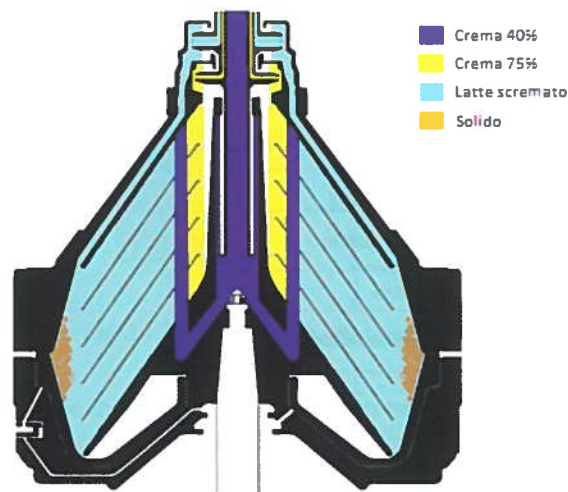


Fig. 13.15 - Schema di funzionamento di una centrifuga industriale (GEA Spa).

Con questo processo si ottengono una crema ed un latte scremato che seguiranno poi diverse fasi di lavorazione; da un lato il latte scremato potrà essere trattato termicamente e confezionato per ottenere un latte da bere, dall'altro la crema potrà essere utilizzata per diversi derivati, primo fra i quali il burro.

13.6.4. Il burro

È ottenuto con operazioni meccaniche dalla panna ricavata dal latte di vacca, dal siero del latte di vacca o dalla miscela di tali prodotti (per separazione meccanica o per affioramento).

Esso ha le seguenti caratteristiche:

- Contenuto minimo di grasso 82% (w/w);
- Tenore in acqua massimo del 16%;
- Non più del 2% di estratto secco non grasso.

Partendo dalla crema precedentemente ottenuta per separazione centrifuga il processo di preparazione del burro può avvenire con un sistema di zangolatura in continuo secondo lo schema di fig. 13.16.

L'operazione della zangolatura consiste essenzialmente nello sbattimento della crema attraverso la rotazione della zangola in modo da provocare l'inver-

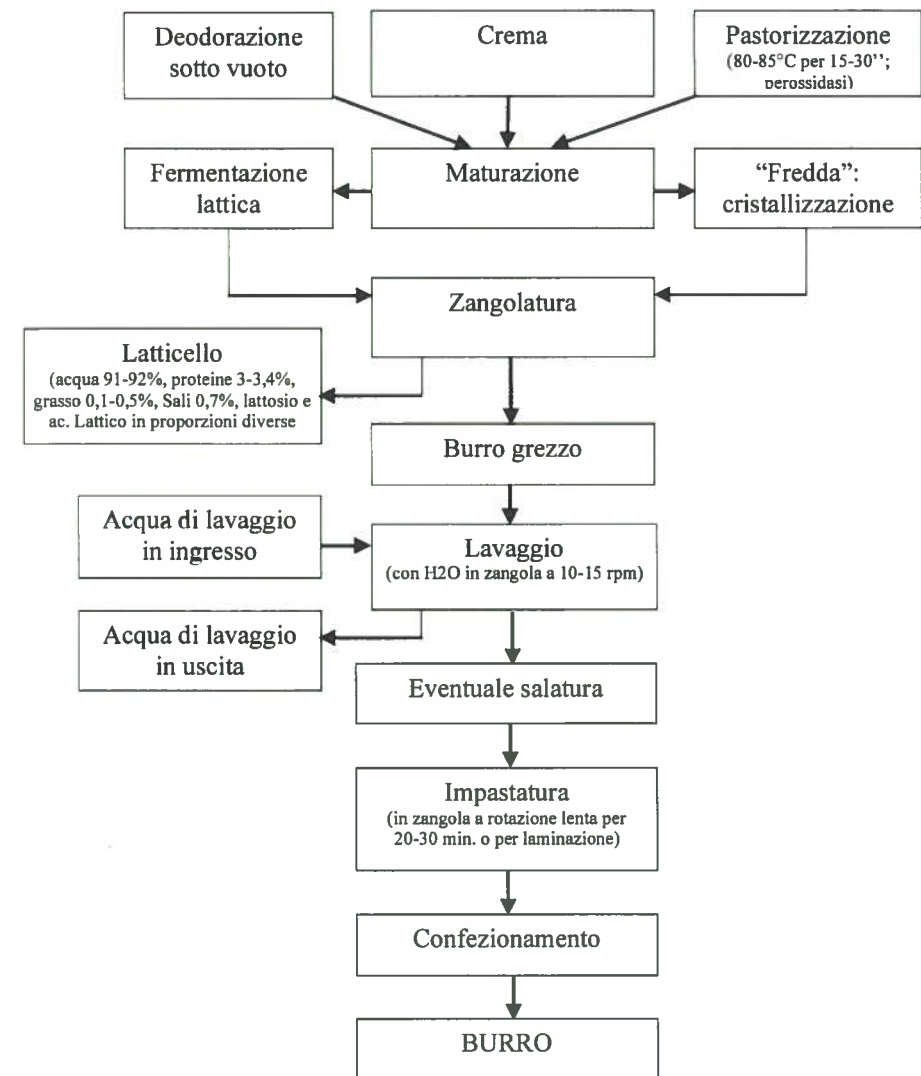


Fig. 13.16 - Processo di ottenimento del burro con sistema di zangolatura in discontinuo.

sione delle fasi diluente e diluita: si passa cioè da un'emulsione di grasso nell'acqua, come è nel latte, ad un'emulsione di acqua nel grasso, come è nel burro. Occorre precisare quindi che il processo di burrificazione non è un semplice fenomeno di concentrazione del grasso, ma determina un vero cambiamento delle fasi.

La zangola è sostanzialmente costituita da un recipiente, in legno (che mantiene bene la temperatura, ma è difficile da pulire) o in acciaio (che è più facile da pulire, ma si raffredda o riscalda più facilmente) foggiato a botte, a doppio cono, o a cilindro, con pale interne fisse, che ruota su se stesso ad una velocità di rotazione compresa tra 30 e 60 giri al minuto

In fig. 13.17 si riporta un impianto tipico per la produzione del burro secondo il processo rappresentato in fig. 13.16.

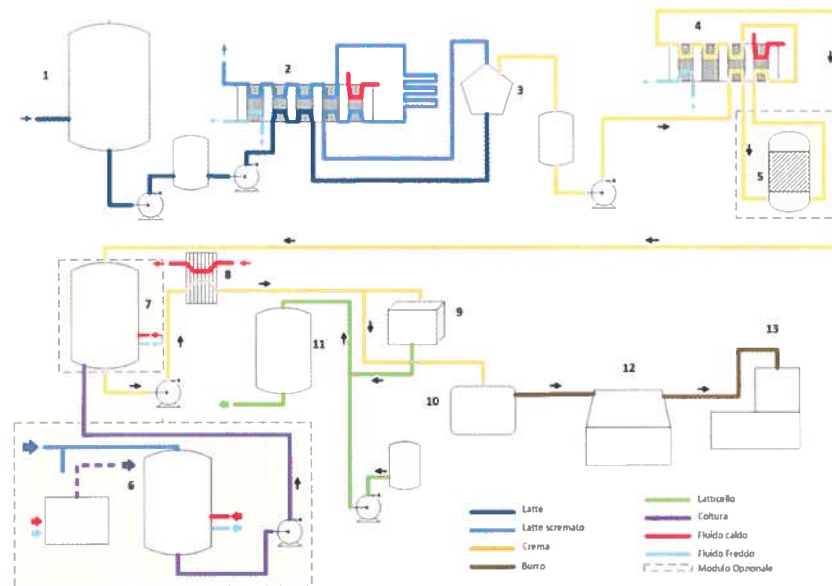


Fig. 13.17 - Schema di impianto per la produzione di burro.

Con riferimento alla fig. 13.17 le macchine/attrezzature costituenti l'impianto sono:

1. Tank ricezione latte;
2. Preriscaldatore e pastorizzatore latte scremato;
3. Separatore crema;
4. Pastorizzatore crema;
5. Deodoratore sotto vuoto (quando usata);
6. Preparatore coltura starter (quando usata);
7. Maturatore/acidificatore crema (quando usato);
8. Scambiatore per trattamento termico;
9. Zangolatrice in discontinuo;

10. Zangolatrice in continuo;
11. Serbatoi latticello;
12. Convogliatore con vite senza fine;
13. Confezionamento.

Come si vede dalla fig. 13.17 alcune operazioni sono in realtà opzionali e possono essere scelte in funzione della tipologia di burro che si vuole ottenere industrialmente.

Tra queste di particolare importanza è la zangolatrice in discontinuo (a batch).

Tale macchina ha la funzione di trasformare la crema (emulsione di grasso in soluzione acquosa) in burro (emulsione di una soluzione acquosa in grasso). In questo processo il rapporto di volume crema/volume zangola è pari a 40-50% per lasciare spazio alla formazione della schiuma.

Il processo avviene attraverso le seguenti fasi:

- Rotazione1: 20-30 rpm per facilitare formazione di schiuma (bolle d'aria + proteine delle membrane del globulo di grasso) che favorisce l'avvicinamento dei globuli.
- Rotazione2: parziale rottura delle membrane spingendo la parte liquida del grasso a fuoriuscire. Il grasso liquido si distribuisce su bolle e globuli e assicura il legame tra i globuli, determinando la creazione del grano di burro e la sparizione della schiuma.
- Rotazione3: aumento dei grani di burro e loro aggregazione per la formazione del burro.
- Allontanamento del latticello.



Fig. 13.18 - Produzione burro con zangolatrice in discontinuo.

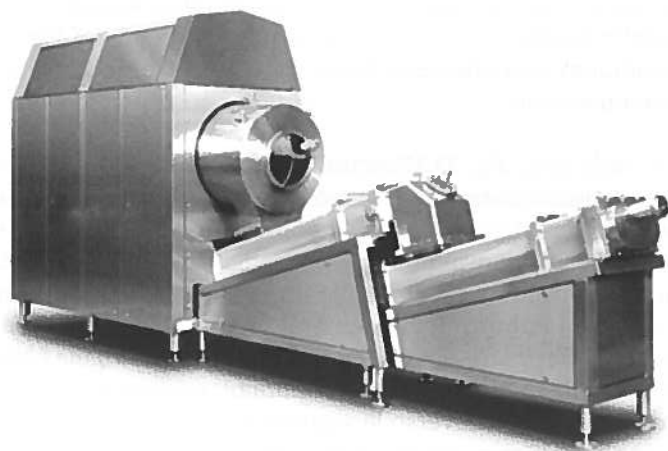


Fig. 13.19 - Esempio di zangolatrice in continuo (GEA Spa).

Impianti con maggiori capacità produttive possono utilizzare anche una zangolatrice in continuo, dove la tecnologia di lavorazione e separazione è più complessa.

La macchina (Fig. 13.19) è progettata per la produzione continua di burro da panna dolce o da panna acida secondo il processo Fritz. Il burro prodotto con questa macchina soddisfa i requisiti più elevati delle norme sulla produzione del burro. Oltre al burro da panna dolce e al burro da panna acida, l'unità di dosaggio per tre additivi liquidi consentono la produzione di burro da panna di latte o burro salato.

La panna è riscaldata con precisione a una temperatura costante e agitata nella zangola al fine di produrre granuli di burro nel cilindro 1. Nel cilindro 2, i granuli vengono raffreddati in un bagno di latticello refrigerato prima che il latticello sia scolato dai grumi di burro conglomeranti.

Nel testurizzatore 1, il burro viene lavorato per continuare a estrarre il latticello. Quindi è possibile dosare acqua, latticello, culture di fermenti lattici, salamoia o altri liquidi e un mixer a stadio multiplo miscela uniformemente tutti gli ingredienti. Nella camera vuoto viene estratta l'aria ivi racchiusa. In seguito, nel testurizzatore 2 il burro viene nuovamente lavorato a fondo e miscelato, assicurando un'asportazione continua.

Queste macchine lavorano con rese produttive pari a 1.800-13.000 kg/h di burro da crema acida, 200-10.000 kg/h di burro da crema dolce.

13.6.5. I formaggi

Ovviamente tra i principali derivati del latte vi sono i formaggi. Volendoli classificare in modo scientifico è possibile riferirsi alla norma del Codex Alimentarius - Codex Stan. A-6-1978, che riporta la seguente classificazione in base ad alcuni parametri.

MFFB* (%)	Term I	FDB** (%)	Term II	Term III
<51	Extra-hard	>60	High fat	1. Cured or ripened mainly a) surface b) interior
49-56	Hard	45-60	Full fat	
54-63	Semi-hard	25-45	Medium fat	2. Moulded cured or ripened mainly a) surface b) interior
61-69	Semi-soft	10-25	Low fat	
>67	Soft	<10	Skim	3. Uncured or unripened

Tab. 13.IV - Classificazione dei formaggi secondo il Codex alimentarius.

Dove si intende per * MFFB = Moisture Fat Free Basis = Peso umidità/ (Peso formaggio-Peso grasso) e con ** FDB = Fat Dry Basis = Grasso sul secco.

Volendo fornire una struttura comune per il processo di caseificazione, possono essere indicate le seguenti fasi come le principalmente seguite:

- Produzione latte (refrigerazione, stoccaggio, raccolta).
- Ricevimento latte (filtrazione, refrigerazione, standardizzazione).
- Eventuale pastorizzazione a 72-73°C per 15-16 secondi, fosfatasi, perossidasi⁺ (raffreddamento e trasporto in vasca di coagulo).
- Innesco (naturale, selezionato).
- Caglio (può essere liquido, in polvere, animale, microbico etc.)
 - Il presame (caglio) si ottiene dal quarto stomaco (abomaso) di ruminanti non svezati (vitelli, agnelli, capretti); al suo interno si trovano tutti gli enzimi necessari alla digestione del latte ed in modo particolare chimosina e pepsina.
- Coagulazione, rottura ed estrazione cagliata.
- Riempimento e ribaltamento di stampi e fascere.
- Stufatura (acidificazione cagliata e drenaggio siero).
- Salatura.
- Stagionatura.

Nel caso dei formaggi il ricevimento del latte avviene sempre con autobotte per poi essere trattato secondo quanto descritto nella fig. 13.20.

Come si vede dalla figura il latte viene raffreddato a +4°C, dopodiché avviene una termizzazione: moderato trattamento termico a 65°C per 15 s, seguito da raffreddamento a +4°C e fosfatasi⁺, per arrestare la crescita della flora psicrofila nel latte che rimane stoccato 12-48 h dopo l'arrivo.

Dopo la fase di ricezione avviene quindi la fase di coagulazione e rottura della cagliata. In questa fase il latte cambia il suo "stato fisico" e da liquido assume una consistenza di gel.

Esistono 3 meccanismi principali per operare il cambiamento ed ottenere la coagulazione:

1. Idrolisi di k-caseina nel legame phe 105-met 106 per azione di proteasi

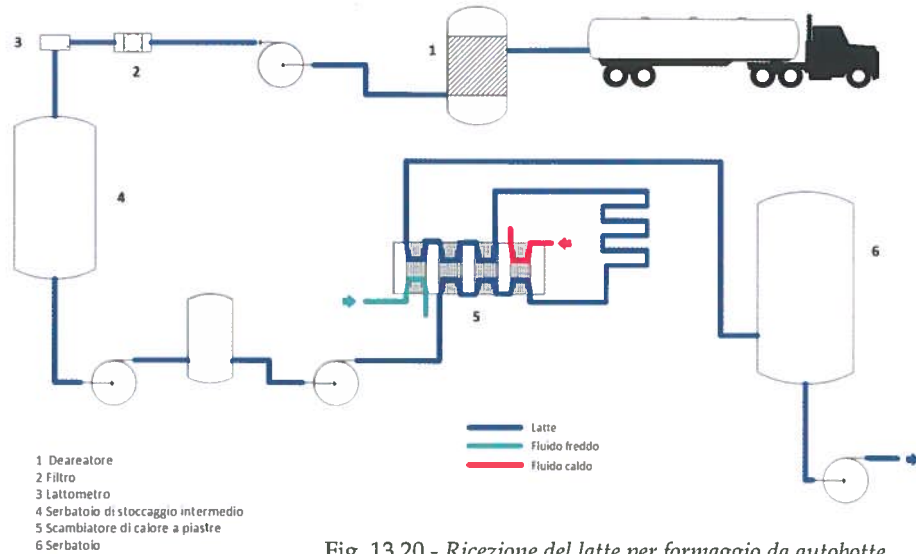


Fig. 13.20 - Ricezione del latte per formaggio da autobotte.

ed aggregazione delle caseine (coagulazione presamica - con siero, per ottenere formaggi).

2. Demineralizzazione della caseina per acidificazione (fermentazione lattica o addizione di acidi) (coagulazione acida).
3. Aggregazione proteica per azione combinata di calore ed acidi (termocoagulazione).

Per produzioni minori di solito vengono utilizzate vasche di coagulazione in discontinuo, tradizionalmente realizzate in rame o in acciaio per essere alimentari e con buona conducibilità termica.



Fig. 13.21 - Vasche per la coagulazione in discontinuo.

Possono essere utilizzate poi per coagulazioni in discontinuo vasche polyvalenti aperte e chiuse in acciaio.

Per produzioni più elevate si utilizzano invece, vasche di coagulazione in continuo.

Sopra un tank semicilindrico orizzontale in acciaio scorre una fascia senza fine di materiale sintetico, che si conforma al tank e che si muove alla velocità desiderata. Una serie di mezzelune in acciaio, che si muovono nello stesso sen-

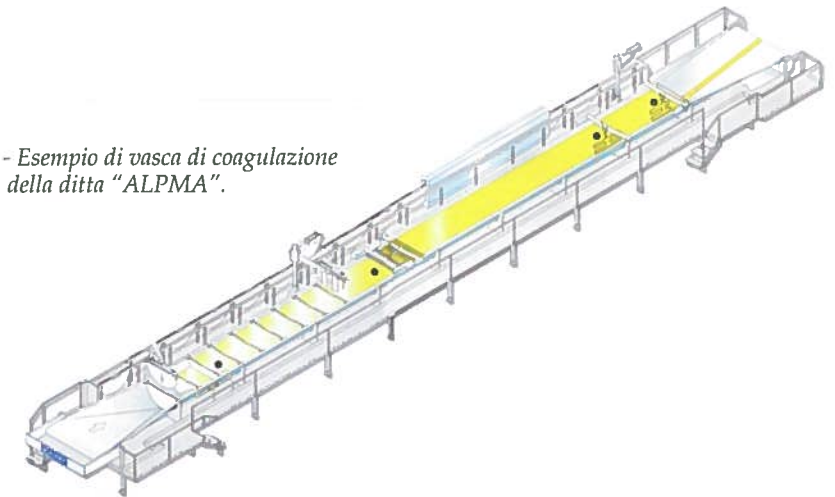


Fig. 13.22 - Vasche polyvalenti aperte e chiuse in acciaio.

so ed alla stessa velocità della fascia sono poste a distanza fissa l'una dall'altra, creando delle celle a tenuta con capacità individuale di circa 500-800 litri di latte.

Ogni cella viene quindi riempita di latte, addizionata di starter e caglio in dosi tali da far avvenire la coagulazione nel tempo necessario alla singola cella per raggiungere la zona di taglio. I coltelli posti sopra la fascia tagliano il coagulo, la mezzaluna si alza, la cagliata fluisce verso la macchina dosatrice-riempitrice e la fascia, previo lavaggio, ritorna indietro all'inizio del tank per riprendere il ciclo. In fig. 13.23 si riporta un'immagine di tali vasche con riferimento a quanto proposto dalla ditta ALPMA.

Fig. 13.23 - Esempio di vasca di coagulazione della ditta "ALPMA".



Lira in caldaia orizzontale



Vasca cilindrica verticale con lira a planetario



Spino per grana

Fig. 13.24 - Esempi di rottura del coagulo.

Altra fase molto importante nel processo di caseificazione è la rottura del coagulo.

Questa operazione consiste nel dividere la cagliata in pezzi di dimensioni volute per aumentare la superficie utile per la separazione del siero (per formaggi a pasta molle le dimensioni sono di qualche cm "lira"; per formaggi a pasta extra-dura le dimensioni sono di pochi mm "spino").

Al fine della rottura del coagulo si ha l'estrazione della cagliata e il riempimento degli stampi. Questo può avvenire in modo manuale o automatizzato a seconda della tipologia di produzione adottata e della capacità produttiva richiesta.

In fig. 16.25 si vede l'estrazione manuale della cagliata con della tela (A) e la sua messa in fascera (B).

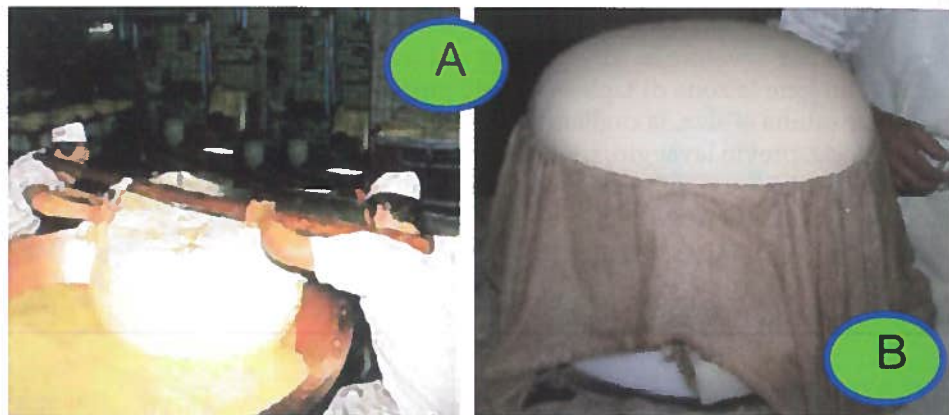


Fig. 13.25 - Estrazione manuale della cagliata con tela (A) e messa in fascera (B).



Fig. 13.26 - Estrazione in automatico della cagliata.

In caso invece di estrazione in automatico si hanno sistemi più complessi utilizzati esclusivamente in realtà produttive importanti.

Una pompa (1) aspira la cagliata dalla vasca e la manda al sistema di formatura. La cagliata, separata di gran parte dal siero, è caricata nella colonna di formatura (2), alla cui base vi è il sistema di dosaggio e taglio della cagliata, trafilazione del blocco e messa in stampo (3).

Ulteriore fase del processo di caseificazione è la salatura.

Lo scopo della salatura è:

- Dare sapidità;
- Completare lo spurgo del siero mediante scambi di materia;
- Favorire formazione crosta, la penetrazione del sale è superficiale e quindi gli scambi di materia sono inizialmente localizzati sulla superficie;
- Ridurre attività dell'acqua mediante attività batteriostatica;
- Significato nutrizionale mediante il ruolo del sale.

Essa può essere eseguita tramite le seguenti tecniche:

- in via umida per immersione in salamoia della cagliata formata;
- a secco;
- nel latte;
- nella cagliata in vasca di coagulazione;
- nella cagliata frammentata;
- nella cagliata in filatura;
- durante la conservazione in liquido di governo.

Una delle tecniche più utilizzate per la salatura è quella per immersione tradizionale e profonda in salamoia.

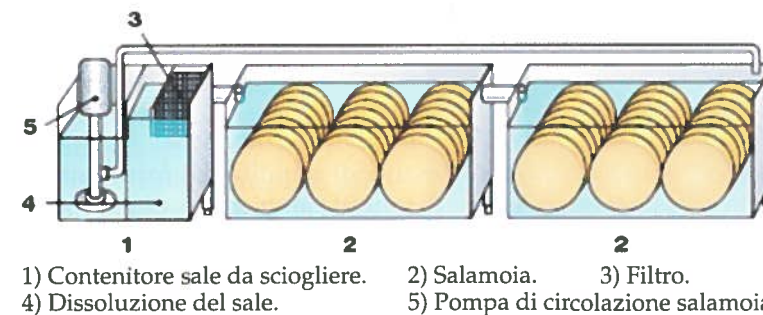


Fig. 13.27 - Salatura in salamoia.

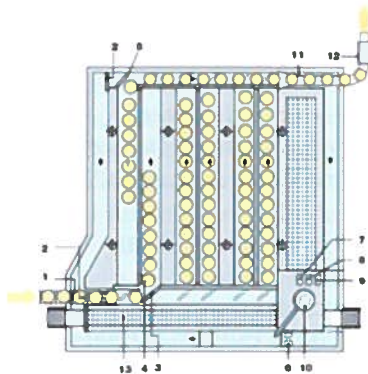
Le caratteristiche fondamentali di questa tecnica sono:

1. Concentrazione NaCl costante (18-25%);
2. Girare costantemente le forme;
3. Rischio di assorbimento irregolare del sale.

È consigliabile accelerare i tempi di salatura in quanto i formaggi sono immersi completamente e si ha maggiore igiene. La salamoia ricircola nelle vasche mediante pompaggio.

Un ulteriore processo di salatura può essere quella dinamica, che avviene di solito con gestione FIFO (First In First Out).

Ultima tecnica di salatura descritta è quella a secco per nebulizzazione, utilizzata per nebulizzazione sotto pressione del sale sulle forme in uscita dai tunnel di stufatura, prima del trasferimento in cella di stagionatura.



- 1 Trasportatore di ingresso con nastro scorrevole
 - 2 Schermo di regolazione
 - 3 Porta di ingresso con schermo di regolazione e porta guida
 - 4 Zona salamoia
 - 5 Porta di uscita
 - 6 Doppio agitatore con setaccio
 - 7 Controllo di livello salamoia con pompa
 - 8 Pompa
 - 9 Scambiatore di calore a piastre
 - 10 Unità automatica di salatura (con misuratore concentrazione sale)
 - 11 Trasportatore di scarico
 - 12 Dispositivo di aspirazione salamoia
 - 13 Area di servizio
- Salamoia

Fig. 13.28 - Esempio di salatura dinamica.

Per concludere la descrizione del processo di produzione dei formaggi si fa cenno alla *stagionatura*, molto importante soprattutto per i formaggi a pasta dura, che devono rimanere in condizioni predeterminate di temperatura e umidità per molto tempo.

Si riportano quindi le indicazioni principali per quanto riguarda le condizioni delle celle di stagionatura.

Temperature elevate (12-22°C) per formaggi duri

- Favoriscono le attività microbiche ed enzimatiche;
- Non determinano condensazione di umidità ambientale e favoriscono l'evaporazione dal formaggio.

Temperature basse (2-8°C) per formaggi molli

- Rallentano la crescita microbica e le attività enzimatiche;
- Riducono l'evaporazione complessiva di umidità dal formaggio, con il rischio, in caso di condensazione di umidità ambientale, di provocare indurimenti della crosta, dovuti alla ricerca di un equilibrio tra superficie del formaggio ed ambiente.



Fig. 13.29 - Stagionatura formaggi.

Umidità relative elevate (> 90%) per formaggi molli

- Favoriscono la crescita superficiale di flora batterica e fungina (formaggi a maturazione centripeta o a crosta lavata);
- Sfavoriscono l'evaporazione dell'umidità dal formaggio.

Umidità relative basse (< 80%)

- Limitano ad alcune muffe la possibilità di crescita microbica superficiale.
- Esaltano l'evaporazione dell'umidità dal formaggio.

13.7. IL PARMIGIANO REGGIANO

Uno sguardo ora al processo produttivo (fig. 13.31) di uno dei formaggi italiani maggiormente conosciuti nel mondo: il Parmigiano Reggiano.

- Il latte viene munto dalle mucche ad una temperatura di circa 38°C, quindi trasportato al caseificio in tank refrigerati alla temperatura di 18°C. Il ricevimento del latte avviene all'esterno, vicino ai locali di lavaggio, affinché non si abbiano problemi di contatto col prodotto in lavorazione. All'esterno vengono effettuati i prelievi per i controlli qualità.
- Trasportato nella camera di affioramento (*operazione 1*) il latte della sera viene lasciato in bacinelle di acciaio inox ad affiorare alla temperatura di 15°C (*operazione 2*). Tale operazione di affioramento naturale è simile a quanto descritto in precedenza per i formaggi (non vengono usate centrifughe). La mattina successiva il latte magro viene quindi raccolto in un silos, mentre la panna viene convogliata attraverso una valvola comandata da un sensore di densità massico. Questo latte scremato della mungitura serale verrà poi miscelato con altrettanto latte intero della mungitura mattutina. Sempre in questa prima camera è presente un tank refrigerato col "latte di riporto", latte che serve a sopperire alla possibile necessità di latte magro il giorno dopo.
- Trasferito in camera di cottura (*operazione 3*) il latte rimane in 2 tank di stoccaggio, uno per il latte della sera ed uno per quello del mattino, con annesso scambiatore di calore a piastre per omogeneizzarne la temperatura (*operazione 4*).



Fig. 13.30 - Forme di parmigiano reggiano in lavorazione.

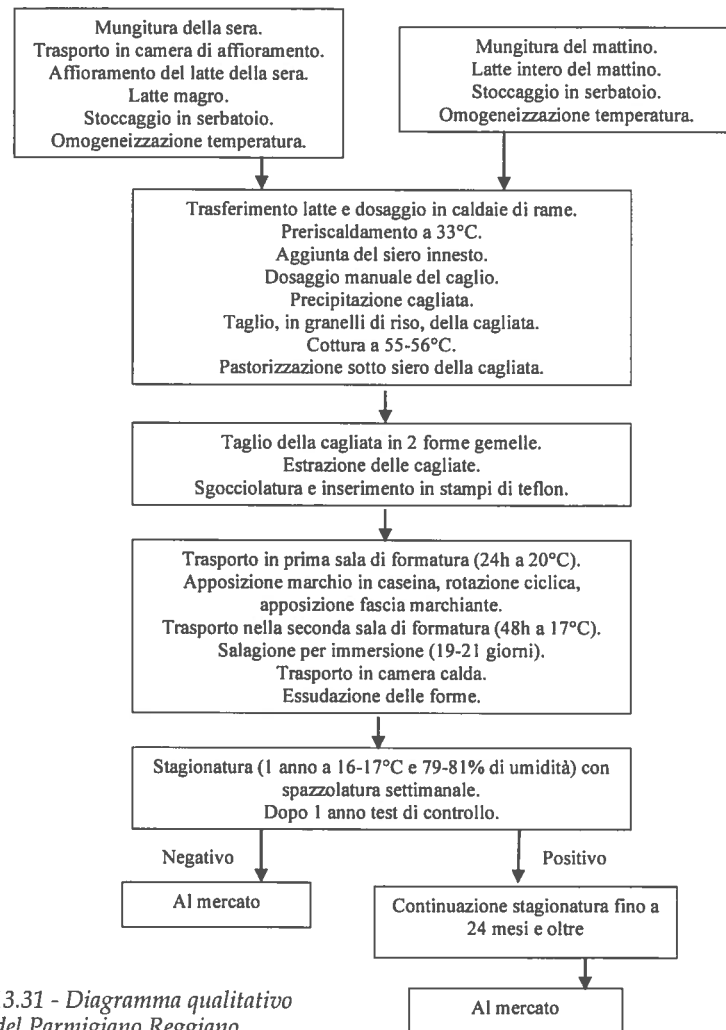


Fig. 13.31 - Diagramma qualitativo del Parmigiano Reggiano.

- A questo punto il latte fluisce nelle caldaie di rame, aventi capacità di 12 quintali ciascuna; il dosaggio del latte per ogni caldaia avviene in automatico dal comando di un computer (operazione 5). Ciò garantisce una uguale quantità di latte in tutte le caldaie e quindi l'ottenimento di forme, tutte con la medesima misura. Dopo un preriscaldamento del latte fino a 33°C (operazione 6), avviene l'aggiunta del siero innesto (operazione 7), che contiene circa 70 specie diverse di batteri lattici, in quantità di 24/28 litri per caldaia in funzione della diversa acidità del siero alla temperatura di circa 25°C e quindi del caglio con dosaggio manuale del casaro, attorno ai 38/42 grammi per caldaia.
- Una volta introdotto il caglio in caldaia si attendono circa 10 minuti, ad agitazione della caldaia spenta, per la coagulazione del latte che comporta la precipitazione della cagliata (operazione 8).

- A questo punto, sempre manualmente, viene eseguita l'operazione di spinatura, ovvero di taglio della cagliata fino a grani di grandezza circa uguale a granelli di riso. Questa lavorazione richiede circa 2 minuti, 2 minuti e mezzo (operazione 9).
- Segue la cottura vera e propria a temperatura di 55°-56°C, che termina nel momento in cui il casaro o il capotecnico verificano il punto particolare di asciugatura ricercato della cagliata (operazione 10).
- Terminata la cottura, la cagliata viene lasciata pastorizzare sotto siero per circa un'ora (operazione 11).
- Tramite la lama "gemellatrice", viene tagliata la cagliata in due forme gemelle che poi vengono estratte dalla caldaia con teli di canapa (operazione 12), sgocciolate e poste in appositi stampi di teflon.
- Le forme di Parmigiano-Reggiano vengono trasportate manualmente su carrelli nella prima sala di formatura, dove rimmarranno un intero giorno a 20°C (operazione 13). In questo lasso di tempo le forme rimangono negli stampi di teflon, avvolte in teli di lino e sopra di esse viene disposto un coperchio ugualmente in teflon. È qui che viene apposto il marchio in caseina e le forme vengono girate ogni tre ore. La sera viene introdotta anche la fascia marchiante (operazione 14).
- Il giorno successivo le forme vengono trasferite nella seconda camera di formatura, mantenuta ad una temperatura di 17°C (operazione 15). Qui rimmarranno per due giorni: nel primo verranno sostituiti gli stampi precedenti con stampi in acciaio, nel secondo verranno lasciate riposare senza alcun contenimento (operazione 16).
- Le forme raggiungono quindi, sempre tramite carrello (operazione 17), la piscina con ricircolo di salamoia a 15°C ogni otto ore (sale al 24%), in cui si ha la loro salagione per immersione per un periodo di 19-21 giorni (operazione 18).
- Le forme vengono quindi prelevate dalla piscina mediante un carrello che si solleva oltre il pelo libero e che contiene la cella di carico a cinque piani. Tale carrello è sorretto da un carroponete per il sollevamento sospeso delle forme che vengono trasportate in camera calda (operazione 19). In camera calda le forme rimangono un'intera giornata: vengono portate a temperatura di 42-43°C tramite il calore di un tubo alettato nel quale scorre acqua calda per tre ore e poi vengono lasciate raffreddare. Durante la fase di riscaldamento le forme espellono acqua: "essudazione" delle forme (operazione 20) per inversione osmotica.
- Prelevate da quest'ultima camera, le forme vengono trasportate nel magazzino (operazione 21) dove rimmarranno a stagionare in atmosfera controllata tramite un computer collegato a diverse sonde: temperatura 16-17°C e umidità al 79-81%. L'aria di ricircolo viene filtrata per non contaminare il prodotto. Le forme vengono qui spazzolate ogni settimana tramite robot. Durante la stagionatura (operazione 22) avvengono quei particolari processi di trasformazione del prodotto e scomposizione delle proteine che conferiscono al Parmigiano-Reggiano le sue inimitabili caratteristiche nutrizionali e di aroma.

- Dopo il primo anno di stagionatura, se la forma passa il test di controllo qualità (*operazione 23*), allora verrà marchiata a fuoco e continuerà il periodo di stagionatura per la durata per la quale verrà certificata (*operazione 24*). Al termine di questo lungo periodo, le forme di Parmigiano-Reggiano verranno confezionate in pallet e vendute, su tutti i mercati del mondo.

La produzione di Parmigiano-Reggiano si estrinseca in un elevato numero di camere; questo aspetto è fondamentale: infatti ogni camera si trova a temperatura diversa dalle altre e ha esigenze diverse in quanto a struttura, perché lavora ad un particolare "contenuto microbiologico", che deve essere mantenuto e preservato da contaminazioni esterne o derivanti da lavorazioni adiacenti.

13.7.1. I macchinari e le attrezzature

Dalla descrizione del ciclo produttivo si nota come la produzione di Parmigiano-Reggiano, anche nei caseifici più moderni, sia fondamentalmente ancora legata a molti procedimenti manuali, che richiedono l'accuratezza e l'esperienza del casaro o dei capotecnici perché sia garantito un prodotto di altissima qualità. Tutti i procedimenti nella camera di cottura infatti, seppur caratterizzati da una tempistica tipica costante, sono comunque scanditi dal controllo continuo del casaro che decide in quale momento terminare una fase e cominciare la successiva. Questo costante controllo contribuisce a garantire un prodotto che sarà il più standardizzato possibile nelle sue caratteristiche organolettiche e quindi assicurerà l'omogeneità qualitativa dell'intera produzione.

Chiaramente un caseificio per la produzione di Parmigiano-Reggiano si può ancora oggi realizzare con attrezzature manuali ed in totale assenza di qualsiasi automazione, ma l'impianto sarebbe economicamente obsoleto già allo start up senza aggiungere nulla di più alla qualità.

Per questa ragione attualmente vengono impiegate le migliori tecnologie impiantistiche disponibili sia per quanto riguarda i materiali, sia per quanto concerne la gestione e il controllo dei fluidi e dei macchinari.

Gli impianti più sopra illustrati non rappresentano i più evoluti del settore, ma certamente garantiscono standard di qualità intrinseca di medio alto livello;

La dotazione impiantistica di uno stabilimento per la produzione di Parmigiano-Reggiano è articolata in tre macro aree:

- Impianti tecnologici di processo,
- Impianti di trattamento igrotermico,
- Impianti ausiliari di servizio.

13.7.2. Impianti tecnologici di processo

Il latte che proviene dalle stalle e che, trasformato in cagliata, diventerà Parmigiano-Reggiano, passa attraverso i seguenti impianti e macchinari:

- Silos in acciaio inox refrigerati a 18°C durante il trasporto su camion al caseificio;
- Bacinelle di affioramento in acciaio inox aisi 304 con sistema automatico di lavaggio C.I.P. e con controllo automatico dell'affioramento con densimetro;



Fig. 13.32 - Bacinelle di affioramento.

- Movimentazione e distribuzione automatizzata del latte con impianto di supervisione e controllo;
- Serbatoi termostatici in acciaio inox aisi 304 da 10.000 litri e da 35.000 litri;
- Scambiatore di calore a piastre per omogenizzare la temperatura del latte;
- Pompaggio del latte tramite centralina computerizzata, verso le caldaie con interno in rame da 1.300 litri (doppifondi di cottura).



Fig. 13.33 - Doppifondi di cottura. Visualizzazione di 2 file adiacenti (Progema Engineering S.r.l.)

Fig. 13.34 - Sala cottura. Area centrale (Progema Engineering S.r.l.)

I doppifondi sono suddivisi in 4 file da 6 caldaie ciascuna e la distribuzione del latte ai doppifondi di cottura viene realizzata tramite un impianto fisso di dosaggio, costituito da una tubazione di distribuzione ed una valvola pneumatica sanitaria per ogni caldaia. Questa semplice soluzione impiantistica rende raggiungibili tutte le caldaie anche per disposizioni del caseificio molto articolate e ha nella flessibilità e affidabilità del controllo i suoi maggiori punti di forza.

Il dosaggio viene effettuato in base alla misura rilevata da un contalitri magnetico induttivo di alta qualità e precisione. Il software di controllo dell'impianto, tramite PC supervisore, consente la selezione o l'esclusione di qualsivoglia caldaia senza vincoli predefiniti e presenta il sinottico d'impianto con la retroazione completa di tutti gli organi motorizzati (valvole, motori ecc.) per avere

immediato riscontro del buon funzionamento dell'impianto e la registrazione degli allarmi.

Da sottolineare come l'impianto vapore per la cottura sia in realtà il cuore del caseificio; alla sua realizzazione perciò deve essere data la massima importanza per ottenere il migliore risultato nella produzione. Gli impianti vapore e le postazioni di cottura³ sono ottenute applicando i più recenti ritrovati tecnici assieme alle più consolidate regole d'arte. Per questo i doppi-fondi sono alimentati da impianti in acciaio Inox, completi di impianto di recupero condense. La postazione di cottura invece è corredata da un quadro di controllo sul quale l'operatore può impostare la termoregolazione del latte, la marcia degli agitatori, il comando della pompa di recupero del siero e dell'aspiratore della briciola.

- Spinatura ed estrazione delle forme manualmente con spino, lama e teli di lino;
- Formatura con stampi e coperchi in teflon, teli di lino, stampi in acciaio e fascia marchiante, movimentazione completamente manuale;
- Impianto di salatura ad immersione (fig. 13.35): piscine in muratura con all'interno uno strato di vetroresina per proteggere dalla corrosione e movimentazione tramite un carrello che è azionato da un carroponete per il sollevamento sospeso, impianto di filtrazione della salamoia e di raffreddamento



Fig. 13.35 - Piscine per la salazione ad immersione (Progema Engineering S.r.l.).

tramite uno scambiatore a piastre;

- Camera con all'interno un tubo alettato per il riscaldamento delle forme;
- Robot per il magazzino per la pulizia delle muffe;
- Robot per la pulizia manuale delle forme;
- Palettizzatore per il confezionamento dei cartoni di forme.

³ Forniti dalla Progema Engineering s.r.l. nel caso in esame.



Fig. 13.36 - Fermentiere (Progema Engineering S.r.l.).

Gli impianti ausiliari necessari che completano una linea produttiva sono:

- I serbatoi di preparazione del siero innesto completi di impianto di dosaggio e recupero. Sono composti da una o più fermentiere refrigerate (fig. 13.36) con intercapedine ad acqua gelida e serbatoio di miscelazione generale.
- Impianto automatico C.I.P., posizionato all'esterno del caseificio, completo di rete automatica per la distribuzione delle soluzioni di lavaggio in tutti gli impianti.

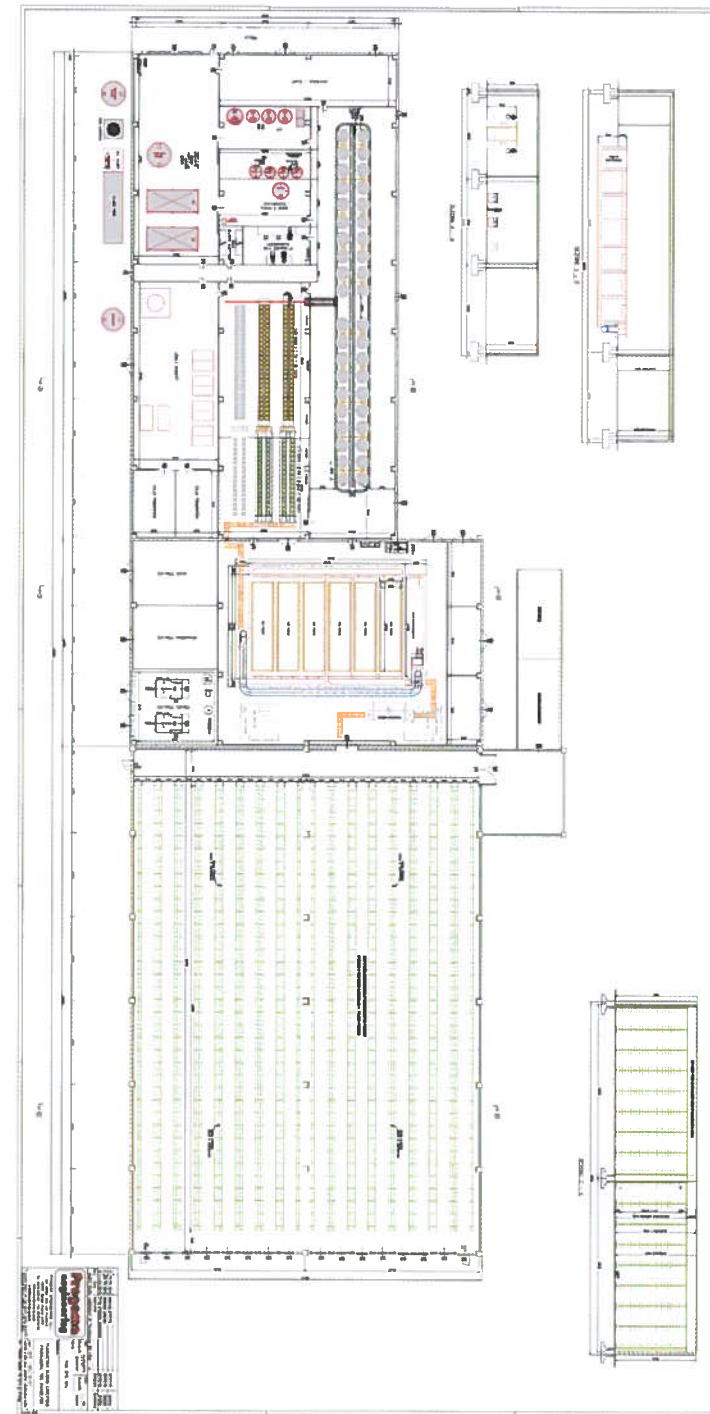
In fig. 13.37 la versione estesa di un impianto C.I.P., costituito da quattro serbatoi (risciacquo, soda, acido e recupero).



Fig. 13.37 - Impianto esterno C.I.P. (Progema Engineering S.r.l.).

13.8. BIBLIOGRAFIA

- Coimbra Jane Selia dos Reis, Teixeira Jose A. 2016 Engineering Aspects of Milk and Dairy Products. CRC Press ISBN 9781420090390
- Corradini Cesare. 1995 Chimica e tecnologia del latte – Tecniche Nuove Milano.
- Giacomo Leopardi, sito disponibile a: <http://www.giacomoleopardi.provincia.venezia.it/TRASFORMAZIONI%20ALIMENTARI/pagina%202%20bogdan.htm>; ultimo accesso il 07/06/2017.
- Gösta Bylund., 2015 Dairy Processing Handbook by Technology, Engineering, Agriculture, TETRA PAK INTERNATIONAL S.A. pages 446.
- Istruzione agraria online, sito disponibile a: <http://www.agraria.org/industrie/cremaeburro.htm>; ultimo accesso il 04/06/2017.
- La composizione del latte, sito disponibile a: <http://www.yogurtforever.org/compolat.htm>; ultimo accesso il 06/06/2017.
- Meghwal Murlidhar, Goyal Megh R., Chavan Rupesh S. 2017. Dairy Engineering: Advanced Technologies and Their Applications. Apple Academic Press ISBN 9781771883801
- Mucchetti G., Neviani E., 2006. Microbiologia e tecnologia lattiero casearia. Tecniche nuove editori, Milano.
- My personal trainer, sito disponibile a: <http://www.my-personaltrainer.it/nutrizione/formaggio1.html>; ultimo accesso il 09/06/2017.
- Nutrition Valley, sito disponibile a: <http://nutritionvalley.it/senza-categoria/sterilizzazione-del-latte-uht.html/>; ultimo accesso il 12/06/2017.
- Pieri Renato. 2015 Il mercato del latte: rapporto 2014. Franco Angeli.
- Progema Engineering, sito disponibile a: <http://www.progemaeng.com/prodotti/linea-latte/791/impianti-dosaggio-latte>; ultimo accesso il 07/06/2017.
- Tamime Adnan Y. 2009. Milk Processing and Quality Management. Blackwell Publishing, UK.
- Tecnologia e caratterizzazione dei prodotti lattiero-caseari, sito disponibile a: <http://www.giuseppenzeppa.it/files/tecnologia-latt-3.pdf>; ultimo accesso il 08/06/2017.



Allegato Lay-out caseificio completo (Progema Engineering Srl)

*Siccome il mangiare senza voglia
si muta in fastidioso nutrimento,
così lo studio senza desiderio guasta la memoria.*
Leonardo Da Vinci "Frammenti Letterari e Filosofici"

L'INDUSTRIA DELLE CONSERVE VEGETALI: IL POMODORO

14.1. Il pomodoro

Dal punto di vista botanico il pomodoro appartiene al genere *Lycopersicon*, famiglia delle Solanacee, come la patata.

Un argomento, dibattuto fin dai primi momenti in cui il pomodoro venne considerato un vegetale commestibile, fu se si trattasse di un frutto o di un ortaggio; solo alla fine del diciannovesimo secolo negli USA si stabilì che il pomodoro è botanicamente un frutto, anche se generalmente viene considerato un prodotto dell'orto.

La fioritura è copiosa e si sussegue per 45 giorni, mentre il fiore è ermafrodita, cioè in grado di autoimpollinarsi; avvenuta l'impollinazione e la fecondazione l'ovario del fiore comincia ad ingrossarsi fino a divenire un frutto.

Il frutto è una bacca carnosa o in termini strettamente botanici un ovulo pieno, di forma e dimensioni molto variabili; per la forma si distinguono tre gruppi (tondo, allungato e lungo), con sottodivisioni (globoso, appiattito, ovoidale, piriforme); per le dimensioni si va da bacche molto piccole di peso non superiore ai 20 grammi, a bacche di circa 200 grammi nel caso di alcune varietà da tavola ancora utilizzate. Le varietà attualmente impiegate nell'industria presentano bacche con un peso medio variabile da 50 a 80 g per i frutti tondi e fino a 100 grammi per quelli lunghi (San Marzano).

Per quanto riguarda la superficie della bacca si distinguono frutti a superficie liscia (senza alcuna ondulazione), costoluta (quando sono presenti cicatrici di sutura che determinano la suddivisione in spicchi interessando almeno i 2/3 della bacca), semicostoluta (nel caso intermedio).

Il frutto del pomodoro presenta forma e dimensioni molto variabili; non tutti questi tipi di frutti sono utilizzabili dall'industria, che preferisce il pomodoro tondo-quadrato di medie dimensioni per la produzione di concentrati, passati e polpe e il pomodoro lungo e cilindrico per la produzione di pelati.

Sotto l'aspetto morfologico, nella bacca, partendo dall'esterno verso l'interno, si trovano i seguenti tessuti:

- *Epicarpo*, che costituisce la pellicola più esterna formata da cellule poligonali appiattite di colore giallo (buccia);
- *Mesocarpo*, che costituisce la parte più consistente del frutto ed è formato da cellule tondo-ovoidali a pareti molto sottili, contenenti, a maturazione completata, granuli di un pigmento rosso non idrosolubile (licopene) e un liqui-

do che chimicamente è una soluzione acquosa dei principi sapidi e aromatici (polpa); nel mesocarpo si trovano anche sottili vasi o trachee spiraliformi che danno consistenza a tutta la bacca; esse chimicamente sono costituiti da cellulosa, emicellulosa, lignina e sostanze pectiche;

- *Endocarpo*, che costituisce le pareti delimitanti le logge seminali, cioè cavità contenenti un liquido parenchimatico mucillaginoso di composizione identica a quella delle cellule del mesocarpo e di colore paglierino-verdognolo; all'endocarpo sono attaccati i semi; la parte più interna dell'endocarpo forma l'asse stilare, che può essere più o meno accentuato in funzione della minore o maggiore presenza di fibre di consistenza legnosa.

A completa maturazione il pomodoro si presenta di colore rosso vivo in tutta la superficie e anche all'interno, dove però si trovano fasci di fibre meno colorati o addirittura depigmentati.



Fig. 14.1 - Pomodoro tondo.

Per quanto riguarda la composizione nutrizionale, il pomodoro ha una quota edule (commestibile) superiore al 96% poiché solo la buccia (epicarpo) e i semi, oltre che la parte fibro-legnosa, risultano non edibili.

Mediamente 100 g di pomodoro contengono:

- 93% di acqua
- 2,9% di carboidrati
- 0,2% di grassi
- 1% di proteine
- 1,8% di fibre.

L'apporto energetico è di circa 20 kcal; sia i grassi che le proteine sono componenti dei semi e pertanto non biodisponibili per l'alimentazione umana.

Il succo di pomodoro, ottenuto per triturazione e setacciatura delle bacche e conseguente eliminazione di bucce e semi, consiste in una sospensione di polpa finemente suddivisa in un liquido di colore paglierino che contiene disciolti i componenti solubili del pomodoro e che viene indicato con il nome di siero. La polpa è formata principalmente dalle cellule integre e dalle membrane delle cellule frantumate del mesocarpo, mentre il liquido fuoriuscito dalle cellule frantumate costituisce il siero.

Il succo di pomodoro ha un contenuto di acqua variabile dal 93 al 96%. Tutti gli altri componenti costituiscono pertanto un 4-7% di residuo secco o solidi.

Il residuo secco è costituito da:

- zuccheri,
- acidi organici,
- sostanze azotate insolubili,
- amminoacidi e proteine solubili,
- elementi minerali.

Gli zuccheri semplici contenuti nel pomodoro sono in prevalenza zuccheri riduttori come il fruttosio e il galattosio, presenti in un rapporto di 54/46. Talvolta è segnalata la presenza di saccarosio, ma in quantità trascurabili ai fini pratici.

Approfonditi studi hanno rilevato la presenza di carboidrati complessi quali:

- pectine e arbinogalattani (0,35%);
- xilani e arbinoxilani (0,14%);
- cellulosa (0,18%).

Queste sostanze sono i principali componenti delle pareti cellulari e costituiscono la frazione insolubile, alla quale sono dovuti lo scheletro e la consistenza del frutto.

Un discorso approfondito merita di essere fatto per le sostanze pectiche; con questo termine si indica genericamente il complesso dei carboidrati colloidalmente presenti nelle matrici vegetali, che contengono un'elevata percentuale di acido galatturonico combinato in catene polimeriche. La presenza di sostanze pectiche nel frutto risulta di notevole importanza ai fini della consistenza del pomodoro e dei suoi derivati industriali. Nel frutto verde in fase di accrescimento e maturazione sono presenti soprattutto le propectine che, associate agli altri polisaccaridi, danno al frutto una notevole consistenza e resistenza meccanica; esse si trasformano e degradano con il procedere della maturazione, causando una diminuzione della consistenza del frutto fino ad arrivare al rammollimento in fase di sovra maturazione.

In pratica, durante la maturazione del frutto, un enzima chiamato protopectinasi, svolge la propria azione causando soprattutto la scissione dei legami fra sostanze pectiche e polisaccaridi, con messa in libertà di sostanze pectiche a diversa complessità molecolare e vario potere legante; quando il frutto supera l'ultimo stadio di maturazione, le sostanze pectiche subiscono un ulteriore processo di idrolisi ad opera degli enzimi pectin-metilesterasi e poligalatturonasi, che proseguono dopo la raccolta e durante le fasi di trasformazione industriale, con formazione di derivati pectici a basso peso molecolare incapaci di svolgere una funzione legante.

La demolizione da parte degli enzimi pectolitici delle sostanze pectiche con produzione di acido galatturonico libero, che non contribuisce al mantenimento della consistenza, viene fortemente accelerata dalla frantumazione delle cellule; l'inattivazione di questi enzimi costituisce una delle fasi più importanti delle lavorazioni industriali, chiamata, a seconda della tecnica impiegata, cold break o hot break.

L'acidità del pomodoro è dovuta sostanzialmente all'acido citrico libero e

ai citrati acidi. L'acido citrico da solo rappresenta più del 70% degli acidi totali presenti nel residuo secco.

Particolare importanza assume l'eventuale presenza di acidi monocarbossilici (formico, acetico, piruvico e lattico): questi acidi non si trovano nel frutto sano e nel relativo succo ottenuto in condizioni di perfetta igiene, ma si formano come metaboliti in presenza di una qualsiasi alterazione di carattere biologico. Le forme bassobollenti costituiscono la cosiddetta *acidità volatile*, presa come indice di cattiva qualità di un derivato.

Il pH del frutto fresco di pomodoro varia in funzione della varietà, del grado di maturazione e delle condizioni colturali. Negli ultimi decenni si è riscontrato mediamente un valore di pH pari a 4,3-4,6, contro valori decisamente più bassi (4,0-4,3) rilevati in precedenza. Come possibili cause sono state citate le concimazioni azotate ridondanti e soprattutto la diffusa tendenza ad utilizzare varietà da raccolta meccanica; queste presentano una resistenza alla sovra maturazione, cioè rallentano i meccanismi di invecchiamento precoce del frutto, consentendo di raccogliere assieme ai frutti maturi una rilevante percentuale di frutti che hanno raggiunto la maturità da diversi giorni e che, pur mantenendo caratteristiche qualitative buone o accettabili, presentano un valore di pH più alto.

Avere pH superiore a 4,3 consente, soprattutto per quei derivati nei quali non si ha concomitante effetto barriera della bassa attività dell'acqua *aw* (pelati, passate, polpe, semiconcentrati), lo sviluppo di microrganismi di alterazione sporigeni non patogeni termoresistenti, quali alcuni clostridi (*pasteurianum* e *butyricum*) e pertanto si rende necessario applicare trattamenti termici di stabilizzazione notevolmente più energici di quelli necessari nel caso di pH inferiori ai valori barriera per questi microrganismi o in alternativa impiegare correttori di pH che possono avere risvolti negativi sulle caratteristiche organolettiche dei prodotti finiti.

La composizione minerale del pomodoro dipende solo parzialmente dalla natura del terreno e dalle pratiche colturali: il contenuto di microelementi è abbastanza costante a dimostrazione che la pianta opera una selezione sull'assorbimento degli ioni minerali del terreno.

L'elemento presente in maggiore quantità è il potassio, seguito da cloro, fosforo, magnesio, calcio, zolfo, sodio e ferro. In generale l'insieme delle sostanze minerali (anioni e cationi) costituisce circa il 10% della sostanza secca del frutto.

Molte normative, fra le quali quella italiana, permettono l'aggiunta di sale (NaCl) ai derivati industriali del pomodoro, precisandone la quantità massima ammessa; per un corretto controllo risulta indispensabile quindi conoscere il contenuto naturale per distinguerlo dal sale aggiunto. Come valore medio si considera un contenuto naturale di cloruro di sodio pari a 1/50 del residuo.

Durante la maturazione il pomodoro passa dal colore verde ad un colore rosso intenso; dal punto di vista chimico il colore verde del frutto immaturo è dovuto soprattutto alle clorofille, che gradualmente scompaiono quando la bacca si è completamente sviluppata in grossezza. La comparsa della colorazione rosa-arancio sempre più intensa fino al rosso si accompagna con lo sviluppo di carotenoidi, pigmenti largamente diffusi nel regno vegetale, di colore variante dal rosso al giallo. Per le loro caratteristiche chimiche, i carotenoidi si dividono in caroteni

e xantofille. I caroteni sono in notevole predominanza sulle xantofille (94% e 6% rispettivamente), per cui il siero del pomodoro assume una lievissima colorazione giallo - paglierino. Fra i caroteni presenti nel pomodoro maturo, il *licopene*, di colore rosso, è quello più caratteristico. Il licopene è l'ultimo pigmento a comparire e la sua formazione risulta praticamente inibita a temperature superiori a 30-32 °C, mentre viene favorita a temperature fra i 16 e i 21 °C. Lo sviluppo degli altri carotenoidi non subisce arresti a temperature oltre i 30°C, e per questa ragione i pomodori, che maturano a temperature, che si mantengono lungamente superiori a tali valori, assumono un colore tendenzialmente giallo-arancio. Le bacche maturate a temperature medie diurne e notturne rispettivamente intorno ai 26 e ai 18°C assumono il caratteristico colore rosso vivo e presentano generalmente migliori caratteristiche chimiche e organolettiche; ciò conferma che le condizioni climatiche ottimali per la coltivazione del pomodoro si hanno nei climi temperati; inoltre le piante ricche di fogliame, che ripara le bacche dall'esposizione diretta dei raggi del sole nei periodi di maggior caldo, danno frutti di colore più intenso.

La composizione della frazione volatile del pomodoro e dei suoi derivati è notevolmente complessa e il patrimonio aromatico del frutto fresco risulta profondamente variato nei prodotti industriali per effetto della perdita in evaporazione (concentrati), della degradazione termica dei componenti termolabili e dell'eventuale comparsa di altri componenti in tutti i derivati stabilizzati mediante il calore. Le recenti tecniche analitiche hanno permesso di individuare un numero elevatissimo di componenti volatili (oltre 400) e nello stesso tempo di appurare che la classica nota aromatica caratteristica del pomodoro fresco o del pomodoro trattato termicamente non è rappresentabile da alcuno dei componenti individuati presi singolarmente, ma è la risultante equilibrata e difficilmente riproducibile di essi.

Fra le numerose vitamine contenute nel pomodoro la C è quella presente in quantità nettamente superiore. La sua concentrazione nelle varietà industriali è attorno ai 20-30 mg/100g di frutto fresco.

Inoltre il pomodoro contiene quantità apprezzabili di provitamina A (caroteni), nicotinammide, tiamina, riboflavina, acido pantotecnico e vitamina E.

I processi di trasformazione industriale e le condizioni di magazzinaggio esercitano una sensibile influenza sul mantenimento delle vitamine presenti nel frutto fresco: alcune di esse, infatti, sono stabili, altre invece sono sensibili all'ossigeno, al calore, agli ioni metallici presenti.

La vitamina C è sensibile al calore in presenza di ossigeno e la sua degradazione è catalizzata dal rame. Nei moderni impianti utilizzati dall'industria conserviera, quasi interamente costruiti in acciaio inossidabile e funzionanti in condizioni abbastanza controllate per escludere il contatto con l'ossigeno dell'aria, questo problema è notevolmente ridotto. Anche durante il magazzinaggio dei prodotti finiti si ha una diminuzione del contenuto di vitamina C che risulta tanto maggiore quanto più elevata è la temperatura ambiente. È comunque importante ricordare che in questo caso la reazione è fortemente condizionata dalla presenza di ossigeno nel contenitore, strettamente legata a sua volta alla modalità di riempimento e confezionamento oltre che alla permeabilità dell'ossigeno di alcuni contenitori (flessibili e plastici).

Per quel che riguarda i caroteni, a differenza della vitamina A, facilmente distrutta dal calore, essi sono molto più stabili a tale effetto negativo e pertanto il loro mantenimento è pressoché totale; se nel prodotto finito si riscontra una riduzione, il motivo va ricercato più probabilmente in un'eliminazione meccanica dei pigmenti insolubili, che avviene, ad esempio, nel caso di estrazione del succo, nelle passatrici.

Valori di pH elevati (> 4,3) nei pomodori freschi possono causare lo sviluppo di alcuni microrganismi in derivati come passata, polpa, pelati, semiconcentrati, in cui non si ha un'elevata diminuzione dell'attività dell'acqua aw.

In questi pomodori, soprattutto se raccolti dopo giornate piovose o dopo irrigazione o se lasciati per lungo tempo nel piazzale della fabbrica, vi può essere alterazione da parte di microrganismi sporigeni, non patogeni, termoresistenti, clostridi e butirrici.

In particolare, *Clostridium butyricum* e *Clostridium pasteurianum* producono acidi organici (soprattutto acido butirrico) e gas (H_2 e CO_2) con conseguente bombaggio ed eventualmente scoppio del recipiente in cui sono confezionati. Il rimedio all'azione di questi microrganismi sono trattamenti termici più drastici rispetto a quelli compiuti nel caso di pH inferiori, con conseguente decadimento qualitativo del prodotto. In alternativa si possono adottare correttori di pH, che però possono avere risvolti negativi sulle caratteristiche organolettiche del prodotto.

In situazioni di pH normale i principali microrganismi che possono contaminare il pomodoro e che si moltiplicano durante le soste tra la raccolta e le lavorazioni sono: enterobacilli, batteri lattici, lieviti, muffe. Sono poco termoresistenti ed il 90% di tale contaminazione è eliminata in pochi minuti alla temperatura di 61°-65°C.

La quasi totalità dei batteri sporigeni aerobi facoltativi o anaerobi sono incapaci di accrescersi a pH < 4,6, quindi anche se le loro spore sopravvivono alla sterilizzazione sono incapaci di accrescersi.

14.2. NASCITA E STORIA DEL PRODOTTO

Il pomodoro predilige un clima tropicale, ragion per cui la pianta è originaria dell'America centrale, in particolare Cile ed Ecuador, dove i suoi frutti crescono tutto l'anno. Nelle nostre regioni, se coltivata all'aperto, il periodo di crescita e raccolta del pomodoro è limitato alla sola estate.

Il pomodoro è stato impiegato nell'alimentazione solamente nel Settecento, sebbene sia stato importato dagli Spagnoli in Europa già due secoli prima. Largamente utilizzato nelle cucine europee, in particolare nella gastronomia napoletana, oltre che per il suo gusto anche per le sue importanti proprietà dietetiche.

Il pomodoro inizialmente era utilizzato esclusivamente come pianta ornamentale, infatti era addirittura ritenuta una pianta velenosa a causa dell'alto contenuto di solanina, che all'epoca era considerata dannosa per l'uomo.

Gli alchimisti del '500 e del '600 aggiungevano il pomodoro alle loro pozioni e filtri magici, infatti, all'epoca, gli venivano attribuiti misteriosi poteri ecci-

tanti ed afrodisiaci. Per questo motivo è stato chiamato nelle diverse nazioni con differenti nomi: love apple in inglese, pomme d'amour in francese, Libesapfel in tedesco e pomo (o mela) d'oro in italiano, tutte definizioni con un esplicito riferimento all'amore.

Ancora non è ben chiaro come e quando il pomodoro sia stato utilizzato per la prima volta in cucina e non più come pianta ornamentale. Infatti, anche i popoli da cui è stata importata la pianta, la usavano per tale scopo. Le prime segnalazioni del suo impiego come alimento commestibile si registrano nel XVII secolo nell'Europa meridionale. In tale periodo si fa risalire anche la sua prima coltivazione come pianta alimentare, soprattutto in Francia e nel sud Italia.

Lazzaro Spallanzani nel 1762 notò come gli estratti fatti bollire e posti in contenitori chiusi non si alterassero. Nel 1809 venne pubblicata l'opera "L'art de conserver les substances alimentaires d'origine animale et végétale pour plusieurs années", da Nicolas Appert, un cuoco parigino, dove fra gli altri alimenti era citato anche il pomodoro.

Molto più difficile fu l'introduzione nella cultura culinaria americana del pomodoro come frutto commestibile. Questo a causa della diffusa convinzione dei suoi poteri tossici. Tuttavia, nel 1820 il colonnello statunitense Robert Gibbon Johnson decise di mangiare, provocatoriamente, davanti ad una folla prevenuta e sorpresa, un pomodoro senza per questo morirne. Addirittura, si narra, che alcuni avversari politici del Presidente americano Abraham Lincoln convinsero il cuoco della Casa bianca a preparare una pietanza a base di pomodoro per avvelenarlo. Ovviamente, dopo la cena, la congiura fu scoperta, anzi l'episodio contribuì a rendere popolare il pomodoro, poiché Lincoln ne divenne un appassionato consumatore.

Le ricette a base di pomodoro furono inserite nei primi trattati gastronomici europei solo nell'Ottocento. Nell'edizione del 1819 del Cuoco Galante a firma del grande cuoco napoletano di corte Vincenzo Corrado, sono descritte molte ricette con pomodori farciti e poi fritti: "Per servirli bisogna prima rotolarli su le braci o, per poco, metterli nell'acqua bollente per toglierli la pelle. Se li tolgono i semi o dividendoli per metà, o pure facendoli una buca". (da Il cuoco galante, prima ed., Napoli 1773).

Il famoso cuoco inizialmente utilizzava il frutto nelle sue ricette senza mai abbinarlo alla pasta né tantomeno alla pizza.

Tale abbinamento fu scritto per la prima volta nella seconda edizione della Cucina Teorico Pratica del napoletano Don Ippolito Cavalcanti nel 1839.

È stato nel volgere di poche generazioni che il pomodoro si è trasformato da prodotto poco popolare a ingrediente fondamentale per la cucina italiana.

Carlo Rognoni, agronomo e presidente del Comitato Agrario di Parma, cercò, in quei secoli, di diffondere la coltivazione del pomodoro, inserendola come coltura in rotazione con il grano.

Nello stesso periodo e nello stesso paese Antonio Bizzozzero introdusse un'altra coltura da rinnovo: la barbabietola da zucchero. Per questo motivo, pur intuendo le potenzialità del pomodoro, lo vide all'inizio in posizione subalterna alla barbabietola e da qui nacque il disaccordo tra i due.

I due parmigiani avevano, inoltre, due modi di concepire lo sviluppo agri-

colo nella provincia di Parma differenti: Bizzozzero era sostenitore di una distinzione tra i ruoli, secondo Rognoni, invece, i produttori agricoli dovevano essere al tempo stesso trasformatori dei loro prodotti, per cui un imprenditoria a 360°.

La fase industriale della sua trasformazione iniziò nei primi anni del '900 con l'introduzione di caldaie in grado di concentrare il succo di pomodoro sotto vuoto, chiamate "boules". Grazie a queste aumentò la diffusione di questa coltura, superando di gran lunga la coltivazione della barbabietola.

Gli industriali, grazie all'introduzione in barattolo dell'estratto, spostarono la produzione dal sestuplo verso il doppio e triplo concentrato.

Solo coloro che riuscirono ad adeguarsi installando moderni impianti di trasformazione riuscì a sopravvivere. Coloro che non disponevano di ingenti capitali e continuarono con le metodologie tradizionali, nel giro di pochi anni furono costretti a chiudere.

Questa fase fu caratterizzata da due circostanze:

- L'apporto di capitali derivanti dall'agricoltura
- Uno strettissimo intreccio tra industria conserviera, casearia e salumiera.

Quest'ultima fu ben rappresentata da alcune dinastie famigliari caratterizzate dalla buona capacità gestionale di una rete commerciale e dal possesso della terra.

Si delineò una distinzione interna all'élite agraria tra gli agricoltori che investirono nell'industria di trasformazione e quelli che si specializzarono nella coltivazione del pomodoro.

Molti dei progressi ottenuti nella produzione estensiva del frutto vanno riconosciuti a Carlo Rognoni.

Il professore, nel 1887, rivendicò la paternità della diffusione su scala estensiva del pomodoro durante il Concorso Regionale Agrario di Parma.

Nel 1875, gli venne assegnato l'incarico dal Ministero dell'Agricoltura nel Regio Istituto Tecnico di Parma agronomia e contabilità rurale. Nei terreni sperimentali che l'istituto gli affidò continuò a sperimentare la rotazione biennale con pomodoro e frumento.

Nel 1887 Rognoni decise di affidare tutta la superficie del podere sperimentale ad un solo agricoltore, Giuseppe Ferrari, in precedenza questa era ripartita tra due/tre agricoltori. Ferrari, probabilmente grazie all'adozione di alcune efficaci tecniche agronomiche, in particolare di preparazione del terreno, negli anni precedenti era, infatti, riuscito ad ottenere raccolti più abbondanti, motivo per cui Rognoni ha scelto proprio lui.

Il metodo ideato da Ferrari era il seguente: il terreno veniva disposto a porche larghe 1,70 m nelle quali erano messe in doppia fila le piantine di pomodoro equidistanti 50 cm. Nel mezzo di ciascuna porca veniva teso un filo di ferro, ad un'altezza di 60/70 cm dal suolo, sorretti da piccoli pali piantati alla distanza di 2 metri l'uno dall'altro. A questo filo venivano infine legate con vimini le piantine di pomodoro finché fossero abbastanza sviluppate da portare già dei frutti maturi.

L'irrigazione infine veniva fatta per infiltrazione laterale, scorrendo soltanto nei solchi che dividevano una porca dall'altra, non comprimeva il terreno con notevole vantaggio per la successiva coltura di frumento.

14.3. EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEL SETTORE

Al fine di comprendere al meglio le moderne e spesso sofisticate tecniche di conservazione degli alimenti in generale e quindi anche del pomodoro, si è ritenuto necessario ripercorrere brevemente la storia legata a tale attività. Sono state fondamentali diverse scoperte in ambito scientifico e numerose innovazioni di tipo tecnico per poter raggiungere quello che è attualmente considerato come lo stato dell'arte in materia per le conserve vegetali.

Per quanto attiene alla stabilizzazione degli alimenti Appert ottenne il risultato voluto senza individuare i meccanismi che lo determinavano. In seguito Guy-Lussac e Liebig individuarono come causa della raggiunta stabilità l'eliminazione quasi completa dell'ossigeno. Le modifiche consigliate da Angilbert nel 1823 (Francia), Kensett nel 1825 (America) e infine da Fastier nel 1839, furono tese a rendere completa questa eliminazione dell'ossigeno: durante l'ebollizione lasciarono un piccolo foro per permettere all'aria di uscire dal contenitore, terminata questa fase, si saldava immediatamente il foro. La stessa tecnica è stata utilizzata fino poco tempo fa, ma per un altro prodotto: la mortadella in scatola. In questo caso, però, lo scopo del foro era un altro: aveva la funzione di fare uscire il grasso in eccesso colato durante la cottura.

Ulteriore progressione tecnologica nel settore delle conserve vegetali è dovuta ad Allen Taylor, egli ideò nel 1847 il sistema di aggraffamento per la preparazione di scatole stampate.

A seguito della necessità di utilizzare temperature più elevate rispetto a quella del bagno maria, Favre e Collin nel 1850 proposero l'impiego di soluzioni saline per innalzare la temperatura oltre i 100°C, queste erano rispettivamente di sale marino e di cloruro di calcio. Il problema che ora nasceva riguardava la confezione, era necessario che queste riuscissero a sopportare le temperature più elevate, grazie alle quali si arriva all'ebollizione interna del prodotto. Solo con l'impiego dell'*autoclave* si riuscì a fare il grande passo in avanti. In pratica si utilizzava una pentola di Papin alla quale nel 1852, grazie l'applicazione del manometro da parte di Chevalier, pronipote di Appert, si rese così possibile il controllo delle temperature di riscaldamento.

Pasteur, fra gli anni 1860/1870, individuò come causa principale delle alterazioni degli alimenti lo sviluppo dei microrganismi e nel loro trattamento di inattivazione attraverso il calore il fondamento del metodo di conservazione adottato da Appert. Gli esseri viventi causano le fermentazioni all'interno dei prodotti, se grazie al calore si eliminano questi e con l'utilizzo di un contenitore ermetico si annulla la possibilità di ricontaminazione, l'alimento si conserverà per un tempo teoricamente infinito.

Nonostante che l'industria delle conserve si stesse prepotentemente sviluppando in tutto il mondo, l'intuizione di Pasteur rimase isolata e non ebbe riscontro pratico per almeno cinquant'anni.

Pochi anni dopo Tyndall, un irlandese che abitava a Chamonix, propose un'alternativa all'uso di autoclavi, che trova fondamento sul fatto che la resistenza al calore delle forme vegetative è molto minore di quella delle spore per cui la geminazione delle spore e la sterilizzazione frazionata per un'ora al giorno per

2-3 giorni consecutivi delle forme vegetative via via formatesi consente di ottenere una conserva stabilizzata con trattamenti termici molto più blandi a temperature di circa 70-80°C. La tecnica, detta appunto tyndallizzazione venne applicata ai piselli e al latte e venne da Tyndall spiegata con una ipotetica minor resistenza di organismi debilitati da stress precedenti.

Lo studio della *microbiologia alimentare* e della sua applicazione industriale (sterilizzazione termica) si è costruito sulla linea indicata da Pasteur. In seguito altri importanti studi furono eseguiti:

- nel Bull. 17-L della National Canner Association statunitense, Bigelow e Catcheside individuarono l'effetto del mezzo e in particolare del pH;
- L'influenza delle caratteristiche fisiche del prodotto sulla penetrazione del calore fu studiata da Bitting;
- Thompson studiò l'influenza del formato e della natura del contenitore sulla penetrazione del calore;
- Belser i meccanismi di penetrazione del calore in funzione della temperatura del mezzo riscaldante.

È questo il periodo nel quale la *stabilizzazione degli alimenti* ottenuta mediante trattamenti termici esce dallo stato di arte che l'aveva caratterizzata nel XIX secolo per cercare di diventare, seppur lentamente e faticosamente, tecnologia e scienza: vengono scoperti i batteri alterativi termofili e molti ricercatori cominciano ad approfondire gli aspetti fisici, chimici, chimico-fisici e biologici della sterilizzazione mediante il calore, stabilendo sempre con maggior accuratezza i trattamenti da applicare e riducendo conseguentemente i rischi connessi con il consumo di conserve.

Negli anni antecedenti o immediatamente seguenti alla prima guerra mondiale vi furono importanti intuizioni, come l'impiego delle altissime pressioni per la sterilizzazione microbiologica degli alimenti, che però non sarebbero state applicate se non molti anni dopo. Nel 1919 Dunkey pone le basi per quello che sarà il confezionamento asettico.

Iniziano anche nello stesso periodo i primi tentativi di meccanizzazione e si assiste naturalmente ad una prima specializzazione dell'industria produttrice d'impianti strettamente legata all'interesse specifico delle produzioni agricole da trasformare: la Francia si orienta soprattutto sugli ortaggi verdi e Ringelmann nel 1888 progetta per la ditta Fauré una *sbaccellatrice a tamburo* per piselli, mentre in Italia e in particolare a Parma le officine Luciani cominciano a creare quell'industria di impianti per la trasformazione del pomodoro, da cui prende la sua ragion d'essere la Mostra delle Conserve Alimentari inaugurata a Parma nel 1939 e lo stesso CIBUS Technologie che ne è in parte l'erede.

È di questo periodo anche il passaggio della tecnologia alimentare dallo stato di stimolante investigazione a quello di vera scienza. Sorgono Istituti di ricerca universitaria e non finalizzati alla Food technology, (a Parma la Regia Stazione per l'Industria delle conserve alimentari), iniziano le pubblicazioni importanti riviste specializzate, la letteratura specialistica non si limita a riportare ricette di produzione, ma cerca di affrontare i problemi dal punto di vista teorico e scientifico: si comincia a parlare di effetto di letalità, si mettono a punto le tecniche di esatta rilevazione delle curve di penetrazione del

calore, gli impianti vengono progettati secondo principi ingegneristici e non soltanto empirici.

Nel periodo compreso fra le due guerre mondiali si è avuta, sia negli USA che in Europa, un'eccezionale diffusione di stabilimenti di produzione di conserve.

Subito dopo la seconda guerra mondiale si cominciano a costruire impianti di grandi dimensioni (basta pensare agli sterilizzatori idrostatici Mitchell), evaporatori sotto vuoto in multiplo effetto per il pomodoro, cominciano ad apparire le prime pelatrici e i cooker-cooler a scatola rotante, trasportatori idraulici e pneumatici per piselli: anche la produzione di conserve sta diventando una vera industria e si assiste ad una riduzione di unità produttive ma ad un sensibile incremento delle produzioni.

La meccanizzazione rende il lavoro meno pesante e più rapido, soprattutto per le operazioni più onerose, anche se l'importanza della manodopera è sempre molto alta.

Dal 1940 in poi si cominciano ad applicare le citate intuizioni di Dunkey sul confezionamento asettico. Grazie a questo si riesce a rendere libera la produzione da vincoli legati al tipo di imballaggio, al suo formato e alla disponibilità di acqua per il raffreddamento. Infatti con questo processo la stabilizzazione microbica avviene prima del confezionamento.

La Martin/Dole ha realizzato il primo impianto industriale che usa ancora contenitori metallici presterilizzati, all'interno dei quali viene inserito il prodotto prima sterilizzato e raffreddato preliminarmente con il sistema HTST, in ambiente mantenuto asettico, ma comunque aperto. Si passa poi ai contenitori fissi (o trasportabili) di grandi dimensioni.

Dal 1960 si assiste ad una diversificazione tra USA e Europa, in quanto quest'ultima inizia ad impiegare come mezzo sterilizzante l'acqua ossigenata, non consentita in USA. Altra differenza tra i due continenti è il materiale utilizzato come contenitore: flessibile per il vecchio continente per prodotti liquidi o con piccoli pezzi, in quanto questo consente la formazione del contenitore appena prima del riempimento. Inizialmente questa tecnologia era utilizzata unicamente per le piccole confezioni (il tetraedro poi trasformato in parallelepipedo della Tetra-pack), in seguito è stata adottata anche per contenitori da 200 e 1000 kg ovviamente con zone di passaggio più ampie. Gli Stati Uniti, invece, hanno continuato a prediligere il contenitore metallico di qualsiasi taglia fino all'approvazione da parte della FDA dell'acqua ossigenata (1980). Le tecnologie asettiche hanno poi, laddove possibile, sostituito quelle basate sulla stabilizzazione di contenitori in autoclave, grazie alla maggiore qualità sensoriale e nutrizionale del prodotto confezionato in tale modo¹. Dal 2006 anche l'acido perossiacetico (PAA) è stato ammesso dalla FDA per la sterilizzazione dei contenitori prima del riempimento.

¹ Cfr. R. Rizzo. Cap. XIII. Vol. V. Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande. Chiriotti Editori. 2006.

* Il pioniere delle tecnologie asettiche a freddo nel settore delle bevande è stato il fondatore della Procomac S.p.A. il sig. Ermanno Morini, che già negli anni '80 del secolo scorso con straordinaria sensibilità di tecnico e di imprenditore intuì le ampie possibilità di applicazione.

Dopo aver ripercorso le tappe principali che hanno portato alle moderne tecnologie di trattamento e confezionamento delle conserve vegetali, è ora il momento di concentrare l'attenzione sulla storia di queste tecnologie relativamente alla produzione del solo pomodoro.

Agli inizi del secolo scorso, i pomodori, dopo essere stati cosparsi di sale, venivano lasciati ad essiccare e poi passati al setaccio, ricavandone una salsa densa, che si custodiva in piatti di terraglia esposti al sole, dal mattino al tramonto, per parecchi giorni. Una volta che la conserva diventava solida e scura, si riponeva in vasi di creta o di vetro, ricoperti con foglie di basilico o di fico ed infine sigillati con la carta pergamena.

Oggi è rarissima la confezione artigianale della conserva, mentre è ancora diffusa nel mezzogiorno la conservazione del pomodoro in bottiglia.

Nicolas Appert tra la fine del '700 e i primi dell'800, effettuò una serie di sperimentazioni, in cui si usufruiva del calore per la conservazione degli alimenti, si riusciva a fare ciò grazie ermeticità dei contenitori utilizzati e alla loro sterilizzazione, queste operazioni avrebbero dovuto garantire la preservazione del contenuto. Questo principio innovativo incontrò numerose difficoltà, in quanto la tenuta e la robustezza dei contenitori non era sufficiente.

In Gran Bretagna, grazie l'utilizzo della banda stagnata, gli alimenti in scatola si diffusero nei negozi alimentari. Le brillanti intuizioni di Appert ed i principi attinti dalla tradizione popolare trovarono un referente ingegnoso e dinamico in Francesco Cirio, che decise di provvedere industrialmente a conservare i prodotti della campagna all'epoca della maturazione, per poi venderli tutto l'anno. A Parigi, durante l'esposizione nel 1867, il suo metodo fu definito come una delle invenzioni moderne più utili. Addirittura fu varata dal ministro De Pretis un'apposita legge nel 1885, che gli consentì di trasportare i suoi prodotti in tutta Europa per via ferroviaria con tariffe ridotte. A Parma, grazie a Soleri, sorse il primo complesso industriale dedito alla produzione del concentrato.

Alla fine dell'800 si erano sviluppate due aree interessate ad insediamenti di industrializzazione: una meridionale che abbracciava la Campania, la Puglia e la Sicilia e l'altra situata nelle province di Parma e Piacenza. Grazie al progressivo sviluppo delle tecniche di trasformazione, la coltivazione del pomodoro passò da familiare ad industriale, iniziando così la strada che lo portò a collocarsi tra i prodotti agricoli, quantitativamente ed economicamente più significativi per il mercato.

A seconda delle esigenze e delle preferenze del consumatore variano le caratteristiche del prodotto. In linea generale, per la bacca è importante il colore rosso, l'uniformità, la polposità elevata e con basso numero di semi. Il residuo secco dovrà essere alto, così come il contenuto di zuccheri e di pectine, da cui dipende la consistenza del frutto; determinante per il sapore risulta poi il grado ed il tipo di acidità. Le caratteristiche vengono ulteriormente definite dal tipo di trasformazione che subisce il pomodoro: pelato, concentrato, polpa o triturato, succo, passata, fiocchi.

Le caratteristiche basilari per il pelato sono:

- Il colore rosso vivo;
- La forma allungata;

- La buccia robusta facilmente staccabile dal tessuto sottostante;
- Le logge turgide di succo;
- L'asse stilare poco o niente sviluppato.

La lavorazione è la seguente: il pomodoro viene lavato nelle vasche, per separare il prodotto dai materiali non desiderati. Le bacche vengono successivamente depositate su dei piani di cernita, dove avviene lo scarto dei frutti non idonei da parte di personale addestrato. Infine si riscalda il prodotto a temperature intorno a 90° in modo da staccare la buccia dalla polpa, con procedimenti meccanici o termici, quindi vengono trasferiti su piani mobili, dove si effettua l'ultimo controllo per eliminare le bacche danneggiate, i piccioli ed i residui di bucce. Nei complessi industriali più moderni, la cernita viene effettuata da una selezionatrice ottica, che scarta automaticamente le bacche non rispondenti ai requisiti memorizzati.

La lavorazione ed il confezionamento del pelato prevede i seguenti passaggi: il riempimento dei barattoli di latta con le bacche e il succo e la chiusura sotto vuoto, per poi procedere alla fase della pastorizzazione, che consente la stabilizzazione microbiologica con lo scopo di inattivare eventuali azioni di alterazione del prodotto da parte dei microorganismi. All'interno degli stabilimenti, lungo trasportatori che percorrono tortuosi giri, i barattoli di pelato compiono tutte le tappe, fino all'etichettatura ed all'imballaggio in cartoni.

La lavorazione del concentrato consiste nell'eliminazione di una parte dell'acqua dal succo, questo è ottenuto andando a tritare e setacciare i frutti freschi di pomodoro. Per ottenere il concentrato è necessario utilizzare i pomodori ricchi di colore ed aventi una resistenza e consistenza della buccia elevato e quelli che contengono il più elevato contenuto di zuccheri. Il concentrato si differenzia a seconda di quanto aumenta in percentuale il grado di concentrazione del succo. Grazie all'evaporazione dell'acqua a basse pressioni si ottiene la concentrazione, si utilizza questi valori di pressione per salvaguardare le proprietà nutritive ed organolettiche del prodotto.

Per i pomodori destinati alla trasformazione in polpa e triturati vengono richieste le medesime qualità previste per il pelato, con una specifica preferenza verso frutti che posseggano contenuti ridotti di semi e maggiore consistenza. Si utilizzano pomodori tondi pelati, tagliandoli o pressandoli attraverso fori piuttosto grossi e, in base al tipo di taglio e di pressatura, si ottiene un prodotto che viene commercializzato rispettivamente come polpa, triturato, cubettato, fettine, ecc.

Il succo e la passata, invece, sono sottoposti ad un procedimento di concentrazione ed il loro valore di solidi solubili ed insolubili deve essere elevato, così da garantire una buona consistenza/viscosità.

14.4. IL CICLO TECNOLOGICO DELLE CONSERVE DI POMODORO

È bene, prima di addentrarsi nella analisi, fare una opportuna considerazione sulla stagionalità che caratterizza il funzionamento di tali impianti di trasformazione; l'operatività dell'impianto varia infatti nel corso dell'anno, con la conseguente possibilità di avere sistemi funzionanti per un certo periodo e ma-

gari fermi in altri. L'attività di trasformazione del pomodoro presenta gli aspetti più interessanti durante la *campagna estiva*, quando si ha a disposizione la materia prima fresca e occorre lavorare con la migliore efficienza possibile al fine di ottenere la massima produzione.

Riportiamo una breve sintesi dei processi eseguiti nell'impianto, precisando che la lavorazione del pomodoro è una tipica attività stagionale caratterizzata da un brevissimo periodo con grande reperibilità di materia prima.

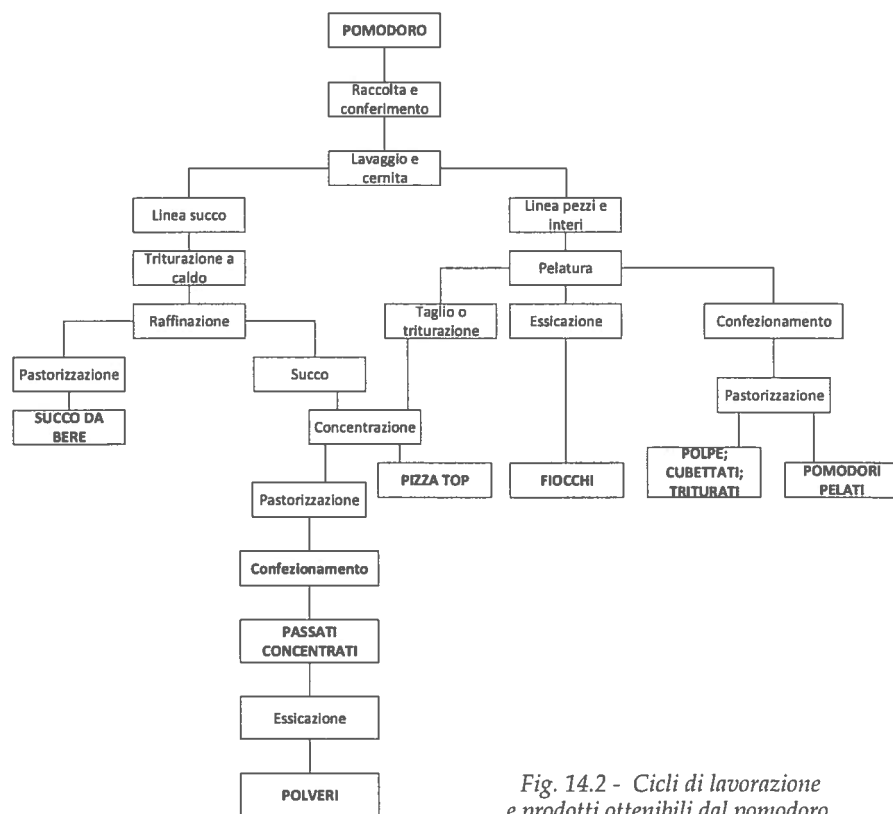


Fig. 14.2 - Cicli di lavorazione e prodotti ottenibili dal pomodoro.

14.4.1. Operazioni preliminari

Il pomodoro proveniente dai campi subisce, prima di essere trasformato, una serie di operazioni preliminari e controlli volti alla verifica della sua idoneità e alla sua preparazione per ottimizzare le successive lavorazioni. Esse sono in generale indipendenti dal tipo di derivato in cui il pomodoro verrà trasformato e vengono svolte per tutto l'arco della campagna.

Il diagramma di flusso di questa sezione dell'impianto è riportata in **fig. 14.3**.

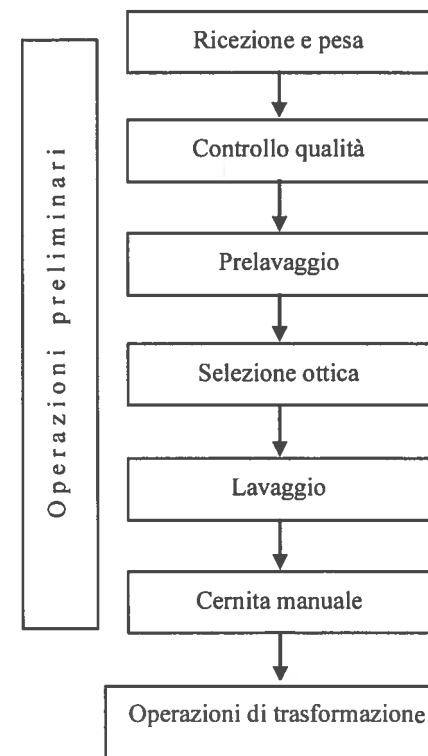


Fig. 14.3 - Diagramma di flusso della lavorazione preliminare del pomodoro.

Ricezione e pesa

Il pomodoro fresco raccolto dai campi arriva in azienda con svariati mezzi di trasporto: trattori trainanti carri, camion con rimorchi e autotreni. Tutti i contenitori impiegati sono riempiti fino ad un'altezza di 1,20-1,50 m al fine di evitare un eccessivo schiacciamento dei pomodori con conseguente danneggiamento, fuoriuscita di sostanza nutritive e possibilità di attacco dall'esterno di microrganismi.

All'ingresso della fabbrica è previsto un ufficio per la ricezione degli automezzi, adiacente ad una pesa.

Il camionista o l'agricoltore si reca all'interno di tale ufficio, nel quale dovranno essere registrati i dati del trasportatore, del carico e dell'azienda agricola che conferisce il prodotto fresco.

La pesa usualmente impiegata è una pesa a ponte: gli autocarri salgono al di sopra di questa prima e dopo lo svuotamento del pomodoro, in maniera tale da rilevare per differenza la quantità di prodotto conferito.

La valutazione qualitativa

Ogni carico giunto in azienda, prima di essere scaricato, deve essere sottoposto ad un primo controllo di qualità, necessario a determinare l'idoneità del

pomodoro alla trasformazione e le caratteristiche che poi ne stabiliscono il prezzo di acquisto.

In un'ottica di filiera tesa al miglioramento qualitativo dei derivati industriali diventa importante stimolare la produzione agricola al fine di raggiungere uno standard elevato della materia prima. Per ottenere questo risultato occorre stabilire un sistema di valutazione oggettivo con un'incentivazione economica del prezzo. Le premesse necessarie alla fissazione di un corretto ed adeguato sistema di pagamento a qualità sono le seguenti:

- Bisogna utilizzare metodi di campionamento attendibili; valutazione e classificazione qualitativa devono essere basati su criteri oggettivi, facilmente rilevabili ed uniformemente applicati sull'intero territorio nazionale;
- È necessario rendere le condizioni di trasporto e conferimento le più rispettose del mantenimento della qualità dei frutti;
- Si debbono prevedere prezzi di base di riferimento diversificati per destinazione alle diverse lavorazioni industriali;
- Si devono utilizzare metodi di analisi standardizzati, riducendo al minimo indispensabile il numero di valutazioni da effettuare, cercando di utilizzare apparecchi semplici, affidabili e di facile taratura e manutenzione.

All'interno di un impianto di trasformazione è sempre presente pertanto una stazione ben attrezzata di controllo qualità, dotata di un apparato di campionamento, di un tavolo di selezione dove gli ispettori individuano i principali difetti e di un piccolo laboratorio che fornisce dati oggettivi di pH, residuo ottico e colore.

Il campionatore è di solito costituito da un cilindro di circa 50 cm di diametro che può essere regolato per spostamenti trasversali all'avanzamento del carro e che può penetrare nei pomodori fino alla profondità voluta; un sistema speciale di ganasce chiude poi la parte inferiore del cilindro e permette l'asportazione di una quantità di pomodori di circa 20 kg; il cilindro viene poi risollevato e portato su un nastro trasportatore che alimenta una tramoggia rotante. Alla base di tale tramoggia si trova un piatto di pesata che fornisce il peso della massa prelevata.

Il campione a questo punto può essere immesso su di un nastro trasportatore a rulli, che permette all'operatore di effettuare una valutazione soggettiva di alcuni difetti non facilmente misurabili strumentalmente.

Il pomodoro viene poi sottoposto ad un energico lavaggio con acqua sotto pressione, che allontana le parti guaste e il materiale estraneo e dopo essere stato prelevato da un nastro a rulli e asciugato con un getto ad aria viene immesso in una seconda tramoggia - bilancia per determinare ponderalmente lo scarto separato. Un ulteriore nastro, cui segue ancora una pesatura, può essere utilizzato per la separazione di pomodori spaccati e molto piccoli. La fase successiva prevede la pesata del pomodoro verde separato automaticamente da una cernitrice ottica.

I frutti idonei vengono trasferiti ad un gruppo di triturazione - raffinazione per ottenere un succo che viene inviato ad un sistema di disaerazione e poi ad un analizzatore automatico di pH e di °Brix (residuo rifrattometrico). Nel caso si voglia eseguire anche la valutazione del colore si preleva una parte di succo e si può effettuare la misura con colorimetro.

Tutto il sistema (individuazione del carico, pesate, valutazioni soggettive, misure analitiche) può essere guidato da un PC comandato dall'operatore, con

possibilità di memorizzazione di tutti i dati con la stampa di quelli che effettivamente interessano.

I parametri che determinano prezzo e modalità di pagamento sono la percentuale degli scarti e il residuo rifrattometrico. La percentuale di scarto o di difettosità, data sia dalle bacche anomale che dal materiale inerte, non deve essere superiore al 15%; in caso contrario la partita viene scartata. Quando invece la percentuale di scarto è compresa tra 1 e 15% viene prevista e determinata una percentuale di sconto. Il residuo rifrattometrico suddivide il pomodoro in tre fasce di pagamento:

Fascia	°Brix	Prezzo
Prima	4,8-5,4%	Prezzo base
Seconda	> 5,4%	+5% sul prezzo base
Terza	< 4,8%	-5% sul prezzo base

Tab. 14.I - Fasce di pagamento del pomodoro in base al residuo rifrattometrico.

Il pomodoro con residuo rifrattometrico < 4°Bx viene normalmente respinto per regolamento; il pomodoro con residuo rifrattometrico più alto è pagato meglio dal trasformatore in quanto ad esso è associata una "resa industriale" più elevata.

La valutazione del pH occorre solamente per conoscere il tipo di ambiente in cui si sviluppa la flora microbica. Il pomodoro come si è detto è un prodotto acido (pH=4,4-4,5), in cui tendenzialmente non si sviluppano agenti patogeni. Inoltre le recenti tecniche agricole consentono il conferimento di prodotto con valori di pH intorno a 4,1 o 4,2. Nell'eventualità che il prodotto trasformato superi valori di pH che generano agenti patogeni è possibile eseguire una correzione con acido citrico all'interno della linea di lavorazione.

14.4.2. Scarico, prelavaggio e stoccaggio

Terminata l'analisi qualitativa e verificata l'idoneità del prodotto conferito, gli autocarri all'arrivo in fabbrica vengono avviati ad una pedana di scarico sulla quale assumono una posizione inclinata trasversalmente. Il carico viene poi investito da un getto d'acqua proveniente dall'alto che scarica i pomodori attraverso un apposito sportello sulla fiancata.

Nei grandi impianti il pomodoro svuotato in un canale a flusso idrico viene stoccato in vasche in calcestruzzo lunghe 30 m, larghe 5 m e profonde 2 m, dette usualmente *piscine*. Generalmente il numero delle piscine è elevato, in maniera da garantire una sufficiente polmonatura all'intero processo di trasformazione.

I frutti prima di entrare nelle piscine vengono fatti circolare in un canale a mezzo di un flusso continuo di acqua mantenuta in agitazione con aria proveniente da apposito soffiatore (borbottaggio) per evitare che fanghi e detriti si depositino sul fondo della stessa. Al termine del canale i frutti cadono su di un elevatore a rulli che provvede al trasferimento degli stessi ad una seconda sezione di trasporto idraulico ad altezza più elevata della precedente. Durante il sollevamento subiscono un efficace prelavaggio mediante acqua in pressione irrorata da

una serie di ugelli. I canali alimentati dal sollevatore corrono longitudinalmente al di sopra delle piscine svuotando il pomodoro al loro interno. Lo svuotamento delle vasche avviene attraverso delle paratie poste sulle pareti laterali, le quali aprendosi consentono al pomodoro di defluire all'interno di due canali posti a livello del piano di calpestio.

I due canali alimentano una coppia di "elevatori a facchini" che hanno lo scopo di separare l'acqua del circuito piscine e canali dal pomodoro. Quest'acqua recuperata viene trattata da un filtro e riciclata mediante pompe nel sistema di distribuzione del pomodoro ai canali di alimentazione delle vasche.

A valle degli elevatori a facchini il pomodoro confluisce in un'unica vasca di distribuzione da cui partono i canali di alimentazione del pomodoro alle varie linee.

L'utilizzo delle piscine comporta i seguenti vantaggi:

- Le operazioni di scarico vengono eseguite dall'autista del mezzo e non da personale di fabbrica, con conseguente risparmio di manodopera;
- Durante le operazioni di scarico si ha un prelavaggio che consente di eliminare terra, sabbia, erba prima dell'ingresso in piscina;
- Il pomodoro può sostare per lunghi intervalli di tempo (anche una giornata) senza i deterioramenti cui andrebbe incontro se fosse stoccato in casse nel cortile dello stabilimento;
- Lo stoccaggio in piscina consente di alimentare con regolarità la linea di produzione.



Fig. 14.4 - Scarico e prelavaggi (CFT Spa).

14.4.3. Lavaggio e cernita

Nelle linee tradizionali il lavaggio viene eseguito in due fasi: una prima grossolana di prelavaggio e una seconda di finitura.

Il prelavaggio avviene in vasche di modeste dimensioni munite di insufflatori d'aria in pressione (4-5 bar) sul fondo, in modo da mantenere un'azione di movimento energetico che facilita la pulizia dei frutti e la separazione del materiale estraneo. Dalla vasca di prelavaggio il pomodoro viene trasferito, mediante un cilindro rotante a pale, in quella di finitura piena di acqua pulita, nella quale "pesca" un nastro trasportatore a rulli che costituisce anche il piano di cernita. Infatti il nastro da una prima posizione inclinata, mediante apposite guide, catene e supporti assume una posizione orizzontale in corrispondenza



Fig. 14.5 - Lavaggio e cernita (CFT Spa).

delle pedane su cui operano gli addetti alla cernita e quindi una nuova posizione inclinata nell'ultima sezione, dove i pomodori vengono sottoposti all'azione di un risciacquo con acqua sotto pressione, spruzzata attraverso ugelli. A questo punto il pomodoro è inviato alla successiva fase di trasformazione, mentre il nastro ritorna nella vasca di finitura per caricare altri frutti. Il sistema di catene costringe i rulli ad un moto di rotazione durante la fase di avanzamento, che fa ruotare i pomodori sottoponendoli così all'osservazione degli addetti di cernita. Piccoli trasportatori a nastro posti superiormente o lateralmente al piano di cernita consentono l'allontanamento automatico del materiale di scarto.

Perché i piani di cernita siano funzionali deve esserci un giusto rapporto tra larghezza del piano, lunghezza dello stesso, numero di addetti, velocità di avanzamento del nastro, qualità e quantità di frutti. Sono inoltre indispensabili un adeguato grado di illuminazione e un frequente avvicendamento degli addetti alla cernita, affaticando questa notevolmente la vista e l'attenzione. È preferibile affidare a ciascun addetto compiti specifici di cernita (togliere il verde, togliere

lo spaccato o il marcio, togliere il materiale estraneo). Importante infine è la regolarità di rifornimento dei nastri.

I pomodori scorrono su di un nastro trasportatore allineati in file ordinate. Al termine del nastro i frutti cadono e vengono colpiti dal raggio di un sistema ottico che riesce a rilevare la colorazione. Nel caso venga ravvisata la presenza di un frutto verde viene attivato il sistema di espulsione, costituito da una serie di pistoncini, aventi un passo uguale a quello dei pomodori nelle file sul nastro, che colpiscono il frutto non idoneo. Nel caso venga utilizzata questa apparecchiatura la catena di lavaggio e cernita diventa la seguente:

- prelavaggio che elimina scorie che falserebbero l'analisi ottica;
- selezione ottica
- impianto di lavaggio e cernita tradizionale.

14.4.4. Operazioni di trasformazione

Terminate le operazioni di verifica e preparazione della materia prima si passa alla fase di trasformazione del pomodoro per ottenerne un derivato industriale.

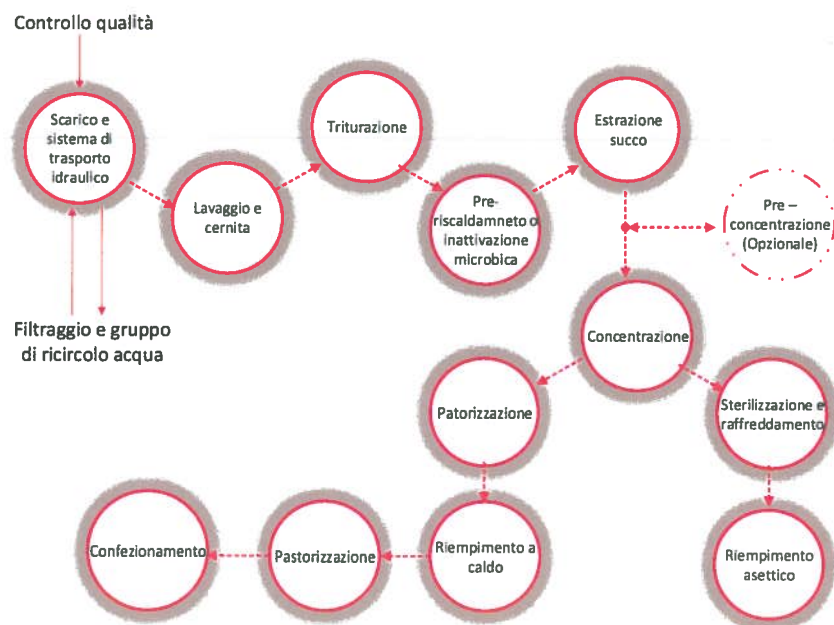


Fig. 14.6 - Linea di produzione succo, passata e concentrato di pomodoro.

Svariati sono i prodotti ottenibili dal pomodoro. Di seguito sono riportati i più comuni e nel prosieguo si descriveranno le tecnologie per ottenere quelli di maggiore applicazione merceologica:

- Succo da bere
- Succo
- Fiochi (triturati ed essiccati)

- Polveri (concentrati ed essiccati)
- Pizza top
- Ketchup
- Sughì e salse
- Aceto di pomodoro
- Pelati
- Triturati, cubettati, polpe
- Passate
- Concentrati (in Italia divisi secondo il residuo secco minimo, al netto di NaCl)
 - Semi-concentrato 12%
 - Concentrato 18%
 - Doppio concentrato 28%
 - Triplo concentrato 36%
 - Sestuplo concentrato 55%

Le operazioni necessarie per ottenere questi prodotti sono ovviamente diverse e seguono i diagrammi di flusso di figg. 14.6 e 14.7.

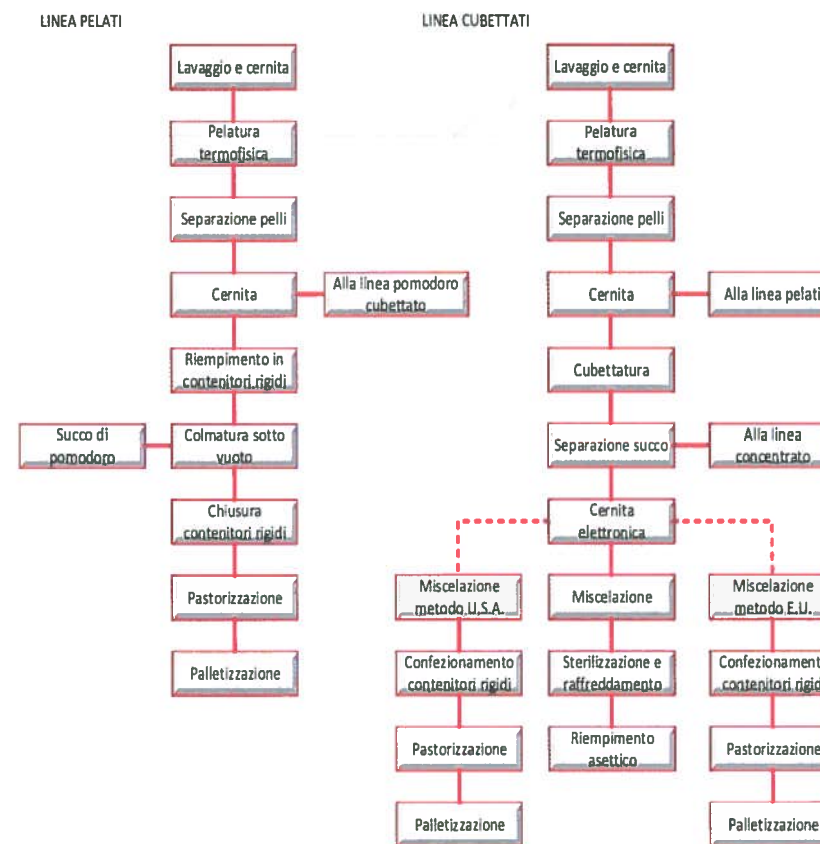


Fig. 14.7 - Linea di produzione pelati e cubettati.

14.4.5. La triturazione

Al termine del piano di cernita, il pomodoro viene risciacquato con acqua potabile in pressione e quindi sottoposto a triturazione.

I triturator tradizionali sono costituiti da un cilindro rotante alloggiato in una camera che porta pettini fissi; il cilindro a sua volta porta altri pettini, complementari ai primi, che ruotando provocano la spaccatura dei frutti. Generalmente le spaziature fra i denti dei pettini sono abbastanza grandi (15-25 mm).

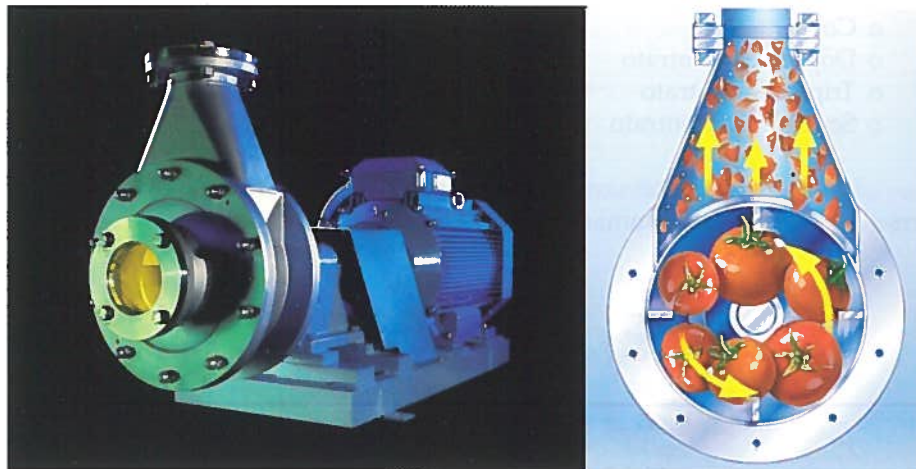


Fig. 14.8 - Trituratore BT60 (CFT Spa).

Ultimamente si è diffuso l'uso di mulini a martelli che permettono una triturazione molto più fine del pomodoro e quindi un più rapido successivo riscaldamento.

È interessante osservare come l'evoluzione dei sistemi di raccolta meccanizzata influisca anche sulle lavorazioni del pomodoro. I frutti raccolti meccanicamente presentano una quantità decisamente maggiore di inerti in quanto non vi è più una selezione da parte del personale dedicato alla raccolta, e questo è causa di problemi durante la fase di triturazione. Per questo motivo vengono maggiormente curate le fasi preliminari di cernita dei pomodori freschi e si adottano sistemi di triturazione meno sensibili alla presenza di inerti solidi. In impianti di recente realizzazione la triturazione avviene all'interno del gruppo di scottatura facendo passare il pomodoro attraverso lame fisse, in quanto l'impiego di coltelli mobili sarebbe causa di numerosi guasti causati da ghiaia e pietrisco.

14.4.6. La scottatura (inattivazione enzimatica)

Dopo una triturazione più o meno fine, il pomodoro è inviato ad uno scambiatore di calore, detto scottatrice o "brovatrice", in cui è sottoposto a riscaldamento.

Le scottatrici sono generalmente scambiatori a fascio tubiero orizzontale, con tubi di circa 60-70 mm di diametro, riscaldati a vapore. Le testate sono facilmente apribili e ispezionabili per potere eseguire rapidamente le operazioni di pulizia. Nelle testate sono ricavate delle nicchie che collegano i diversi tubi del fascio, creando un predeterminato percorso. Al fine di avere una temperatura di uscita costante e di evitare surriscaldamenti, l'immissione di vapore nella camera esterna al fascio deve essere controllata mediante un termoregolatore.

Fino a qualche decennio fa il tipo di scottatura impiegata era quella cold-break in cui il triturato è portato fino alla temperatura di 65°-70°. Il fine di questa procedura è essenzialmente quello di favorire il distacco della buccia nella successiva fase di estrazione, poiché il calore attiva gli enzimi pectolitici rendendoli in grado di causare una rapida demolizione dei legami fra esocarpo (buccia) e mesocarpo. Questo tipo di trattamento garantisce un conveniente mantenimento del colore e delle sostanze sapide a discapito tuttavia della consistenza del succo. Infatti le temperature indicate in precedenza facilitano al massimo la demolizione delle sostanze pectiche e quindi si hanno dei derivati di scarsa consistenza; per ovviare a questo inconveniente è necessario inattivare gli enzimi pectolitici che sono responsabili della demolizione delle sostanze pectiche e della conseguente perdita di consistenza.

Attualmente vengono impiegati congiuntamente triturator a martelli e trattamenti ad alta temperatura detti hot-break; la migliore triturazione ottenuta coi martelli da un lato consente una maggiore inattivazione enzimatica per la più elevata resa termica (maggiore superficie di scambio per unità di volume di triturato), ma dall'altro determina l'esplicitarsi di una più intensa attività pectolitica. È evidente che se intercorre un tempo notevole fra la triturazione e il riscaldamento, il danno diventa ancor maggiore.

Affinché l'inattivazione termica degli enzimi pectolitici abbia un effetto ottimale sul mantenimento della consistenza iniziale del pomodoro fresco, è necessario che il superamento delle temperature intermedie (45-80°C), alle quali l'attività enzimatica è massima, avvenga nel lasso di tempo più breve possibile. La temperatura che generalmente viene raggiunta è di 100°C, che consente l'inattivazione della pectin-metilesterasi in tutta la massa trattata, benché tale inattivazione avvenga a 82°C: infatti il controllo della temperatura è fatto sul succo o sulla parte esterna dei pezzi e non garantisce sull'effettivo raggiungimento della temperatura d'inattivazione in tutta la massa. Lo scambiatore deve essere molto efficiente e consentire un passaggio molto rapido nella fascia di temperatura prima indicata; a questo scopo si utilizza una miscelazione del prodotto appena triturato con prodotto già scottato, che diventa esso stesso il mezzo riscaldante. L'efficacia del sistema dipende dalla possibilità di ottenere un contatto intimo ed immediato e dal corretto rapporto tra la quantità dei due triturati. A livello impiantistico si ricorre al ricircolo del prodotto riscaldato nella vasca sotto il trituttore in rapporto di circa 12-15 parti per 1 parte di prodotto fresco.

Uno degli inconvenienti maggiori è costituito dalla riduzione dell'efficacia dello scambio termico in seguito a deposito di materiale vegetale leggero (fibre, residui di foglie, ecc.) nel fascio tubiero e in particolare modo dove si ha perdita di carico maggiore (curve).

Il tempo di sosta nella scottatrice è dell'ordine di alcuni minuti (3÷4) e all'uscita si ottiene un prodotto destinato a rimanere a temperature molto elevate per un tempo rilevante, con evidenti danneggiamenti delle proprietà organolettiche (aroma, gusto e colore) per evaporazione delle sostanze volatili e per accelerazione delle reazioni di ossidazione e demolizione delle sostanze termolabili.



Fig. 14.9 - Inattivatore enzimatico Eldorado (CFT Spa).

Linee di triturazione e inattivazione enzimatica innovative

Per il pomodoro, ma ancora di più per la frutta ed altri vegetali è importante conservare il colore e le caratteristiche nutrizionali. Per tale motivazione nuove tecnologie di triturazione e trattamento di inattivazione enzimatica sono state create negli anni cercando di abbinare i vantaggi del "hot-break" con quelli del "cold break". A tale scopo, Zenith Chrono® realizzato da CFT SpA è una possibile soluzione per aziende che elaborano frutta e verdura di alta qualità al fine di mantenere in modo ottimale il colore e una elevata percentuale di proprietà organolettiche alla fine dei processi di lavoro.

Grazie al breve periodo di spostamento da un ciclo all'altro, Zenith Chrono è efficiente nell'inattivazione enzimatica. Ovviamente tale macchina è fornita di un sistema di gestione che è stato progettato per modificare i parametri di processo a seconda del prodotto trattato.

Il sistema si compone di diverse fasi tra cui la principale è legata all'utilizzo di un sistema di inattivazione enzimatico brevettato studiato specificatamente per la gestione di puree di frutta e verdura al fine di preservare le loro caratteristiche organolettiche e garantire un'alta coerenza del prodotto finale (ETS Enzymes Thermal Shocker)

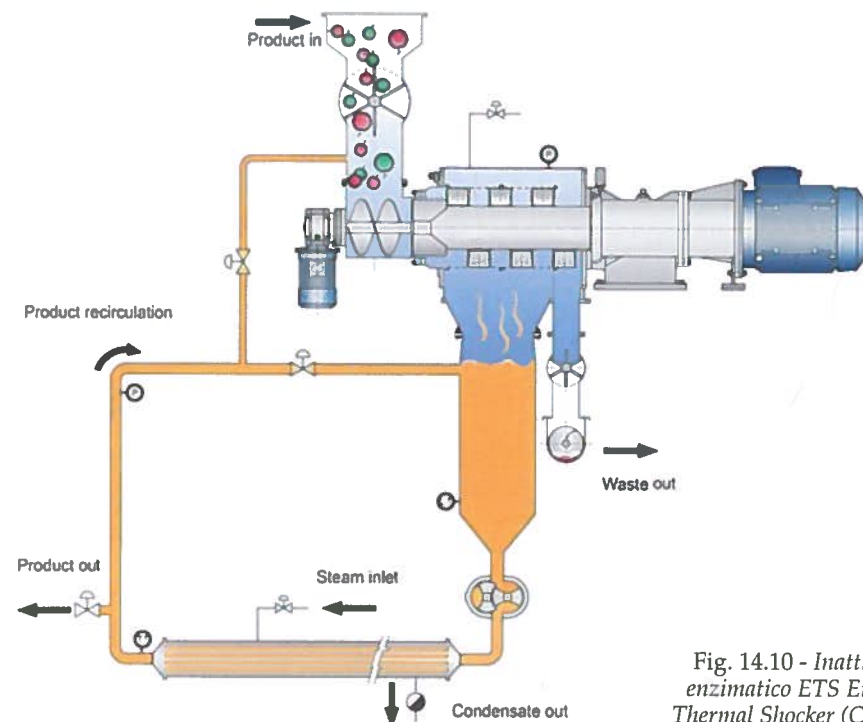


Fig. 14.10 - Inattivatore enzimatico ETS Enzymes Thermal Shocker (CFT Spa).

Il sistema garantisce un metodo di estrazione volto a ridurre il consumo di acido ascorbico, aumentando la consistenza del prodotto e riducendo la sineresi, preservando il colore, mantenendo aromi e altre proprietà organolettiche e stabilizzando il prodotto per ottenere una durata di vita più lunga. Per raggiungere questi obiettivi, è stata definita una sequenza di fasi di lavorazione: tutti i vegetali vengono prima triturati, poi immediatamente inseriti in atmosfera anaerobica (CO₂ + altri gas inerti), dove la temperatura del vegetale è rapidamente aumentata grazie all'iniezione di vapore culinario. Dopo l'estrazione sulla pressa orizzontale, la purea di vegetali viene mantenuta a temperatura di pastorizzazione (circa 95° C) mediante uno scambiatore di calore indiretto in un tubo con ricircolo di prodotto (1:5).

Come riportato in fig. 14.10, il sistema industriale applica questo principio introducendo e triturando il prodotto senza semi, bucce e steli. Il trituttore è installato sull'estrattore a freddo, in un ambiente senza ossigeno mentre poi il prelievo del prodotto avviene direttamente dopo lo scambiatore di inattivazione enzimatico.

Questo sistema è stato progettato per raggiungere una inattivazione immediata dell'enzima, rapidamente riscaldando il vegetale prima di tritare e lasciare cadere la purea estratta direttamente nella massa calda. È quindi possibile mantenere elevata viscosità del prodotto finale e evitare l'ossidazione precoce, anche senza l'uso di acido ascorbico. Questa apparecchiatura consente anche un tempo di processo definito e idonea igienizzazione tramite sistema automatico



Fig. 14.11 - Visione completa del sistema Zenith Chrono® (CFT Spa).

CIP e dovrebbe garantire una maggiore protezione dei sapori, senza contaminazione e diluizione del prodotto.

14.4.7. La raffinazione

Il triturato tradizionale viene inviato al gruppo di passatura/raffinazione. Questa fase ha lo scopo di separare le bucce e i semi già distaccati dalla polpa per azione degli enzimi pectolitici, provvedendo nello stesso tempo all'estrazione del succo e di conseguenza all'eliminazione di materiale estraneo o di frammenti di parti guaste e dannose.

Bucce e semi vengono raccolti attraverso un nastro trasportatore a coclea per essere utilizzati come emendante per i campi. Il gruppo di passatura/raffinazione è costituito da due o tre testate contenenti setacci cilindrici in lamiera forata, con fori (luci di passaggio) progressivamente più piccoli, attraverso i quali viene forzata la massa triturata.

La spinta del triturato contro le pareti del setaccio fisso è effettuata attraverso battitori calettati sull'albero rotante interno alla testata. Nei modelli più recenti i setacci, anziché cilindrici, sono tronco-conici, in modo da consentire un'agevole modificazione dello spazio fra superficie filtrante e gruppo di battitura anche con la macchina in movimento, facendo scorrere il gruppo rotante (anch'esso tronco-conico) all'interno del gruppo fisso. I battitori sono montati in modo da imprimere un avanzamento a coclea al triturato e mantenere sempre pulita la superficie del setaccio.

Il primo setaccio, normalmente chiamato *passatrice*, ha fori dell'ordine di 1,2 mm e consente la rimozione dei semi, dei piccioli, delle parti verdi e cicatrizzate particolarmente consistenti e di buona parte della buccia.

Del tutto analogo, e talvolta mosso dallo stesso motore, è il secondo gruppo chiamato *raffinatrice*: generalmente più piccolo, poiché viene sottoposto ad un lavoro meno oneroso, porta un setaccio con luci di passaggio di 0,8 o 0,6 mm, consentendo l'eliminazione dei frammenti di semi e bucce e di altre particelle sfuggiti alla raffinatrice. La *forata fine* viene utilizzata quando si applica anche il terzo stadio (super raffinatrice), altrimenti si usa la più fine. La "super raffinatrice", provvista di un setaccio con fori di 0,4 mm, provvede ad eliminare completamente tutte le impurità residue del succo. Questo stadio, ormai quasi mai utilizzato, è generalmente azionato da un motore autonomo di ridotta potenza.

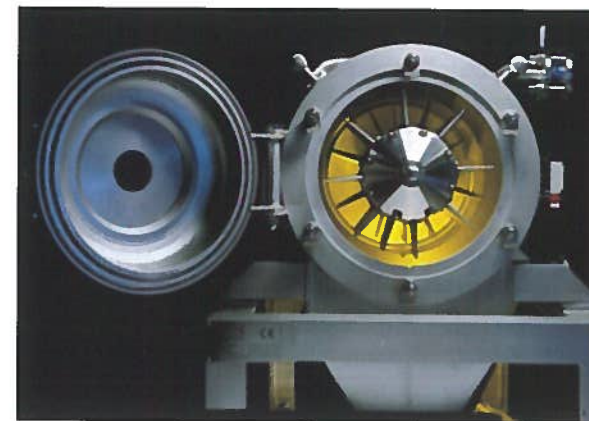


Fig. 14.12 - Raffinatrice Giubileo (CFT Spa).

14.4.8. La raccolta del succo

Il succo proveniente dal gruppo di raffinazione viene raccolto in una vasca di acciaio inox che serve da polmone per alimentare la successiva fase di concentrazione. Tale vasca deve avere una capacità adeguata alle potenzialità dell'impianto di concentrazione, consentire una corretta gestione della miscelazione e la regolazione dei livelli di massima e di minima per evitare che si abbiano fenomeni di alterazione microbiologica che possono anche essere causa di anomale concentrazioni di acido lattico nei prodotti finiti.

14.4.9. Concentrazione (Evaporazione)

L'evaporatore ha lo scopo, all'interno del processo tecnologico di trasformazione del pomodoro, di concentrare il succo asportando una parte dell'acqua in esso contenuta. La scelta della concentrazione come tecnica di conservazione del pomodoro è giustificata sia dalla aumentata stabilità microbiologica ottenuta con l'abbassamento del valore d'attività dell'acqua, sia dalla diminuzione dei costi di confezionamento, magazzino e trasporto derivanti dalla notevole riduzione di peso e di volume.

Il succo di pomodoro è costituito da una sospensione di materiale insolubi-

le in una soluzione acquosa che contiene disciolte sostanze organiche e minerali. Concentrare significa eliminare una parte dell'acqua in maniera che la percentuale dei soluti presenti nella soluzione finale aumenti fino ad un valore prefissato. L'evaporazione è una delle possibili tecniche utilizzabili per la concentrazione, assieme ai processi a membrana, ad osmosi inversa e a crioconzentrazione, ma è quella di gran lunga più impiegata nell'ambito della lavorazione del pomodoro.

La concentrazione per evaporazione si basa sul seguente principio: parte dell'acqua contenuta nella soluzione originaria viene fatta evaporare attraverso il conferimento di calore da parte di un mezzo riscaldante esterno che è generalmente del vapore condensante. L'acqua sottratta viene pertanto allontanata sotto forma di vapore.

La soluzione da concentrare riceve due tipi di calore: un calore sensibile, responsabile del passaggio dalla temperatura d'ingresso alla temperatura d'ebollizione, e un calore latente di vaporizzazione, di norma decisamente superiore al primo, necessario per il passaggio di fase.

Il valore della temperatura d'ebollizione riveste un ruolo rilevante nel processo, poiché la potenza termica ceduta alla soluzione dipende dalla differenza fra la temperatura del vapore riscaldante e la temperatura d'ebollizione della soluzione stessa, in virtù dell'equazione di scambio termico.

Tale risultato è ottenuto nella pratica industriale abbassando la pressione del recipiente all'interno del quale si trova il succo da concentrare: è noto, infatti, che ad un abbassamento della pressione corrisponde una diminuzione della temperatura di ebollizione.

La temperatura di ebollizione è poi regolata dalla concentrazione dei soluti e dal battente idrostatico. All'aumentare della concentrazione del soluto si ha il fenomeno dell'innalzamento ebullioscopico, ovvero un aumento del punto di ebollizione; pertanto nel corso del processo evaporativo, variando la concentrazione della soluzione, aumenta la temperatura e di conseguenza cambiano le condizioni di scambio termico. Inoltre, in una data massa liquida, la pressione varia con la distanza dal pelo libero, essendo la risultante della pressione esistente sulla superficie libera e di quella dovuta al battente idrostatico (prodotto del peso specifico del liquido per la profondità); questo si traduce ancora una volta in una variazione di temperatura di ebollizione e delle condizioni di scambio termico. Molti prodotti alimentari non possono essere considerati soluzioni pure ed hanno un comportamento non-newtoniano (spesso pseudoplastico); la loro viscosità apparente (consistenza) può essere modificata variando la temperatura di evaporazione e aumentando la velocità di agitazione. Per il succo di pomodoro la consistenza è strettamente correlata con la concentrazione ed il grado di polimerizzazione delle sostanze pectiche.

La velocità di circolazione del liquido sulla superficie riscaldata in alcuni evaporatori è determinata dalle correnti convettive naturali provocate dai gradienti termici che si creano nella massa durante il riscaldamento; è possibile esaltare la capacità delle correnti convettive di produrre il flusso del liquido mediante un'ideale progettazione dello scambiatore. Generalmente negli impianti per la concentrazione dei prodotti alimentari sono impiegate pompe, raschiatori ed altri dispositivi per provocare elevate velocità di flusso.

Un problema che si incontra spesso nell'evaporazione è la formazione di depositi sulla superficie riscaldata che, aggiungendo un'ulteriore resistenza termica, abbassa in maniera preoccupante la velocità di trasmissione del calore, il che rende necessario frequenti pulizie delle superfici degli evaporatori per evitare surriscaldamenti locali. Il fenomeno, comunemente indicato con il termine *fouling* (sporcamento), è causato dall'adesione alla parete delle sostanze che per denaturazione o degradazione si separano durante il riscaldamento.

Il controllo ed automazione degli evaporatori ed il buon funzionamento di un evaporatore sono prima di tutto legati alla progettazione dell'impianto, all'accuratezza della realizzazione e alla scelta dei materiali e degli accessori (pompe di circolazione, pompe e condensatori per il vuoto e per l'estrazione dei vapori e gas incondensabili, sistemi di distribuzione del fluido riscaldante, di alimentazione del succo e di estrazione del concentrato), ma è anche necessario che un impianto ben progettato e ben realizzato possa essere condotto in maniera altrettanto valida. Per questo assumono una grande importanza i sistemi di controllo e di automazione.

Un controllo molto delicato è quello della regolazione del grado di concentrazione del prodotto finito. I risvolti di un buono o di un cattivo funzionamento del relativo strumento di misura (rifrattometro) sono di tipo qualitativo-produttivo (uniformità della produzione) ed economico.

Il sistema più classico prevede che la pompa di circolazione dello stadio finitore invii un'aliquota di prodotto ad un rifrattometro continuo tarato fra due valori di massima e minima: i due valori comandano un'elettrovalvola pneumatica di apertura e chiusura e la relativa pompa di estrazione del prodotto concentrato.

L'interesse maggiore verso ulteriori apparati di controllo è attualmente rivolto all'inserimento di sistemi di gestione complessivi, regolati da microprocessori capaci di immagazzinare tutti i dati operativi e di fornire immediatamente adeguate risposte ad ogni anomalia di funzionamento.



Fig. 14.13 - Evaporatore D.F.F. Venus (CFT Spa).

14.4.10. Teoria e tecnica dell'evaporazione

Il riscaldamento del prodotto avviene sotto vuoto con temperatura tale da evaporare l'acqua ($T_{eb} < 100^{\circ}\text{C}$), al fine di garantire un trattamento termico meno aggressivo sul prodotto.

I fattori di criticità sono rappresentati da:

- Viscosità del prodotto
- Il trattamento termico subito dal pomodoro

Si verificano inoltre i due seguenti fenomeni fisici:

- Si verifica l'evaporazione quando la tensione di vapore del liquido (p_v) supera il valore della pressione esterna (p)
- Se non si ha sorgente esterna di calore, l'evaporazione avviene a spese del calore sensibile del liquido

Condizioni necessarie per un'evaporazione continua sono:

- Disponibilità di sorgente esterna di calore
- Distruzione continua dell'equilibrio (allontanamento del vapore che si forma)

La somministrazione di calore può avvenire:

- Mediante fluido termovettore (vapore);
- Vapore rimosso dalla superficie del liquido bollente.

È da tenere presente che bisogna evitare un processo violento che comporta la formazione di schiuma. Può verificarsi il fenomeno dell'innalzamento ebulloscopico: aumento della T di ebollizione a causa della pressione di un soluto.

La *produttività dell'evaporatore* è definita come il prodotto della quantità di solvente separato (kg) per la quantità di calore trasferita.

Valori elevati di produttività comportano minori costi di impianto e di esercizio.

Sono necessari 2.257 kJ (r) per evaporare 1 kg H_2O a 100°C

La produttività aumenta se:

- La Temperatura di esercizio (T) aumenta;
- La durata dell'operazione (t) aumenta.

Le proprietà organolettiche degradano se T e t aumentano. Per quanto riguarda appunto il danno termico si hanno le seguenti modificazioni chimico enzimatiche del prodotto durante il processo di evaporazione:

- Modificazioni del colore;
- Distruzione di sostanze termolabili (vitamine);
- Effetto cottura (sapore);
- Perdita aroma (recuperabile con distillazione - $C\uparrow$).

Il danno termico α è funzione del tempo di permanenza; esso aumenta se T aumenta. Compromesso: basse T per t lunghi (LTLT).

Importanza della T di parete:

- Mantenere ridotto ΔT tra fluido vettore e fluido riscaldato
- Evaporazione al di sotto della P atmosferica (sottovuoto)
- Utilizzo del condensatore barometrico

Concentrazione soluto \uparrow temperatura ebollizione solvente \uparrow (natura del soluto).

Vapore trasporta goccioline di soluto.

- Fenomeno \uparrow se:
 - Viscosità \uparrow
 - Velocità di sviluppo del vapore \uparrow
- Fenomeno \downarrow se:
 - \downarrow l'evaporazione per unità di superficie di specchio bollente

Si ha formazione di schiume, se:

- Elevata viscosità
- Elevata velocità di evaporazione
- Caso di evaporazione a pressione ridotta
- Fenomeno \downarrow se:
 - \downarrow l'evaporazione per unità di superficie di specchio bollente

L'elevata viscosità porta a:

- Ridurre la circolazione del fluido
- Abbassare il coefficiente di scambio termico
- N.B la viscosità \uparrow se la concentrazione \uparrow (attenzione nei processi successivi).

Presenza di battente idrostatico:

- Liquido in fondo pressione superiore (temperatura di evaporazione \uparrow).

Bilanci di massa e energia

Usati negli evaporatori per calcolare:

- Il grado di concentrazione
- Lo sfruttamento energetico
- I tempi del processo

Per il calcolo dei bilanci si fa riferimento al grafico sottostante:

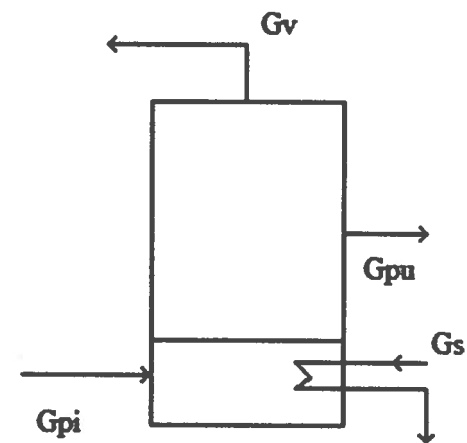


Fig. 14.14 - Grafico per il calcolo dei bilanci.

Nomenclatura:

- G_{p_i} : la portata in massa dell'alimento entrante
- x_i : la frazione solida dell'alimento entrante
- G_{p_u} : la portata in massa del concentrato estratto
- x_u : la frazione solida del concentrato
- G_v : la portata in massa del vapore prodotto
- G_s : la portata in massa del vapore condensante

N.B. la concentrazione dei prodotti vegetali e della frutta viene espressa in Gradi Brix, dove 1° Brix = 1 g di sostanza solida in 100 g di soluzione. Questo, come descritto in precedenza, si valuta mediante rifrattometri che indicano la percentuale di saccarosio disciolto.

La massa entrante nell'evaporatore equivale a $m_{\text{conc}} + m_{\text{vapore}}$ rimossi

Bilancio di massa per frazione liquida:

$$G_{p_i} \cdot (1 - x_i) = G_{p_u} \cdot (1 - x_u) + G_v$$

Bilancio di massa per la frazione solida:

$$G_{p_u} \cdot x_u = G_{p_i} \cdot x_i$$

Bilancio di massa totale:

$$G_{p_i} = G_{p_u} + G_v$$

14.4.11. Tipologie degli impianti di concentrazione

Negli anni l'evoluzione tecnologica ha portato allo sviluppo di diverse tipologie di impianti di concentrazione adatti per realizzare diversi tipi di prodotti finiti e di capacità produttive variabili.

Discontinui

- Batch evaporator (aperto o chiuso)

Continui

- Circolazione naturale
 - Film ascendente;
 - Film discendente;
 - Film ascendente/discendente.
- Circolazione forzata
 - Evaporatori a film sottile;
 - Evaporatori con calandria;
 - Evaporatori con calandria a più effetti;
 - A ricompressione termica del vapore;
 - A ricompressione meccanica del vapore.

Gli impianti discontinui (bolle) sono ormai poco utilizzati, ma trovano applicazione in contesti artigianali dove si producono ancora derivati del pomodoro, sughi e salse. Non verranno trattati in questo testo e per maggiori approfondimenti si rimanda ai numerosi studi disponibili e a testi specialistici.

Impianti a film ascendente

Sono impianti per alimenti a viscosità bassa o molto bassa

Il fluido alimentare sale dal basso verso l'alto grazie ai vapori generati con lo scambio termico

- $\Delta T = 10^\circ\text{C}$
- Tempo di residenza: 3 - 4 min.
- Lunghezza tubi: 8 - 15 m

Impianti a film discendente

Liquidi a viscosità media. Il liquido scende per gravità.

- $\Delta T =$ anche $1 - 2^\circ\text{C}$
- Tempi di residenza: 30 - 40 s
- Lunghezza tubi: 6 - 12 m

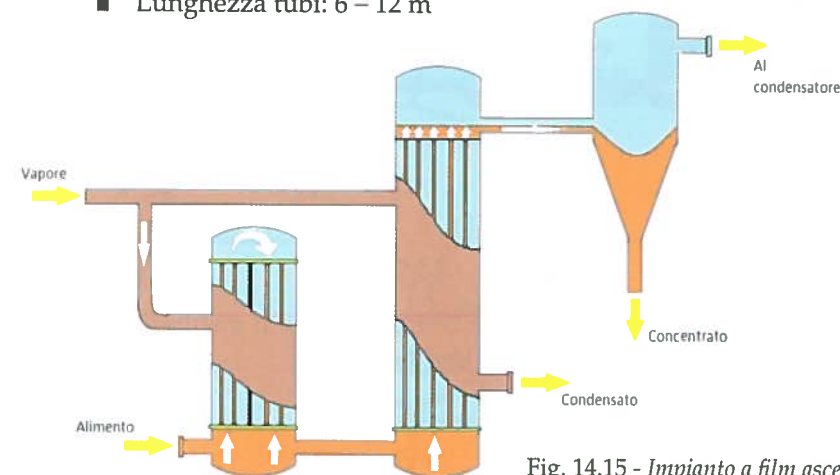


Fig. 14.15 - Impianto a film ascendente.

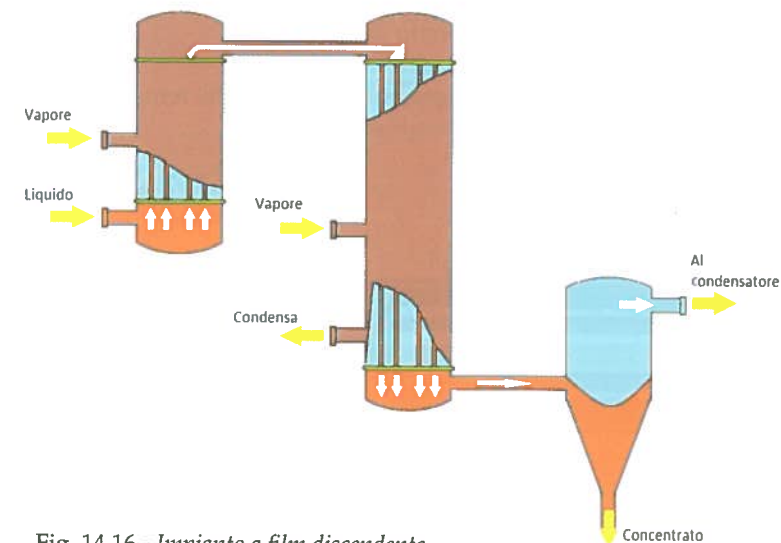


Fig. 14.16 - Impianto a film discendente.

Impianti a film ascendente/discendente

- Combinano i due impianti precedenti;
- Comportano i limiti del film ascendente, ma ottimizzano gli spazi.

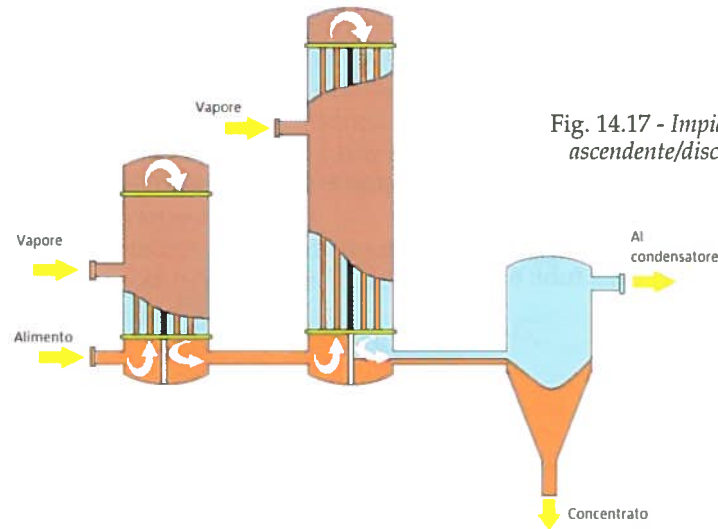


Fig. 14.17 - Impianto a film ascendente/discendente.

Evaporatori a film sottile turbolento

Questi evaporatori sono adatti per concentrazione o distillazione di alimenti termosensibili, viscosi o ad elevato fouling.

Prestazioni:

- Tempi di residenza di alcuni secondi;
- Garanzia di evaporazione rapida (singola passata);
- Nessun limite imposto dalla viscosità del prodotto;
- Evita cottura e formazione di placche di prodotto;
- Eccellente rimescolamento del prodotto;
- Adatto anche ad applicazioni pericolose;
- Può operare a basse pressioni (1 mbar) e alte temperature (fino a 350°C).

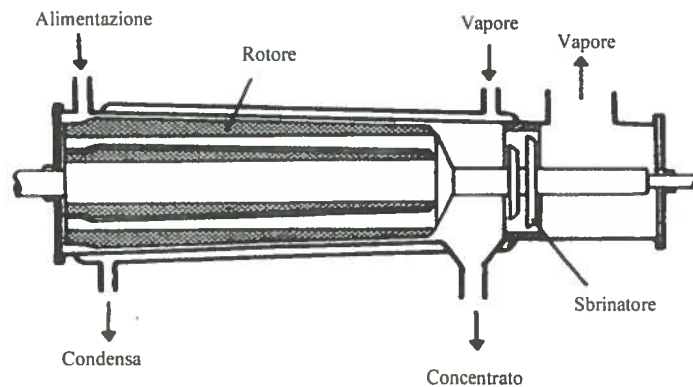


Fig. 14.18 - Lo Short Path Evaporator (SPE).

Lo Short Path Evaporator (SPE) può operare in condizioni di vuoto molto spinto (0,001 mmHg) e temperature ambiente (utilizzo per prodotti molto pregiati e termosensibili, industria cosmetica/farmaceutica e distillazione molecolare).

Evaporatori con calandria esterna

- Apertura per fuoriuscita del vapore nel separatore (mantenimento vuoto): evaporazione flash;
- Pompa centrifuga per il ricircolo;
- Scambiatore di calore a fascio tubiero;
- Condensatore a miscela;
- Sistemi a circolazione forzata (elevati valori di viscosità del prodotto).

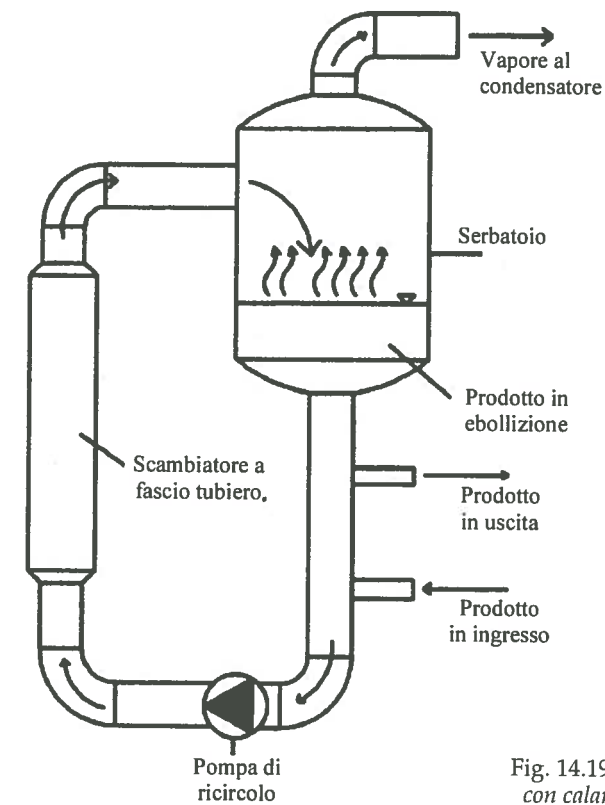


Fig. 14.19 - Evaporatore con calandria esterna.

Evaporatori con calandria a più effetti

Serve molta energia per evaporare l'acqua dal prodotto (2.257 J per 1 kg di acqua evaporata a 100°C). Per operare in economia si ricorre quindi a:

- Preriscaldamento;
- Evaporatori a multiplo effetto:
 - Più effetti collegati, il vapore in uscita da un effetto viene utilizzato per il riscaldamento dell'effetto successivo;

Consumo specifico tenuto conto anche degli ausiliari							
Tipo di evaporatore	(a) kg di vapor vivo per ton. Acqua evaporata		(b) kWh per ton. Acqua evaporata			(a) + (b) energia totale MJ per ton. Acqua evaporata	
	1 effetto	1200	1300		20		3170
2 effetti	630	670		10		1610	1710
3 effetti	400	450	3		7	1000	1160
4 effetti	300	320	3		7	760	820
5 effetti	240	260	3		7	610	670
1 effetto con CMV	0	20	13		25	60	140
2 effetti con CMV	0	20	11		25	50	140
3 effetti con CMV	0	20	11		25	50	140

Equivalenza 1 kg di vapor vivo = 2,5 MJ; 1 kWh = 3,6 MJ

Tab. 14.II - Risparmio energetico (fonte Enel Distribuzione) con effetti multipli e CMV (ricompressione meccanica del vapore).

- Ricompressione del vapore:
 - Termica (attraverso apporto di calore);
 - Meccanica (compressore radiale).

La tab. 14.II indica il risparmio energetico (fonte Enel Distribuzione) con effetti multipli e CMV (ricompressione meccanica del vapore).

Esempi di impianti a ricompressione meccanica del vapore

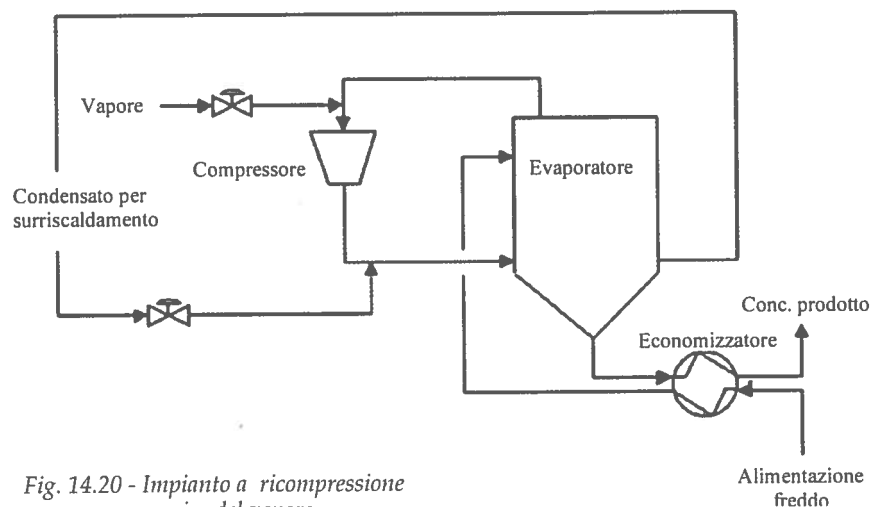


Fig. 14.20 - Impianto a ricompressione meccanica del vapore.

Esempi di impianti a ricompressione termica del vapore

Impianto Pellacini

Caratteristiche e prestazioni:

- Impianto in controcorrente mista
- 3 effetti
- Evaporazione sempre con $p < p_{atm}$
- Temperature:
 - Primo effetto 80-82°C
 - Secondo effetto 60-62°C
 - Terzo effetto 42°C
- Condensatore semibarometrico ($p < p_{atm}$)

Ogni effetto:

- Circolazione discendente del prodotto e separazione del vapore nel ciclone separatore;
- Elevata vel di evaporazione ($S\uparrow$);
- Circolazione forzata ($Q\uparrow$);
- Aspirazione continua del succo e estrazione a concentrazione costante;
- Economia di vapore (+ effetti).

Impianto Manzini

Caratteristiche e prestazioni:

- Unità a circolazione ascendente:
 - Valvola di laminazione prima del ciclone separatore;
- Impianto in controcorrente pura;
- Prodotto entra nel terzo effetto;
- Pompe a motore elettrico:
 - Possibile pompa tra 3° e 2° effetto.

Impianto a multiplo effetto (CFT)

Caratteristiche e prestazioni:

- By-passando le condotte del vapore del primo effetto è possibile il funzionamento dell'impianto a 1, 2, 3 effetti;
- Circolazione forzata con turbine a vapore che fanno funzionare le pompe;
- Fascio tubiero:
 - Sopra la camera di evaporazione,
 - Serie di tubi di diametro ridotto,
 - Prodotto in uscita cade a cilindri;
- Elevato rapporto S/Vol;
- Max effetto evaporazione;
- Fascio vaporizzatore in leggera sovrappressione:
 - Esplosione per vapore di flash,
 - Aumento dell'effetto evaporante;
- A parità di resa si lavora con Temperature inferi

Tecnologie
d'avanguardia
brevettate

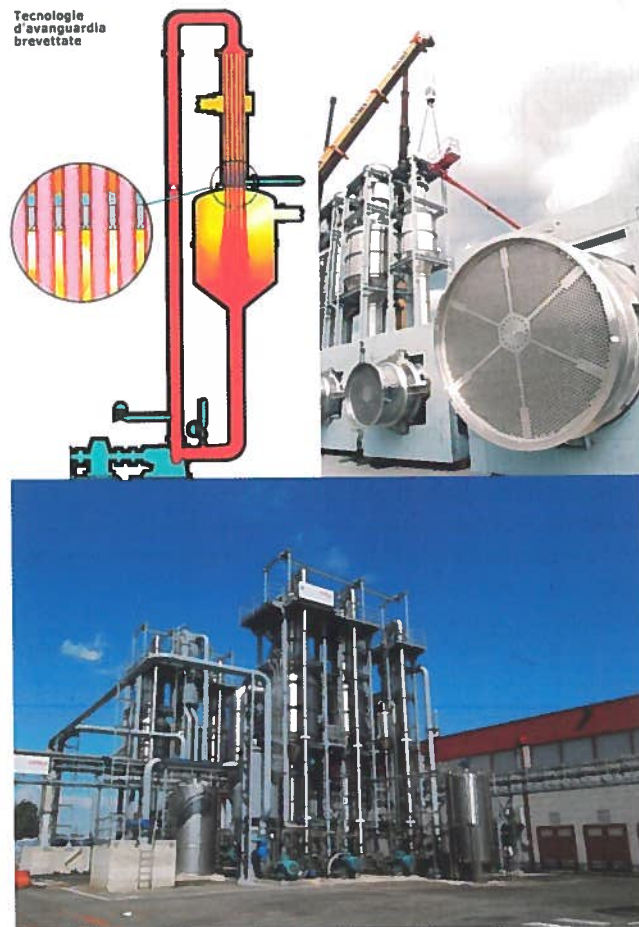


Fig. 14.21 - Impianto a multiplo effetto (CFT Spa).

14.5. LE OPERAZIONI DI CONFEZIONAMENTO

Come esposto in precedenza nelle figure 14.6 e 14.7, al variare della tipologia di prodotto realizzato variano anche le operazioni di confezionamento al quale questo è sottoposto. Si riportano ora di seguito per le distinte tipologie di prodotti finiti le più comuni tecnologie per il loro confezionamento. Per i prodotti che non sono stati triturati e non hanno subito le operazioni precedentemente esposte verrà fornito anche un dettaglio sul processo produttivo.

14.5.1. La produzione e il confezionamento della polpa

Il pomodoro selezionato, ulteriormente lavato con acqua, è inviato alla scottatrice dove la presenza di vapore diretto sui pomodori e la bassa pressione determinano il distacco della pelle dalla polpa. Attraverso un apposi-

to sistema di valvole a tenuta si permette l'ingresso in continuo dei pomodori alla scottatrice; una pompa da vuoto dedicata mantiene le condizioni di depressione all'interno della macchina. Lo stadio successivo è costituito dalla *pelatura*: i pomodori scottati passano su un tappeto a rulli dentati (dove i rulli, a coppie, hanno movimento convergente) che tolgono la pelle dalla polpa. I pomodori sbucciati sono sottoposti a cernita manuale per l'eliminazione di quelli che presentano problemi sotto pelle. Lo scarto generato nella fase di pelatura e di cernita manuale, così come quello prodotto nelle successive fasi di lavorazione (polpatura, separazione delle parti nere e verdi), è inviato alla cisterna di accumulo che alimenta la linea per la produzione del concentrato. Dopo la selezione manuale, i pomodori sono inviati alle polpatrici dove si realizza prima la centrifugazione del prodotto in setacci forati per eliminare residui di buccia e semi, poi l'estrusione della polpa attraverso una griglia di specifiche dimensioni (selezionate sulla base della finezza che si vuole realizzare per la polpa). Nell'estrusore i pomodori sono schiacciati contro la griglia ad opera di un tampone in gomma. La polpa da questo stadio viene veicolata alle fasi successive tramite un sistema di pompe aventi caratteristiche tali da evitare danneggiamenti al prodotto e il controllo ottico eseguito individualmente e quindi separato, con sistema di valvole aspiranti, i pezzi con imperfezioni (macchie verdi o nere).

L'aspirazione è garantita dal funzionamento di due pompe da vuoto a servizio delle selezionatrici ottiche a telecamera. La polpa è inviata ad un serbatoio, che può essere dotato di sistema di agitazione, dal quale, in un secondo tempo, passa al trattamento termico; costituito da una prima fase stabilizzante di riscaldamento del prodotto, effettuato con acqua calda proveniente da un surriscaldatore a vapore connesso all'impianto, una fase intermedia di sosta termica e da un'ultima fase di raffreddamento ad acqua, per abbassare la temperatura della polpa fino a circa 95°C. Il trattamento termico si effettua con un sistema a fasci tubieri dove nei tubi circola la polpa e al loro esterno circola invece l'elemento riscaldante o raffreddante. Il prodotto è quindi pronto per il *confezionamento in scatola in banda stagnata litografata* e non. Le scatole, prima del riempimento, sono sanificate con vapore quindi arrivano all'impianto di riempimento "hot filling": qui la polpa viene fatta scendere all'interno delle scatole, segue la chiusura con coperchio ed infine un'aggraffatura. Sulle scatole viene poi apposto il codice riportante l'indicazione del lotto, dell'orario di produzione e la data di scadenza. Per garantire una maggiore sicurezza della stabilità del prodotto confezionato, le scatole possono essere capovolte in un ribaltatore automatico in modo da effettuare un trattamento termico dei coperchi attraverso il calore della polpa stessa. Le scatole vengono quindi lavate, per asportare eventuali residui di pomodoro presenti sulle pareti esterne, e pesate per separare le confezioni non conformi per peso (il contenuto delle quali viene rimosso in produzione).

Le confezionatrici in questo caso devono essere fatte in modo da non rovinare la polpa durante il riempimento del barattolo, quindi particolarmente adatte a tale scopo si dimostrano essere le riempitrici volumetriche a pistone verticali o rotative



Fig. 14.22 - Riempitrice a pistoni verticale (Zanichelli Meccanica Spa).

Le aggraffatrici sono macchine sempre rotative poste spesso in blocco con le riempitrici. Le moderne aggraffatrici sono macchine con piastre motorizzate di elevata capacità produttiva, garantendo garanzia di igiene, affidabilità e pressione costante di saldatura. I dispositivi di lubrificazione sono pensati per mantenere gli intervalli di manutenzione al minimo. Composto da due sistemi separati:

1. il primo è un sistema olio a circuito chiuso per impedire la fuoriuscita del lubrificante completo di un sistema di eliminazione della condensa.
2. il secondo è un sistema di grasso che è anche centralizzato e automatico. Queste cuciture sono costruite interamente in acciaio inox AISI 304, ad eccezione della testa superiore (che è un bagno d'olio), essendo fabbricata in acciaio al carbonio. Ciò garantisce la massima resistenza alla corrosione dei componenti e alla contaminazione del prodotto recuperato.

Tali macchine sono dotate di protezioni di sicurezza, come richiesto dalla normativa, le protezioni esterne consentono inoltre il recupero del prodotto all'interno della macchina per il trasferimento a un collettore. I rulli stagni consentono la pulizia a pressione della zona di cucitura senza la penetrazione di liquido. Durante la fase di lavorazione, è possibile escludere i secondi rulli di comando per controllare con precisione la prima operazione. La variazione della velocità di funzionamento è ottenuta mediante il controllo della frequenza di alimentazione elettrica da parte dell'inverter.

Il prodotto confezionato subisce quindi una sosta termica, per circa 10 minuti a 95°C, in un tunnel al cui interno si ha un'atmosfera satura di vapore. In uscita dal tunnel si ha la possibilità di accumulare un certo quantitativo di scatole nel caso in cui le operazioni a valle (raffreddamento e confezionamento) siano ferme per qualche guasto; ciò garantisce di poter continuare per un certo lasso di tempo la produzione a monte. Le scatole sottoposte a sosta termica entrano in un raffreddatore ad acqua (che può essere ad esempio a quattro stadi) e prima di essere impilate in bancali per la fase di quarantena all'interno del magazzino per il prodotto finito, sono asciugate con aria. La preparazione dei pallet di prodotto finito, con strati successivi di scatole separati tra loro da interfalde in cartone, si effettua in apposita macchina utilizzata anche per la pallettizzazione finale. Dopo la quarantena si procede con la depallettizzazione delle scatole per il controllo del vuoto (con scarto delle confezioni che hanno perso il vuoto), etichettatura per le scatole non litografate, incartonamento (posizionamento su vassoi di cartone avvolti con film termoretraibile in forno elettrico), stampaggio del codice ed infine pallettizzazione.



Fig. 14.23 - Sistema di aggraffatura del fondello multitesta (Zanichelli Meccanica Spa).

La produzione della *polpa confezionata in bag-in-box* segue le stesse fasi di lavorazione della polpa fino alla vasca polmone. Dalla vasca polmone il prodotto viene inviato allo stadio di preriscaldamento, ad una successiva sterilizzazione e sosta termica e ad un riempimento asettico in sacchetti di poliaccoppiato plastico, alluminato all'esterno per proteggere il prodotto dalla luce. I sacchetti possono passare poi alla linea di inscatolamento dove si effettua prima una formatura in automatico delle scatole esterne dette "scatoloni", poi il loro riempimento con i sacchetti, quindi la chiusura con nastro (in macchina nastratrice) e infine la pallettizzazione. Alternativo a questo processo è quello del riempimento di fusti metallici da 200 kg con all'interno il sacco flessibile alluminato descritto in precedenza. Questo processo può avvenire in asettico grazie alla

pre-sterilizzazione dei sacchi e avendo cura di avere una barriera a vapore che circonda il bocchello del sacco durante il riempimento. Il prodotto dovrà arrivare ovviamente in condizioni di sovrappressione nelle tubazioni e con raccordi saldati o giuntati con sistemi idonei per l'asettico. Entrambe le tipologie di riempimento genericamente lavorano "a peso", escludendo la tara del sacco e del fusto durante il riempimento.



Fig. 14.24 - Riempitrice a singola testa per riempimento in asettico di bag in fusti (Zanichelli Meccanica Spa).

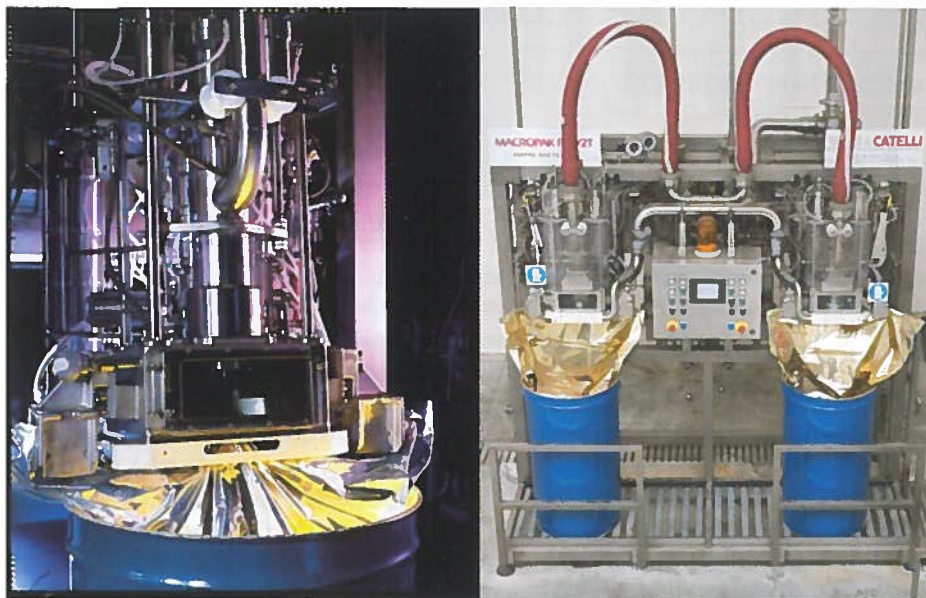


Fig. 14.25 - Riempitrice a doppia testa per riempimento in asettico di bag in fusti (CFT Spa).

14.5.2. Il confezionamento dei sughi

La produzione dei sughi segue gli stessi stadi di lavorazione della polpa fino al trattamento termico. Da questo punto la polpa viene immessa, insieme agli altri ingredienti, nelle bacinelle di miscelazione e cottura. Il prodotto ottenuto è quindi pronto per il confezionamento in molti casi in scatola in banda stagnata, segue aggraffatura, lavaggio e codifica, quindi sosta termica di pastorizzazione e raffreddamento con pioggia d'acqua. Ultima fase è la realizzazione dei pallet prodotto finito, invio alla quarantena e confezionamento finale (per il quale si può utilizzare la stessa linea della polpa). Il confezionamento dei sughi può avvenire in molti casi anche in vasi di vetro, cui segue una tappatura con capsule metalliche realizzate appositamente per flettersi nel momento della creazione del vuoto all'interno del contenitore. A seguito del riempimento che avviene a caldo e della successiva tappatura, dopo un possibile capovolgimento del contenitore, il contenitore finale viene infatti raffreddato consentendo all'aria contenuta all'interno di abbassare la propria temperatura e quindi il suo volume a fronte di un aumento di densità. Questo fenomeno meno rilevante nei liquidi o nei solidi ritenuti incompressibili è invece rilevante negli aeriformi e viene sfruttato anche come garanzia della inalterabilità del prodotto nel punto vendita. Tali chiusure infatti non posseggono un anello di garanzia come nei tappi a vite in HDPE per contenitori polimerici (PET ad esempio), ma garantiscono la loro non alterazione grazie al ritorno del metallo in posizione originale a seguito dell'apertura della confezione. Se questo non avviene, è indice di una precedente apertura a temperatura ambiente con seguente perdita dell'ipobarometria e conseguente possibile alterazione del prodotto.

Le riempitrici per sugo si differenziano poco da quelle per polpa nel caso di confezionamento in contenitori metallici, mentre per vetro possono coesistere tipologie di riempimento volumetriche a pistoni o sistemi a celle di carico. Prove sono state fatte anche con sistemi a flussimetri elettromagnetici, ma la loro diffusione è assai limitata.

Per questa tipologia di prodotto è invece diffuso soprattutto per i paesi del nord Europa un confezionamento in packaging flessibile (cartoncino poliaccoppiato). Il confezionamento può avvenire o grazie a cartoncini preformati, sterilizzati, riempiti e saldati in condizioni asettiche (e.g. SIG Combibloc), sia utilizzando tecnologie Form Fill Seal (FFS) sempre in asettico (e.g. Tetrabrik Aseptic della Tetrapak). Questi contenitori vengono poi solitamente inseriti in vassoi e fardellati con film termoretraibile, per poi essere pallettizzati e spediti verso i clienti. La differenza tra le due tecnologie sta nell'arrivo del packaging iniziale, in quanto le tecnologie FFS partono da bobina che viene poi saldata longitudinalmente a formare un tubo all'interno del quale viene versato il prodotto che si appoggerà poi sulla saldatura trasversale. Il passaggio poi attraverso le ganasce del sistema con tempistiche predefinite garantisce poi il rispetto di un preciso volume del contenitore che esce da questa fase sotto forma di busta a cuscino. Vengono poi solitamente piegati i lembi per arrivare a formare un formato con base rettangolare.

Il sistema che parte invece da contenitore preformato prevede l'arrivo nello stabilimento alimentare di vassoi contenenti contenitori già nella ta-

glia prevista piegati e saldati longitudinalmente e inseriti in pallet multistrato. Questi cartoncini vengono presi da un mandrino che li porta prima in una stazione dove avviene la saldatura del fondo poi li inserisce in alveoli che conducono il contenitore aperto solo superiormente verso la zona di sterilizzazione (solitamente ad acqua ossigenata vaporizzata) e poi di riempimento. Il riempimento in questo caso può avvenire anche per fasi inserendo prima una parte con pezzi di piccole dimensioni poi nella successiva fase il liquido di governo.

14.5.3. Il confezionamento del concentrato

Il pomodoro lavato, destinato alla produzione del concentrato, è sottoposto alla triturazione quindi inviato alla cisterna di stoccaggio, e successivamente all'impianto di inattivazione enzimatica.

Qui come descritto in precedenza si può eseguire una scottatura del pomodoro sotto vuoto, tramite ad esempio sistema di riscaldamento a fascio tubiero, per bloccare più o meno pesantemente, a seconda delle caratteristiche di consistenza volute per il prodotto, l'attività degli enzimi.

Lo stadio successivo di raffinazione consiste nella separazione di semi e bucce tramite una centrifugazione del prodotto in un cilindro forato, (centrifuga a setaccio) da cui esce solo la polpa tritata e il succo. Il prodotto raffinato, viene inviato ai serbatoi di accumulo da cui poi passa allo stadio di concentrazione. La concentrazione del succo di pomodoro si può eseguire con i sistemi descritti in precedenza.

Il concentrato è infine sottoposto ad un trattamento termico stabilizzante e ad un successivo raffreddamento. Queste due fasi possono essere realizzate nello stesso impianto a fascio tubiero (triplo tubo): nel tubo centrale circola il prodotto, mentre nel tubo interno e nel tubo esterno circola l'elemento riscaldante (acqua calda riscaldata tramite vapore) o raffreddante (acqua fredda).

Nella prima parte dell'impianto, dove i tubi sono coibentati, si ha uno scambio di calore dal vapore al concentrato che deve essere riscaldato, mentre nella seconda parte si ha un flusso inverso di calore, dal concentrato caldo verso acqua. L'acqua usata per lo stadio di raffreddamento è inviata alle torri evaporative.

Il prodotto che ha subito il trattamento termico può essere confezionato per grandi confezioni in sacchi di materiale poliaccoppiato contenuti in fusti. Il riempimento avviene come detto in precedenza in ambiente asettico, e i tappi sono preventivamente disinfettati. I fusti pieni sono collocati su pallet e quindi lasciati in quarantena per 14 giorni, in modo da verificare l'eventuale sviluppo di forme di degradazione del prodotto e poter così eliminare le confezioni degradate. Lo stoccaggio dei fusti e la fasciatura manuale dei pallet di prodotto finito, con film di polietilene, si effettua solo al momento della spedizione. Questi fusti possono rappresentare oltre che singole unità di vendita per altre aziende alimentari, anche una sorta di semilavorato da quale procedere per l'ottenimento di prodotto di diversa natura dopo la campagna del pomodoro. Questa rilavorazione consente di spalmare la produzione di pro-

dotti finito su un periodo temporale più esteso di quello della campagna del pomodoro, potendo inoltre scegliere successivamente la tipologia di contenitore finale e di etichetta richiesti in quel momento dal mercato.

Tipologia importante invece di confezionamento primario per concentrato è rappresentato da tubetti in alluminio. Questi vengono riempiti dal fondo (che poi viene ripiegato e aggraffato) tramite riempitrici a pistoncini che lavorano a caldo. La lavorazione a caldo consente di ridurre la viscosità del prodotto aiutando nella discesa e nel distacco di prodotto così concentrato.

14.5.4. Lavorazione e confezionamento di vegetali in pezzi e solidi in liquido di governo

Le due specifiche categorie tecnologiche di prodotto che sono lavorate si differenziano tra loro per la sequenza di lavorazioni cui sono sottoposte:

Prodotti a riempimento separato: tutti i prodotti che contengono particolato di grosse dimensioni vengono immessi nelle scatole direttamente dopo il pretrattamento e si ha successivamente l'aggiunta del liquido di governo. Dopo la chiusura delle scatole si effettua il trattamento termico necessario, durante il quale si realizza anche un rimescolamento del prodotto.

Rientrano in questo gruppo di prodotti i vegetali di grandi dimensioni gli antipasti, i contorni, e i prodotti ricettati non dosabili.

Prodotti a riempimento intero: per i prodotti che contengono particolato di piccole dimensioni il riempimento delle scatole avviene dopo la fase di cottura (in bacinella), durante la quale si ha la miscelazione delle materie prime con gli altri ingredienti. Successivamente all'inscatolamento si ha il trattamento termico idoneo alle caratteristiche del prodotto. Appartengono a questa categoria tecnologica i sughi, i funghi e gli altri prodotti dosabili.

Descrizione delle fasi di lavorazione per tali produzioni:

Ricevimento materie prime: la carne e i prodotti ittici sono stoccati in celle a -20°C, i prodotti vegetali, lattiero-caseari sono stoccati in celle a 0°C, gli aromi, additivi, olio e aceto in magazzino a temperatura ambiente.

Lavaggio e dissalazione: per alcuni prodotti è necessario effettuare un lavaggio preliminare alla lavorazione, operazione effettuata in lavatrici a rimontaggio, ossia lavatrici caratterizzate da un notevole gorgogliamento di acqua. Il lavaggio avviene in discontinuo. Per i funghi è necessaria la dissalazione, cioè un'immersione prolungata del prodotto in acqua, poiché trasportati e stoccati, ai fini della conservazione, fino al momento della lavorazione in salamoia.

Miscelazione a caldo: è la fase di miscelazione cottura del prodotto all'interno di appositi impianti, denominati bacinelle. Nella preparazione dei prodotti a riempimento separato è la fase di preparazione del liquido di governo.

Riempimento o colmatura: l'immissione dei prodotti a riempimento intero può essere effettuato riempitrici piston filler ad ampie zone di passaggio o nei casi di vegetali di grandi dimensioni attraverso riempitrici telescopiche, mentre il liquido di governo tramite colmatrici che, al fine di facilitare la penetrazione

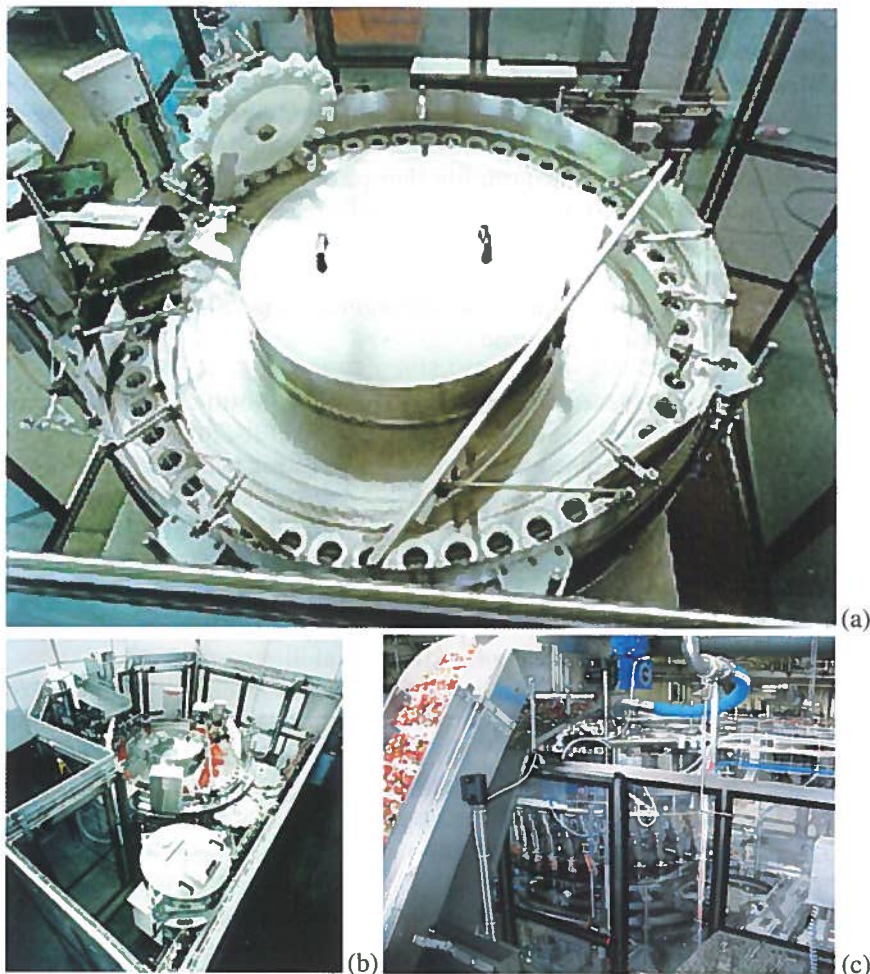


Fig. 14.26 - Riempitrici semitelescopiche (a) telescopiche (b) o telescopiche a coni vibranti (c) (Zanichelli Meccanica Spa).

del liquido tra il particolato, creano il vuoto nella scatola prima del riempimento. Oltre al confezionamento più comune in scatole di banda stagnata, spesso nello stesso reparto si può avere anche una specifica linea dedicata al confezionamento in imballaggio flessibile.

Disaerazione: per evitare che si generino fenomeni di ossidazione del prodotto confezionato è necessario eliminare, prima della chiusura delle confezioni, l'ossigeno presente nello spazio di testa e nelle bolle interstiziali all'interno del prodotto. Questa operazione è effettuata all'interno di un tunnel di vapore nel quale l'ossigeno viene integralmente sostituito da vapore acqueo.

Aggraffatura: la chiusura avviene mediante aggraffaggio delle scatole ad opera di una macchina posta a valle del tunnel di disaerazione.

Lavaggio scatole: le scatole aggraffate devono essere sottoposte a lavaggio, con acqua e detersivi, per rimuovere eventuali residui di prodotto che possono aver sporcato le confezioni durante il riempimento. La sgrassatura e la successiva asciugatura con getto di aria serve anche per garantire la buona riuscita dell'apposizione del codice. Sulle scatole asciugate si effettua l'apposizione del codice, necessario per la rintracciabilità del prodotto, mediante sistema di timbratura ink-jet o altro sistema.

Trattamento termico: a seconda delle caratteristiche di pH del prodotto si realizza un trattamento termico spinto (sterilizzazione in autoclave per prodotti con $\text{pH} > 4,5$ considerati prodotti non acidi) o blando (pastorizzazione per prodotti a $\text{pH} < 4,5$ considerati prodotti acidi). Nelle autoclavi si effettua una sterilizzazione in discontinuo sotto pressione a temperature superiori ai 120°C e le scatole sono immerse in acqua calda che fornisce il calore necessario.

Per i prodotti confezionati in scatole di banda stagnata si ha una movimentazione "end over end", ossia una rotazione fondo superiore-fondo inferiore. Nei pastorizzatori si realizza una lavorazione continua a pressione ambiente e le scatole sono sottoposte ad una pioggia di acqua calda che fornisce il calore necessario. I prodotti subiscono nel loro percorso una rotazione assiale.

Raffreddamento: questa fase, effettuata con acqua a temperatura inferiore a quella impiegata per il trattamento termico stabilizzante, avviene all'interno delle stesse apparecchiature in cui si effettua il precedente trattamento termico. Nelle autoclavi le scatole sono immerse nell'acqua di raffreddamento mentre nei pastorizzatori si usa un sistema a pioggia. Al termine di questa fase le scatole si asciugano naturalmente per evaporazione. L'acqua di questo raffreddamento prima dell'uso viene sanificata: nel reparto vi è una vasca di clorazione con apposito bacino di contenimento.

Quarantena: le scatole sono deposte sui bancali. I vari strati di scatole sono separati da una interfalda di cartone. Non viene fatta alcuna fasciatura con film plastico dei bancali. La quarantena ha durata diversa a seconda delle caratteristiche del prodotto.

Dopo la quarantena, prima del completamento del confezionamento, viene verificata la tenuta del vuoto in modo da individuare eventuali degradazioni del prodotto. Le confezioni che hanno perso il vuoto vengono scartate.

Le scatole utilizzate nel reparto sono tutte da etichettare (non si utilizzano infatti scatole litografate). Dopo l'etichettatura vengono formati vassoi chiusi con film termoretraibile.

Ultimamente (dal 2007) tecnologie di confezionamento in cartoncino poliaccoppiato si stanno diffondendo anche per prodotti vegetali con ampia pezzatura, ma in questo caso le dimensioni dei pezzi implicano un confezionamento non in asettico e un successivo passaggio in autoclave (e.g. Tetrarecart o Combisafe). La produzione di prodotti in imballaggio flessibile avviene in una linea dedicata.

14.6. BIBLIOGRAFIA

- Agraria.org, agricoltura – zootecnica – ambiente; sito disponibile a <http://www.rivistadiagraria.org/>; ultimo accesso il 15/06/2017.
- Agricoltura e pesca regione emilia-romagna; sito disponibile a <http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/>; ultimo accesso il 15/06/2017.
- Almaverde bio; sito disponibile a <http://www.almaverdebio.it/it>; ultimo accesso il 14/06/2017.
- De Brevans J., Les conserves alimentaires. Paris, Ed. Librairie J.B. Baillièrre et fils, 1906.
- Emanuele F., Industria delle conserve. Milano, Hoepli, 1944.
- Guerra L., Romagnoli G., Vignali G. Extraction of Golden Delicious apple puree: Experimental comparison of three different methods. *Journal of food engineering* 110 (2), 169-174.
- Hui Y. H., Ghazala Sue, M. Graham Dee, Murrell K.D., Wai-Kit Nip. 2003. *Handbook of Vegetable Preservation and Processing* CRC Press.
- Industria conserve. 1971. pubblicazione ufficiale della Stazione sperimentale per l'industria delle conserve alimentari in Parma, Volume 46.
- Leoni Carlo, 1993. I Derivati industriali del pomodoro, Stazione Sperimentale per l'Industria delle Conserve Alimentari, 1993.
- Leoni Carlo. La conservazione degli alimenti fra storia e cronaca disponibile al sito: www.museidelcibo.it/allegato.asp?ID=118139.
- Manaresi A., Metodi di conservazione di frutta e ortaggi. Casalemonferrato, Ed. F.lli Marescalchi, 1922.
- Maraval M., Ma pratique des conserves de fruits et legumes. Paris, Ed. Librairie agricole de la Maison Rustique, 1911.
- Musei del cibo della Provincia di Parma, 2011.
- Musei del cibo; sito disponibile a <http://www.museidelcibo.it/default.asp>; ultimo accesso il 16/06/2017.
- Pomodoro: l'oro rosso di Parma fra storia e tecnologia : itinerario dal prodotto al museo al territorio, per giovani viaggiatori curiosi.
- Rolet A., Les conserves de fruits, Serie Encyclopédie agricole. Paris, Ed. Librairie J.B. Baillièrre et fils, 1920 (2^a ed.).
- Storia del pomodoro Portanapoli, disponibile al sito: http://www.portanapoli.com/Ita/Cucina/ga_pomodoro.html, accesso il 19 giugno 2017.
- TermoEnergetica e Condizionamento Ambientale; sito disponibile a <http://www.ditec.unige.it/>; ultimo accesso il 16/06/2017.
- WA Gould. 1992. *Tomato Production, Processing and Technology* 3rd Edition. Woodhead Publishing.

*Chi non carneggia non festeggia,
ma badi ben che la miglior carne è quella vicino all'osso.*

Detto Popolare

Capitolo quindicesimo

PRODOTTI CARNEI E CONSERVE ANIMALI: IL PROSCIUTTO

15.1. IL PROSCIUTTO: NOTIZIE GENERALI

Con il termine prosciutto viene generalmente indicato un prodotto alimentare derivato dalla coscia del maiale. L'alimento, già noto agli antichi Romani, era chiamato "perexsuctum" ovvero "prosciugato", dal fenomeno causato della stagionatura della carne che, oltre ad arricchirsi di una percentuale di sale, perde molta acqua ed in questo modo si asciuga.

Il prosciutto viene distinto in crudo e cotto, quest'ultimo si ottiene dalle cosce disossate, salate e successivamente cotte.

Nel seguito verranno analizzati soltanto il processo produttivo dei prosciutti crudi, perciò il termine prosciutto nelle pagine successive indicherà sempre questo prodotto. La definizione data dalla direttiva 98/34/CE all'art 10, Capo 2 del termine Prosciutto Crudo Stagionato è la seguente: *la denominazione generica "prosciutto crudo stagionato" è usata per il prodotto di carne stagionato, non affumicato, ottenuto da cosce suine mediante la tecnica tradizionale, basata su salagione a secco e stagionatura a temperatura controllata. La materia prima carnea è costituita dalla coscia intera del maiale, comprendente la base ossea rimanente dopo la rimozione del castelletto.*

Per la produzione del prosciutto crudo stagionato le cosce devono avere un ridotto spessore del grasso di copertura, grasso esterno di colore bianco, un moderato spessore del grasso di copertura e una limitata percentuale di grasso intramuscolare. Invece, le cotenne devono avere un colore chiaro, non mostrare segni evidenti di venature e anche di macchie emorragiche. Non è consentito l'utilizzo di cosce di scrofe e di carni pallide soffici e ricche di essudato (PSE) e scure, dure e disidratate (DFD), cosce aventi anomalie (rifilatura irregolare, frattura delle ossa esterne e/o interne, presenza del castelletto e assenza anchetta).

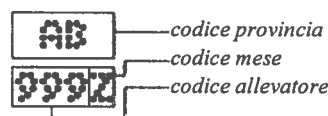
È possibile utilizzare cosce congelate e singolarmente confezionate all'origine, ma non è consentito la commercializzazione di prodotti interni con osso sottoposti a congelamento sotto il nome di prosciutto di prosciutto crudo stagionato o con altri termini analoghi.

15.2. IL PROSCIUTTO DI PARMA

Il prosciutto di Parma è un prodotto a Denominazione di Origine Protetta (DOP). Il marchio DOP, designa un prodotto originario di un luogo determinato, le cui caratteristiche sono principalmente o unicamente dovute all'ambiente geo-

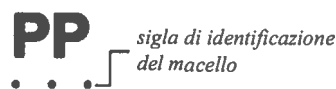
grafico, offrendo garanzie su diversi livelli del processo produttivo: origine, provenienza, le materie prime, localizzazione e tradizionalità del processo. Per ottenere il prosciutto di Parma è necessario che l'intera lavorazione avvenga in un'area molto limitata che comprende il territorio della provincia di Parma posto a sud della via Emilia a distanza di almeno 5 km da questa, fino a un'altitudine di 900 m, delimitato e a ovest dal torrente Stirione a est dal fiume Enza. Quest'area permette di avere le condizioni climatiche ideali per ottenere un prodotto di elevata qualità.

Tracciabilità. Su ciascuna coscia dell'animale da macello l'allevatore deve apporre un timbro, descritto nel disciplinare: "Il timbro riproduce il codice alfa-numerico attribuito all'allevatore ed è apposto su entrambe le cosce dei suini accompagnati dalla certificazione di cui al presente disciplinare di produzione. Il timbro è comunque apposto in modo da risultare indelebile ed inamovibile anche post mortem e deve avvenire sulla porzione laterale della coscia con una superficie d'ingombro non superiore a 45 mm (altezza) per 85 mm (base), evitando la sovrapposizione con il timbro di cui sopra."



Oltre a questo, sempre l'allevatore è tenuto a rilasciare un attestato in cui dichiara la conformità dei suini ai parametri del disciplinare di produzione.

All'atto della macellazione, sempre l'allevatore sottoscrive un documento, in triplice copia, attestante la qualità del suino mandato al macello. Benché debbano seguire delle indicazioni generali questi documenti variano da macello a macello e sono disciplinati dal piano di controllo approvato. A questo punto il macello deve inoltrare domanda, con tutta la documentazione pregressa e di idoneità sanitaria, al Consorzio del Prosciutto di Parma per avere il riconoscimento del prodotto e potere poi procedere con la macellazione allo scopo di ottenere un prodotto DOP. L'organismo abilitato provvede ad apporre il timbro del macello, con alcune peculiari caratteristiche riportate, comunque, nel disciplinare di produzione, quali: "Sulle cosce fresche destinate alla preparazione del prosciutto di Parma il macellatore è tenuto alla apposizione del timbro indelebile, impresso a fuoco sulla cotenna, in modo ben visibile secondo le direttive impartite dall'organismo abilitato". Il timbro riproduce il codice di identificazione del macello presso il quale è avvenuta la macellazione.



All'interno dello stabilimento, poi, un incaricato controlla tutta la documentazione ed i timbri a seguito della coscia ed accerta che tutti i parametri raccomandati, come l'assenza di refrigerazione in tutte le precedenti fasi di lavorazione, siano stati rispettati. Appone quindi, quando comincia la prima salagione, un particolare sigillo; operazione, questa, descritta sempre all'interno del disciplinare

come: "L'apposizione del sigillo è effettuata a cura del produttore, comunque prima della salagione, in modo da rimanere visibile permanentemente. Il sigillo riporta l'indicazione del mese e dell'anno di inizio della lavorazione; tale data equivale alla data di produzione ai sensi delle leggi vigenti in materia di vigilanza sanitaria sulle carni. L'incaricato dell'organismo abilitato vieta l'apposizione del sigillo: a) sulle cosce ritenute non idonee alla produzione protetta; b) sulle cosce non accompagnate dalla prescritta documentazione e/o prive dei timbri dell'allevamento e/o del macello; c) sulle cosce che risultino ricavate da suini macellati da meno di 24 ore o da oltre 120 ore. Qualora circostanze pregiudizievoli vengano accertate successivamente, il sigillo eventualmente già apposto è rimosso a cura degli incaricati dell'organismo abilitato, che redigono apposito verbale".



Assieme a questo si redige anche un documento cartaceo per ogni singola coscia, come un verbale, contenente le stesse indicazioni indicate per l'apposizione del marchio e, inoltre, le principali caratteristiche del lotto di produzione al quale appartiene la coscia (peso e numero di cosce presenti nel lotto alla partenza e che sono certificate alla fine). Questo documento viene prodotto in duplice copia: una rimane allo stabilimento e l'altra viene trasmessa all'organismo abilitato e può essere usata, in caso di contestazione, da ulteriori ispettori. Gli estremi dell'operazione vengono ulteriormente raccolti in un apposito registro. Comunque, lungo tutta la produzione, possono essere fatti controlli dall'organismo incaricato per vedere la conformità con le caratteristiche di processo degli oggetti in lavorazione e delle operazioni e, dopo avere fatto esaminare, sempre agli organi dedicati, specifiche caratteristiche del prodotto, fino al 5 per mille di un lotto o frazioni concordate con la ditta, valutando le caratteristiche nel loro complesso ed ammettendo solo lievissime deficienze in alcuni ambiti, come quelle organolettiche (attraverso la spillatura con osso di cavallo in 4 punti) ed estetiche. Analizzano, poi, tutta la documentazione, per verificare la conformità delle modalità di lavorazione, il rispetto dei limiti merceologici indicati nella scheda di prodotto e di permanenza entro l'optimum dei parametri analitici. Infine, se non insorgono controversie legate a queste analisi, appongono il contrassegno di qualità in più punti della cotenna, al fine di restare sempre visibile per tutta l'utilizzazione del prodotto. Questo è il simbolo della corona ducale a 5 punte e con base ovale in cui è inserita la scritta PARMA. Al di sotto di questa viene messa una sigla che identifica la ditta presso cui viene fatta la marchiatura e che viene assemblata al momento dell'apposizione del timbro dall'organismo incaricato (sempre il Consorzio, secondo il disciplinare) che è l'unico detentore legale dei timbri.



Non solo, ma oltre a questa certificazione ne va compilata anche un'altra in forma cartacea e descritta dal disciplinare come: "L'incaricato dell'organismo abilitato compila, per ogni operazione di apposizione del contrassegno, apposito verbale da cui risultino:

- a) il numero dei prosciutti presentati per l'apposizione del contrassegno;
- b) la data d'inizio della lavorazione;
- c) i riferimenti per l'individuazione del prodotto, riportati nello apposito registro;
- d) il numero complessivo dei prosciutti sui quali è apposto il contrassegno e la data delle relative operazioni;
- e) il numero dei prosciutti ritenuti inadatti alla produzione protetta;
- f) il numero dei prosciutti eventualmente oggetto di contestazione.

I prosciutti oggetto di contestazione sono custoditi, con le cautele necessarie e con l'apposizione di eventuali segni di identificazione per impedire la loro sostituzione e comunque la loro manomissione, a cura dell'organismo abilitato che li affida in custodia al produttore. Il produttore, al quale viene consegnata una copia del verbale, può farvi inserire sue osservazioni e chiedere, entro il termine di tre giorni, un nuovo esame tecnico con l'intervento della Stazione Sperimentale per l'industria delle conserve alimentari di Parma, con facoltà di nominare un proprio consulente".

15.2.1. Caratteristiche nutrizionali

Le cosce non devono contenere additivi e/o conservanti solitamente utilizzati per gli alimenti a base di carne. Qualitativamente presentano un alto contenuto di vitamine e sali minerali e proteine, rendendolo un prodotto adatto a tutti (anziani, bambini, sportivi) grazie alle sue proteine di elevata qualità. Pure la componente lipidica totale è di qualità, grazie all'elevato contenuto di acidi grassi insaturi (64,9%) come l'acido oleico (45,8%), un grasso che protegge dalle patologie cardiovascolari.

Il prodotto contribuisce al raggiungimento della dose giornaliera consigliata (RDA) di vitamine del gruppo B e fornisce una buona parte di minerali ad alta biodisponibilità. Si dimostra inoltre un valido alimento per contrastare e bloccare l'azione dei radicali liberi, principale causa di malattie degenerative e dell'invecchiamento.

Quest'indagine sui valori nutrizionali è stata svolta di concerto con l'Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN) e la Stazione Sperimentale per l'Industria delle Conserve Alimentari (SSICA).

In tab. 15.I sono riportati i valori tipici del prodotto.

Parametri nutrizionali in 100 g di prosciutto	Media	Deviazione standard
Acqua	61.3	1.1
Proteine	27	1
Lipidi	4.5	1.2
Sale	5.7	0.8
Valore energetico	148 Kcal / 619KJ	

Tab. 15.I - Parametri nutrizionali tipici del prosciutto di Parma.

15.2.2. Disciplinare di produzione della denominazione di origine protetta «Prosciutto di Parma»

La denominazione di origine "Prosciutto di Parma" è stata inizialmente giuridicamente protetta a livello nazionale dal 1970 attraverso la legge 4 luglio 1970 n° 506 ed è poi stata riconosciuta come DOP ai sensi del Regolamento CEE n. 2081/92 con Regolamento CE n. 1107 del 12.06.96. In sostanza le varie leggi, decreti e regolamenti emessi a riguardo del prosciutto di Parma regolano i seguenti aspetti (la documentazione completa è scaricabile dal sito del Consorzio):

- 1) descrizione del prodotto con indicazione delle materie prime e delle principali caratteristiche chimiche, fisiche, organolettiche ed microbiologiche;
- 2) delimitazione della zona geografica;
- 3) razze e requisiti dei suini destinati alla produzione di prosciutto di Parma;
- 4) alimentazione dei suini destinati alla produzione di prosciutto di Parma;
- 5) metodo di ottenimento del prosciutto;
- 6) riconoscimento dell'impresa produttrice e idoneità degli stabilimenti;
- 7) elementi comprovanti il legame con l'ambiente geografico;
- 8) elementi specifici della presentazione, identificazione ed etichettatura del prosciutto di parma.

15.3. IL PROSCIUTTO CRUDO STAGIONATO "MEC"

Accanto alla lavorazione del prosciutto tipico italiano certificato vi è una tipologia di prosciutti crudi definiti dagli addetti ai lavori "MEC", la cui produzione non è sottoposta ad alcun vincolo, né sotto il profilo dell'allevamento, né, sotto il profilo della preparazione del prodotto. Può venire prodotto a partire da cosce di suini provenienti da Paesi dell'UE al di fuori di quello italiano (Germania, Francia, Polonia, Olanda soprattutto) e senza limitazioni sul peso. Il ciclo di maturazione in prosciuttificio viene generalmente ridotto, dai 12/14 mesi del prosciutto tipico a 4/6 mesi.

Da un punto di vista industriale si evidenzia quindi la differenza dei costi, potendo commercializzare il prodotto dopo un ciclo di sei o di dodici mesi. La produzione nazionale dei prosciutti "MEC" si avvicina ai 10 milioni di pezzi /anno, cui vanno sommati prodotti simili importati già pronti al consumo da Francia, Belgio, ed ultimamente anche Spagna. Il totale di prosciutti generici, quindi, eguaglia quello dei prodotti tipici. Il costo del prodotto si attesta al dettaglio (grande distribuzione) intorno ai 1,5 €/etto per il MEC, contro i circa 2,5 €/etto di un prosciutto tipico¹. La produzione è volta a creare prosciutti di discreta qualità per mercati molto vasti, sia nazionali sia internazionali (che non potrebbero essere serviti interamente dai 9 milioni di cosce del consorzio) ed a prezzi contenuti. Sono qualitativamente molto simili agli altri e perciò possono subire anche tutte le ulteriori trasformazioni (es. disosso). Di seguito vengono

¹ Costi con riferimento all'anno 2016.

riportati alcuni esempi di classificazione merceologica per il prosciutto MEC, non marchiato:

- Prosciutto MEC con osso minore di 6 kg (in sigla "Pros MEC osso < 6 kg"): per "Pros MEC osso < 6 kg" si intende un prosciutto stagionato di provenienza Mercato della Comunità Europea con osso, che ha un peso inferiore a 6 kg. (Nota: la distinzione qui viene fatta in base al peso, difatti vengono contemplati prosciutti fino ad un peso di oltre 8 kg)
- Prosciutto MEC disossato mattonella (in sigla "Pros MEC disos mattonella"): per "Pros MEC disos mattonella" si intende un prosciutto stagionato di provenienza Mercato della Comunità Europea disossato mattonella per essere affettato.
- Prosciutto MEC disossato pelatello (in sigla "Pros MEC disos pelatello"): per "Pros MEC disos pelatello" si intende un prosciutto stagionato di provenienza Mercato della Comunità Europea disossato pelatello senza cotenna.
- Prosciutto MEC disossato addobbo/pressato (in sigla "Pros MEC disos add/pres"): per "Pros MEC disos add/pres" si intende un prosciutto stagionato di provenienza Mercato della Comunità Europea addobbo/pressato con la cotenna.

15.4. PROSCIUTTO CRUDO "NAZIONALE"

Il prosciutto nazionale è un prosciutto crudo con o senza zampetto, derivato da cosce prodotte sul territorio nazionale e dotato di certificazione sanitaria per il successivo consumo umano. Questo prosciutto, pur essendo lavorato con le operazioni tipiche di un prosciutto DOP, non risponde ai requisiti minimi di qualità, calo peso (di solito troppo alto, sul 20-30%), organolettici, estetici, di composizione (es. percentuale del grasso), di provenienza e lavorazione delle materie prime o di tempi/condizioni di stagionatura (di solito troppo lungo o con condizioni troppo severe), per ricevere la conseguente attestazione di qualità o che, comunque, non è mai stato sottoposto a tali indagini qualitative (in realtà qui il peso minimo è di 7 kg, come per il DOP, mentre il MEC può essere di 6 ed il limite minimo di stagionatura da 12 scende a 10 mesi). Di seguito vengono riportate le classificazioni merceologiche dei prosciutti crudi nazionali:

- Prosciutto Nazionale con osso 7-9 kg (in sigla "Pros NAZ osso 7-9 kg"): per "Pros NAZ osso 7-9 kg" si intende un prosciutto stagionato con osso di provenienza nazionale, che pesa tra i 7 ed i 9 kg. (Nota: anche qui si hanno distinzioni in base al peso del prosciutto, fino a oltre 11 kg).
- Prosciutto Nazionale disossato mattonella (in sigla "Pros NAZ disos mattonella"): per "Pros NAZ disos mattonella" si intende un prosciutto stagionato di provenienza nazionale disossato mattonella per essere affettato.
- Prosciutto Nazionale disossato pelatello (in sigla "Pros NAZ disos pelatello"): per "Pros NAZ disos pelatello" si intende un prosciutto stagionato di provenienza nazionale disossato pelatello senza cotenna.
- Prosciutto Nazionale disossato addobbo/pressato (in sigla "Pros NAZ disos add/pres"): per "Pros NAZ disos add/pres" si intende un prosciutto stagionato di provenienza nazionale disossato addobbo/pressato con la cotenna.

15.5. LE FASI DELLA PRODUZIONE

Il processo di produzione è il medesimo sia per il prosciutto di Parma DOP, sia per il prosciutto MEC e nazionale. Il prosciutto crudo prevede una stagionatura minima, completate le fasi di lavorazione preliminare, di almeno sei mesi. Per il prosciutto di Parma la stagionatura deve essere di almeno dodici mesi.

Prima di analizzare le fasi produttive, ci sono due operazioni molto importanti che si svolgono prima della lavorazione nello stabilimento:

Raffreddamento: in apposite celle di raffreddamento le cosce passano da 40 a 0 °C, questo per permettere una lavorazione migliore nelle fasi successive. Il prosciutto perde l'1% del proprio peso in questa fase.

Rifilatura: L'operazione di rifilatura consiste nell'asportare parte del grasso e della cotenna attribuendo al prodotto una forma tondeggiante a "coscia di pollo". La rifilatura viene eseguita per un duplice motivo, uno estetico e l'altro tecnico per favorire la salagione. Durante tale fase vengono esclusi quei prodotti che presentano delle anomalie o non conformità.

Si procede ora a descrivere le diverse fasi del ciclo produttivo. Come si è accennato in precedenza, le varie fasi sono praticamente uguali per tutti i prodotti, siano essi di provenienza estera, nazionale o dedicati per il prosciutto di Parma.



Fig 15.1 - Massaggiatrice/Spremitrice (Macchine Soncini Alberto Srl).

- 1) **Arrivo cosce.** Le cosce vengono ovviamente controllate e ricevono il marchio di conformità al carico. Successivamente dal camion, opportunamente refrigerato, sono scaricate lungo la *linea del primo sale*. Le cosce stagionate invece sono scaricate nel reparto disosso. Le cosce non vengono mai a contatto con l'ambiente esterno.
- 2) **Primo sale.** La coscia passa sotto una pressa a rulli; questa operazione serve a distendere la carne e a favorire l'assorbimento del sale. Successivamente viene coperta con uno strato di sale omogeneo la parte esposta della coscia. Terminata questa fase, con un robot per la movimentazione, la coscia viene posta sugli scaffali adatti al trasporto nelle celle frigorifere.
- 3) **Primo periodo di riposo.** Esso serve per favorire l'attività del sale: la coscia riposa per circa una settimana in particolari celle con un'atmosfera controllata. La temperatura si aggira tra 1 e 4 °C e con un'umidità dell'80% circa.
- 4) **Secondo sale.** Dopo aver rimosso i residui del primo riposo si procede ad una nuova salatura che avviene con modalità analoghe alle precedenti.

- 5) *Secondo periodo di riposo.* Un processo analogo al precedente, anche qui le condizioni atmosferiche nella sala del secondo sale sono controllate e simili alle precedenti, il periodo di tempo è di circa 15÷18 giorni. Al termine di queste fasi la perdita di peso è del 3,5÷4% circa.
- 6) *Pulitura del sale.* Con un getto d'acqua a temperatura elevata (74 °C) ed un successivo getto d'aria si rimuove la precedente salamoia. Il processo è energico per evitare appunto l'insecchimento del prodotto e per una certa azione battericida.
- 7) *Rinvenimento.* In questa fase, che dura tra i 60 e i 70 giorni, il prodotto è posto in apposite celle con una umidità del 75% circa a temperatura da 1 a 5 °C in cui viene fatto rinvenire, lo scopo è appunto migliorare la qualità del prodotto. In questa fase si ha un'ulteriore perdita di peso del prosciutto.
- 8) *Toelettatura.* Si rimuovono le parti antiestetiche che si sono formate in seguito alla perdita di peso del prodotto e che, essendo lontane dalla parte centrale, potrebbero favorire la formazione di muffe o funghi. Il processo è completamente manuale.
- 9) *Post riposo.* Il prosciutto subisce un'ulteriore periodo di riposo. In questa sala, però, la temperatura è più alta e l'umidità più contenuta, in modo da aumentare la temperatura della coscia senza sbalzi termici, che provocherebbero danni estetici, e permettere le ulteriori lavorazioni.
- 10) *Lavaggio a caldo.* Con un lavaggio con acqua a circa 70 °C le fibre del prosciutto si distendono per permettere la successiva ricezione della sugna. Si eliminano inoltre gli eccessi di sale e si migliora l'aspetto estetico del prodotto.
- 11) *Prestagionatura.* Per circa 3÷4 mesi, con lo scopo di favorire un'ulteriore perdita di umidità e migliorare il prodotto, in una cella con circa 14 °C e 60% di umidità, il prodotto subisce la fase di prestagionatura.
- 12) *Sugnatura.* La sugnatura è un'operazione manuale, che si effettua prima della stagionatura vera e propria, e consiste nel rivestire la parte magra del prosciutto con uno strato di sugna. Essa è un impasto di puro grasso suino con aggiunta di pepe, sale e talvolta farina. Svolge due importanti funzioni: è una barriera contro gli agenti esterni, specialmente insetti, evita il disseccamento della carne, mantenendola morbida. La sugna viene riscaldata a circa 40 °C per favorirne l'adesione. A seconda della necessità e delle ca-



Fig 15.2 - Presalatrice/Salatrice (Macchine Soncini Alberto Srl).

- ratteristiche del prodotto, è possibile ripetere questa fase anche più volte.
- 13) *Stagionatura.* Dopo circa 6÷7 mesi, il prodotto raggiunge le cantine per la stagionatura. In queste celle non vengono controllate temperature ed umidità ma soltanto l'aria, forzandone il moto dal basso verso l'alto (18÷20°C e 70% di umidità). Infatti, se le condizioni climatiche lo consentono, è possibile aprire le finestre per permettere una stagionatura naturale. Da un punto di vista biologico, in questa fase si verificano fenomeni di proteolisi e lipolisi (scissione delle proteine e dei lipidi), conferendo al prodotto i tipici sapori del prosciutto. La durata del processo è minimo sei mesi, però può essere prolungata ulteriormente per la produzione di gamma più elevata.
 - 14) *Sondaggio e Spedizione.* Terminata la stagionatura, il processo può considerarsi quasi concluso. L'ultima fase consiste nel sondaggio del prodotto, ovvero un controllo olfattivo del prodotto con la foratura della coscia per portare alla luce l'eventuale presenza di fermenti o processi metabolici indesiderati. Si usa un ago in osso di cavallo che ha la caratteristica di assorbire rapidamente per poi rilasciare in tempi brevi gli aromi del prodotto. Ovviamente questo è il sondaggio "finale", poiché durante la stagionatura sono stati effettuati altri controlli olfattivi e visivi per accertare che la qualità del prodotto sia quella desiderata. Dopo il sondaggio il prodotto viene posto in particolari termo-box per la spedizione oppure inviato al reparto disosso.

15.6. PROSCIUTTO DISOSSATO

- 1) *Disosso del prosciutto.* La coscia viene inizialmente separata dalla cotenna con una macchina detta "sgorbiatrice", che opera con una lama per esportare la cotenna senza eliminare la carne, successivamente viene effettuata una pulizia completa manuale. Un operatore infatti procede all'asportazione dell'osso e dei nervi.
- 2) *Pressatura e confezionamento.* Terminato il processo di disossatura, si ha la fase di pressatura del prosciutto. Questo viene pressato in apposite macchine per conferire la tipica forma "a chitarra" migliore dal punto di vista estetico, ma anche adatta alla successiva macchina di confezionamento che ha dimensioni standard. La carne invece destinata alle realizzazioni delle mattonelle viene opportunamente tagliata e preparata con operazioni simili a quelle viste in precedenza e pressata dall'alto e ai lati con pressioni che arrivano anche a 150 bar.

I prosciutti disossati possono classificarsi in:

- Prosciutto disossato *addobbo*: Il prosciutto stagionato viene dapprima disossato e pelato a coltello e, prima di essere confezionato sottovuoto, mediante una particolare macchina viene schiacciato, legato e graffiato per assumere la caratteristica forma a pera, simile a quella di una coscia fresca.
- Prosciutto disossato *mattonella*: Il prosciutto stagionato viene dapprima disossato e pulito a coltello in modo da eliminare tutte le parti di cotenna e nervi. La carne viene così pressata in uno stampo di forma quadrata e messa sottovuoto. La fetta, una volta tagliata, appare così squadrata e compatta, pronta per l'uso.

- Prosciutto disossato *pelatello*: Prosciutto disossato, senza gambetto, completamente pulito e privato di cotenna.
- Prosciutto disossato *fiocco*: Stessa lavorazione del prosciutto disossato "pelatello" con l'unica differenza che, prima di essere confezionato sottovuoto, viene ulteriormente suddiviso in due parti uguali in modo tale da dare una "fetta a metà".
- Prosciutto disossato *pressato*: Prosciutto privato di ossa interne, che prima di essere confezionato sottovuoto, viene pelato a coltello, cucito e pressato per assumere una forma più regolare.

15.6.1. Processo di produzione: disossatura

La fase di disosso è effettuata a stagionatura ultimata e consiste nell'asportare, per mezzo di apposite attrezzature, le parti ossee contenute nel prosciutto. Il prodotto così ottenuto, dopo essere stato ricomposto a mezzo cucitura, pressato e/o legato, viene confezionato sottovuoto e riposto in ambiente refrigerato. I prosciutti si presentano sotto forma "pressata" utilizzando stampi appositi o apparecchiature idonee oppure naturale (od "a pera") mantenendo la forma originale.

Le principali fasi vengono riassunte diagramma qualitativo che segue.

Diagramma di flusso (o qualitativo)

- 1) Ricevimento prosciutto
- 2) Stagionato con osso
- 3) Taglio gambetto e sgorbiatura
- 4) Pelatura
- 5) Rimozione osso
- 6) Selezione e rifilatura
- 7) Cucitura
- 8) Confezionamento sottovuoto
- 9) Scotennatura pressatura
- 10) Pressatura, graffatura e legatura
- 11) Formatura
- 12) Stoccaggio
- 13) Sottoprodotti
- 14) Imballi
- 15) Stoccaggio
- 16) Deposito imballi
- 17) Pressato mattonella addobbo
- 18) Refrigerazione
- 19) Stoccaggio deposito frigorifero
- 20) Confezionamento imballo secondario
- 21) Refrigerazione
- 22) Stoccaggio
- 23) Deposito
- 24) Spedizione prosciutto disossato



Fig. 15.3 - Cabina per il lavaggio prosciutto crudo (Macchine Soncini Alberto Srl).

Linea di produzione

Le attuali linee di disossatura sono composte dalle seguenti macchine:

- *Macchina per lavaggio*. Cabina di lavaggio AWM/CW. È una macchina automatica per il lavaggio di prodotti quali prosciutto crudo in fase di stagionatura e stagionato, appesi su guidovia o su carrelli a pavimento, e relative attrezzature di trasporto e stoccaggio (telai, bilancelle, bancali, carrelli a pavimento). Il lavaggio avviene utilizzando esclusivamente acqua pulita, in quanto si ritiene che con il ricircolo del fluido di processo, come comu-



Fig. 15.4 - Linea di lavaggio prosciutto crudo (Macchine Soncini Alberto Srl).

nemente avveniva nei modelli tradizionali, aumentino esponenzialmente i rischi di un eventuale inquinamento batterico del prodotto finito.

La macchina si distingue per la facile installazione, per la quale in genere è necessario solo lo scarico delle acque di lavaggio, e per lo scarso fabbisogno di manutenzione, in quanto sono stati eliminati i problemi legati ai filtri da sostituire e agli ugelli da smontare e ripulire periodicamente.

- *Linea di lavaggio a catenaria e sgocciolamento*. Nuova linea automatica per il lavaggio e lo sgocciolamento di prosciutto crudo stagionato in transito su apposita catenaria. Il lavaggio avviene utilizzando esclusivamente acqua pulita, in quanto si ritiene che con il ricircolo dell'acqua di lavaggio, come comunemente avveniva nei modelli tradizionali, aumentino esponenzialmente i rischi di un eventuale inquinamento batterico del prodotto finito.



Fig. 15.5 - Tagliascorbia (a) e Sgorbiatrice (b) (Macchine Soncini Alberto Srl).

La linea è in grado di lavorare in modo completamente automatico, con avanzamento passo-passo o in continuo, con ottimi risultati sul prodotto e costi di gestione contenuti. A differenza dei sistemi tradizionali, l'abbattimento dei tempi di permanenza a contatto con acqua calda consente di mantenere inalterato il prodotto da punto di vista fisico e organoleptico. Grazie al nuovo sistema di sgocciolamento, è possibile lavare il prosciutto e disossarlo subito dopo, senza ricorrere a celle dedicate alla fase di asciugamento.

- *Tagliascorbia*. Macchina semiautomatica che provvede al taglio del gambo del prosciutto, facilitando al contempo le operazioni di asportazione dell'anchetta e di sgorbiatura dell'osso femorale.

Questo tipo di macchina si distingue per l'affidabilità e la facile accessibilità di ogni singolo componente, resa possibile dalla compartimentazione del quadro elettrico e del gruppo pneumatico. Il taglio mediante lama circolare risulta inoltre affidabile in ogni condizione di lavoro.

- *Sgorbiatrice*. La macchina è costruita per effettuare in modo automatico la sgorbiatura della parte femorale dei prosciutti crudi stagionati. Essa è composta da un gruppo orbitante munito di due sgorbie contrapposte, montate su doppio pistone oscillante con relative guide, che puntano alla circonferenza della noce così da riuscire ad entrare nel prosciutto adattandovisi come se l'operazione avvenisse in modo manuale.



Fig. 15.6 - Coltello pelatore elettrico (Macchine Soncini Alberto Srl).

La macchina, nelle sue più recenti realizzazioni, si distingue per la compattezza, per l'elevata produttività raggiungibile e per la facile accessibilità di ogni singolo componente interno, con evidenti benefici sulla pulizia generale e durante gli interventi di manutenzione. Il prosciutto viene semplicemente posizionato dall'operatore nella stazione di carico (protetta da barriera fotoelettrica di sicurezza) in modo manuale. L'operazione di sgorbiatura avviene in modo completamente automatico, così come lo scarico del prodotto finito, posto lateralmente alla macchina.

- *Coltello pelatore elettrico*. Macchina realizzata per la pulitura superficiale e la pelatura di prosciutti crudi stagionati e altre tipologie di salumi. L'operatore posiziona il prodotto nell'apposita morsa rotante, con angolo posizionabile a piacere attraverso i pulsanti azionabili a ginocchio, ed esegue manualmente le lavorazioni sopra indicate. La macchina consente all'operatore di lavorare in sicurezza, garantendo un considerevole aumento di produzione ed una minimizzazione dello scarto (resa possibile dalla regolazione del coltello) rispetto ai sistemi tradizionali.
- *Disossatrice*. Disossatrice per sfilato. È una macchina semiautomatica a funzionamento pneumatico in grado di realizzare il cosiddetto sistema di disossatura "sfilato" del prosciutto crudo stagionato, soluzione qualitativamente



Fig. 15.7 - Disossatrice
(Macchine Soncini Alberto Srl).



Fig. 15.8 - Disossatrice per aperto
(Macchine Soncini Alberto Srl).

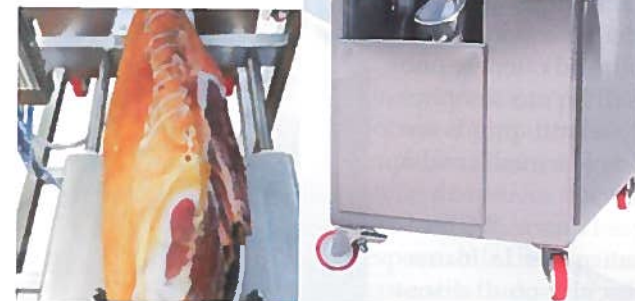
ed esteticamente ottimale. La macchina coniuga in pieno le esigenze di efficienza di lavorazione, sicurezza d'impiego ed altissima resa. L'operatore posiziona il prosciutto sull'apposita morsa pneumatica ed incide cotenna e carne senza alcuna fatica, aiutato nell'operazione dai braccetti divaricatori a forza variabile.

Infine l'osso viene automaticamente spinto verso l'alto mediante un apposito cilindro espulsore.

Anni di esperienza hanno permesso a questi tipi di macchina di raggiungere una grande affidabilità di funzionamento ed un alto grado di precisione durante la lavorazione. La particolare attenzione per l'ergonomia consente inoltre all'operatore di lavorare con una certa comodità e senza alcuna fatica.

- *Disossatrice per aperto.* Macchina semiautomatica a funzionamento pneumatico per la disossatura di prosciutti e altri prodotti simili, studiata per rendere un servizio utile all'operatore. Permette, integrando i suoi movimenti, di lavorare con massima sicurezza, minor fatica e minimo scarto. Viene utilizzata per la produzione di prosciutti disossati formato addobbo.
- *Cucitrice.* Macchina particolarmente adatta per effettuare in modo automatico l'operazione di cucitura del prosciutto crudo disossato con corda dop-

Fig. 15.9 - Cucitrice
(Macchine Soncini Alberto Srl).



pia ed incrociata, che conferisce al prodotto un aspetto di accurata lavorazione artigianale. L'operatore posiziona semplicemente il prosciutto "sfilato sul fianco" nell'apposita culla, che automaticamente sale verso il riscontro scannato comprimendo i due lembi della cotenna.

Il sistema (brevettato) a doppio ago avanza per tutta la lunghezza della parte tagliata e, nella fase di ritorno, provvede alla completa cucitura del prodotto. La culla scende e l'operatore può rimuovere il prosciutto lavorato e ripartire immediatamente con un nuovo ciclo produttivo.



Fig. 15.10 - Formatrice
(Macchine Soncini Alberto Srl).

La macchina è caratterizzata da un'elevata produttività e per la facile accessibilità di ogni singolo componente interno, con evidenti benefici sulla pulizia generale e durante gli interventi di manutenzione. Il contenuto innovativo introdotto rispetto alle precedenti versioni è finalizzato inoltre ad ottenere uno strumento di lavoro semplice e versatile, adatto quindi anche alle piccole e medie realtà produttive.

- **Formatrice.** Nuova Macchina automatica per la formatura di prosciutti crudi disossati nel tradizionale formato "addobbo". Completamente pneumatica, è in grado di lavorare in modo preciso ed affidabile le diverse pezzature, dal prodotto più piccolo a quello più grande, senza effettuare operazioni di cambio formato. Il cuore della macchina è costituito dal nuovo gruppo di formatura realizzato in acciaio inox (cilindri pneumatici compresi), completo di sistema per il massaggio del prodotto con ciclo di lavoro impostabile dall'operatore. Unica ed innovativa la possibilità di applicare i ganci in materiale plastico sul gambo comodamente sotto pressatura.



Fig. 15.11 - Pressa formato tradizionale (Macchine Soncini Alberto Srl).

- **Scotennatrice.** Macchina portatile per la scotennatura e pulitura dei prosciutti e altri salumi stagionati e freschi. La scotennatrice ha le seguenti caratteristiche: leggera e maneggevole, facilità d'uso, potente e resistente per un lavoro continuativo, scarto minimo di prodotto.
- **Pressa.** È una macchina automatica per la lavorazione di prosciutti crudi disossati nei diversi formati tradizionali. La pressatura viene effettuata per conferire forma, compattezza ed omogeneità al prodotto mediante un ciclo di massaggi (impostabile da tastiera operativa touch-screen) che favorisce la fuoriuscita dell'aria presente. La notevole pressione esercitata contribuisce a generare calore, responsabile della parziale fusione

dei grassi; per ovviare a questo inconveniente si introduce la refrigerazione interna, che consente di ridurre contemporaneamente il calo peso e l'inquinamento batterico del prodotto. La macchina è dotata di quattro stampi, realizzati in acciaio inox in modo da risultare facilmente smontabili nelle loro parti, al fine di favorirne le operazioni di cambio formato e di fine produzione. Il carico e lo scarico è manuale.

La macchina consente di ottenere, senza alcun tipo di sfrido da taglio, un prodotto con caratteristiche di forma assolutamente costanti, indipendentemente dal peso dello stesso. Gli stampi speciali sono personalizzabili secondo le esigenze del cliente, permettendo di seguire i gusti di un mercato in rapida evoluzione.

- **Pressa formato mattonella.** È una macchina automatica per la lavorazione di prosciutti crudi disossati e speck nel formato 'a mattonella'. La pressatura viene effettuata per conferire forma, compattezza ed omogeneità al prodotto mediante un ciclo di massaggi (impostabile da tastiera operativa touch-screen) che favorisce la fuoriuscita dell'aria presente. La notevole pressione esercitata contribuisce a generare calore, responsabile della parziale fusione dei grassi; per ovviare a questo inconveniente si introduce la refrigerazione in-



Fig. 15.12 - Pressa formato mattonella (Macchine Soncini Alberto Srl).

terna, che consente di ridurre contemporaneamente il calo peso e l'inquinamento batterico del prodotto. La macchina è dotata di 3 stampi, realizzati in acciaio inox in modo da risultare facilmente smontabili nelle loro parti, al fine di favorirne le operazioni di cambio formato e di fine produzione. La macchina consente di ottenere, senza alcun tipo di sfrido da taglio, un prodotto a sezione costante indipendentemente dal peso dello stesso, particolarmente adatto per essere inserito in linee di affettato altamente automatizzate. Gli stampi speciali sono personalizzabili secondo le esigenze del cliente, permettendo di seguire i gusti di un mercato in rapida evoluzione.

15.7. IMPIANTI DI CONFEZIONAMENTO AFFETTATO

Da quanto precede, risulta chiaro che una linea per la produzione e confezionamento di pre-affettato potrebbe essere un buon investimento per l'azienda. Una linea per la produzione di questo tipo di prodotti è composta dalle seguenti macchine:

- 1) *Affettatrice*. È una macchina automatica completamente programmabile che consente l'affettamento ad alta velocità del prodotto.
- 2) *Termoformatrice e saldatrice per vaschette*. È una macchina automatica termoformatrice. A partire da un rotolo di materiale polimerico, la vaschetta viene termoformata in continuo; una volta che il prodotto vi è stato depositato, la macchina provvede alla chiusura con un altro film plastico.
- 3) *Caricatore automatico robotizzato*. Macchina robotizzata per caricare il prosciutto affettato nelle vaschette.
- 4) *Pesatrice*. Un nastro trasporta le vaschette sigillate ad una bilancia per la pesatura. Si passa successivamente ad un metal detector che segnala la presenza di eventuali corpi estranei.
- 5) *Etichettatrice*. Macchina automatica dotata di un dispenser di etichette adesive.

15.8. BIBLIOGRAFIA

- Bardi Carla 2003. Prosciutto Italian Pantry Collection Editore Wine Appreciation Guild, CONSIGLIO EUROPEO (2007), Regolamento (CE) N. 510/2006 del Consiglio del 20 marzo 2006 relativo alla protezione delle indicazioni geografiche e delle denominazioni d'origine dei prodotti agricoli e alimentari.
- Hui Y. H. 2012. Handbook of Meat and Meat Processing, Second Edition, CRC Press
- Macchine Soncini Alberto Srl, sito disponibile a: <http://www.soncini.it/>; ultimo accesso il 13/06/2017.
- Nollet Leo M.L., Toldra Fidel 2006. Advanced Technologies For Meat Processing, CRC Press
- Nollet Leo M.L., Toldra Fidel 2008. Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis, CRC Press
- Prosciutto di Parma Denominazione di Origine Protetta, Disciplinare Generale e Dossier di cui all'articolo 4 del Regolamento (CEE) n°2081/92 del Consiglio del 14 luglio 1992.
- REGOLAMENTO SPECIALE PROSCIUTTO CRUDO NON MARCHIATO. Adottato dalla Deputazione Nazionale con delibera n° 15 del 7 ottobre 2008. Aggiornato dalla Deputazione Nazionale con delibera n° 1 del 12 giugno 2014.
- Strata Andrea, 2004. Il prosciutto crudo di Parma: contenuti bromatologici e aspetti nutrizionali, ed. Consorzio del prosciutto di Parma.
- Van den Boom Robin, 1994. Parma Ham: Production, Normal Ham and Several Abnormalities

*Dopo un buon pranzo si può
perdonare a tutti, anche ai
propri parenti*
Oscar Wilde "Woman of no importance"

Capitolo sedicesimo

IMPIANTI DELL'INDUSTRIA MOLITORIA E CEREALICOLA

Prof. Ing. Roberto Montanari¹

16.1. INTRODUZIONE²

Questo capitolo illustra, in modo schematico, la composizione del molino e ne descrive alcuni dei principali processi che si effettuano in un impianto o complesso molitorio. Sono inoltre descritte, a grandi linee, le principali macchine necessarie ad eseguire tali processi. L'esposizione degli argomenti segue la logica della lavorazione del grano passando idealmente attraverso i principali reparti che costituiscono il molino, ovvero:

- Il silo grano,
- La pulitura,
- La macinazione,
- Il magazzino.

16.2. IL SILO GRANO

Il Silo Grano annesso al Molino ne costituisce il "magazzino" delle materie prime. I silo del molino sono costituiti da un certo numero di celle capaci di contenere una scorta di grano che assicuri circa 1÷2 mesi di lavorazione o quantitativi che dipendono dalle politiche di gestione del molino o da altri fattori esterni quali il tipo di approvvigionamento.

Il grano in arrivo viene pesato con apposite bilance automatiche, sottoposto a prepulitura e quindi introdotto nelle celle.

In questo paragrafo si esamineranno le diverse tipologie costruttive dei silo, i sistemi di ricevimento e di conservazione del grano.

¹ Ordinario di Impianti Industriali Meccanici e Presidente del corso di laurea Magistrale in Ingegneria degli Impianti e delle macchine dell'Industria Alimentare. Titolare dell'insegnamento di Impianti Industriali e Simulazione dei sistemi produttivi. Università di Parma.

² Un particolare ringraziamento si porge alla ditta OCRIM per gli apprezzati contributi innovativi riportati in questo capitolo e nello specifico l'Ing. Emanuele Bigna, Responsabile Ricerca e Sviluppo e il sig. Fabio Vuoto Responsabile, Ufficio Tecnico Impianti e Ufficio Tecnico Preventivi.

16.2.1. Tipi di sili

Esistono tre tipologie di sili:

- sili da ammasso: servono per immagazzinare i cereali durante i periodi di raccolta;
- sili portuali: servono per immagazzinare i cereali per caricare/scaricare le navi;
- sili per molini: servono per avere uno stoccaggio delle diverse qualità di grano allo scopo di effettuare le miscele opportune per i diversi tipi di farine.

16.2.2. Ricezione

La ricezione può avvenire:

- A. per nave
- B. per ferrovia
- C. con automezzi

A. Ricezione per nave

Si può a sua volta suddividere in tre categorie, a seconda della potenzialità di scarico.

Con bassa potenzialità (50-100 ton/h) è conveniente l'utilizzo di trasportatori mobili pneumatici del tipo TPM.

Con media potenzialità (100-300 ton/h) è conveniente l'uso di una torre pneumatica fissa o mobile, dipende dal tipo di navi da scaricare e dal tipo di porto.

L'inconveniente della torre fissa è che si rende indispensabile una manovra della nave per scaricare le diverse stive.

Con alta potenzialità (300-1000 ton/h) è pure conveniente, in numero proporzionalmente maggiore, l'uso di torri mobili pneumatiche.

Si può anche usare una sola torre meccanica con elevatori a tazze o con trasportatori verticali a catena; ma occorre tenere presente che, con questo sistema, un incidente meccanico arresta totalmente l'operazione di scarico, mentre con l'uso di più torri pneumatiche si riduce soltanto la potenzialità di scarico.

B. Ricezione per ferrovia

I vagoni ferroviari adibiti al trasporto dei cereali sono di due tipi: vagoni tramoggiati e vagoni con scarico ad apertura laterale.

Per la ricezione di un vagone del primo tipo l'impianto è composto da una tramoggia di raccolta capace di ricevere almeno la quantità di grano contenuta nel vagone (20-30 ton) e di un trasportatore a catena (della capacità di 50-60 ton/h) che collega la tramoggia di ricevimento con i sili.

Dove è possibile la tramoggia di raccolta è collegata direttamente ad un elevatore a tazze (della capacità di 50-60 ton/h),

Per evitare tempi morti durante lo spostamento dei vagoni è opportuno avere una tramoggia di raccolta della capacità di due o tre vagoni (cioè da 60-90 ton).

In tal caso la capacità di portata del trasportatore a catena o dell'elevatore

a tazze dovrebbe essere di almeno 100 ton/h.

Per lo scarico dei vagoni con apertura laterale il sistema migliore è quello con la tramoggia di ricevimento situata sotto le rotaie, perché il grano può essere scaricato per gravità. L'altro sistema è quello di avere la tramoggia di ricevimento posizionata longitudinalmente al vagone, e un sistema idraulico di sollevamento laterale del vagone verso la tramoggia.

C. Ricezione per automezzo

Per i veicoli adibiti al trasporto dei cereali illustriamo due sistemi di più comune impiego.

- Automezzo ribaltabile:

Per questo tipo di automezzo è indispensabile una tramoggia (della capacità min. di 30 ton) coperta da una griglia di acciaio dentro la quale l'automezzo scarica il grano.

- Automezzo non ribaltabile:

Con questo tipo di automezzo è necessaria una piattaforma ribalta-camion a sollevamento idraulico oppure ad aria.

La tramoggia di scarico, (della capacità di 30 ton) sarà collocata dietro o a fianco della Piattaforma

16.2.3. Trasporto del grano all'interno dei sili

Il trasporto orizzontale del grano si effettua con trasportatori a nastro oppure a catena, mentre il trasporto verticale si effettua con elevatori a tazze di grande portata. Per automatizzare le operazioni del trasporto del grano all'interno dei sili è necessario installare un quadro elettrico di comando, corredato di quadro sinottico o da video sinottico, per seguire le operazioni e il ciclo di lavoro prescelto.

Il quadro sinottico, o il video sinottico, tramite segnali e/o spie luminose indica le macchine in funzione e gli eventuali problemi meccanici/elettrici.

Per il travaso da cella a cella si utilizzano macchine di trasporto verticale e orizzontale, di prepulitura e di ventilazione o, talvolta, quelle per l'essiccazione del grano.

16.2.4. Il silo

Il silo serve per immagazzinare il grano per un periodo corrispondente alle esigenze.

La capacità totale e le dimensioni dipendono dalle scorte e dai tipi di grano da tenere, nonché dai fattori che possono alterare le caratteristiche organolettiche del grano, come l'umidità e la temperatura.

I silos possono essere di due tipi: orizzontali e verticali.

Il tipo più largamente usato è quello verticale perché rispecchia le esigenze tecnologiche, riduce il costo di esercizio e, in maniera sensibile, l'area richiesta rispetto alla capacità. Le celle che compongono un silo sono generalmente cilindriche oppure, meno frequentemente, quadrate, rettangolari o esagonali.

Il silo può essere in cemento armato o metallico: nelle località vicine al mare viene preferito il tipo in cemento armato, in quanto il tipo metallico è soggetto alla ruggine.

Differenza di isolamento tra sili metallici e di cemento

Il silo in cemento armato, per effetto dello spessore delle pareti, reagisce con ritardo agli sbalzi di temperatura.

Il grado di isolamento termico del silo in cemento è superiore rispetto a quello del silo metallico.

Non si può stabilire a priori se siano migliori tra i sili in cemento o quelli in lamiera: il problema deve essere analizzato di volta in volta, considerando, principalmente, la temperatura esterna e lo sbalzo termico giornaliero.

I principali vantaggi dei sili in lamiera sono:

- a. minor costo d'investimento,
- b. tempi di realizzazione molto brevi,
- c. possibilità di riutilizzo degli stessi.

I principali svantaggi sono:

- a. maggiori costi di manutenzione,
- b. minor ermeticità,
- c. minor inerzia termica (anche se, in alcuni casi, ciò può rappresentare un vantaggio).

16.2.5. Ventilazione nelle celle

Gli impianti di ventilazione nei sili possono lavorare in pressione (cioè soffiando aria dal basso delle celle) o in aspirazione (cioè aspirando aria dal basso delle celle).

Il sistema migliore si ritiene sia quello in aspirazione, in quanto, nel sistema in pressione, si hanno i seguenti inconvenienti:

- a. poiché normalmente la temperatura del cereale cresce dall'alto verso il

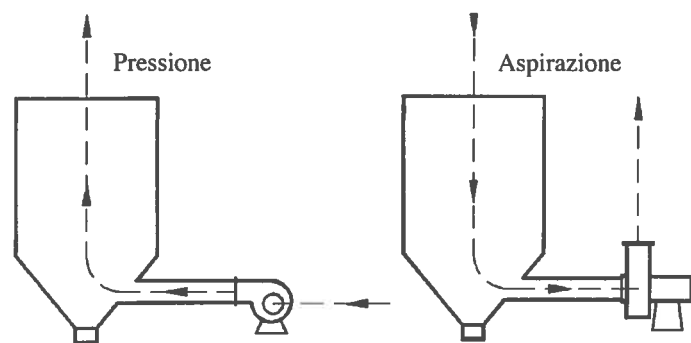


Fig. 16.1 - Impianti di ventilazione sili.

basso, l'aria calda e umida tende ad investire la parte del cereale che ha meno bisogno di areazione;

- b. possibilità di formazione di polveri e condensa nella parte superiore della cella;
- c. difficoltà di tenuta.

Conclusioni

La ventilazione viene normalmente utilizzata in:

- a. sili bassi, per diminuire i consumi energetici;
- b. sili ove il travaso del cereale non è possibile.

Si tratta pertanto di sili d'ammasso.

Nei sili verticali ove esiste la possibilità di travasare il grano e ove vi sono installate le macchine di prepulitura, è economicamente più conveniente travasare il cereale, quando è necessario, da una cella all'altra, o all'interno della stessa cella.

I risultati ottenuti nell'abbassamento della temperatura del grano con un travaso sono uguali, se non migliori, rispetto a quelli ottenuti con la ventilazione.

16.2.6. Gli essiccatoi nei sili

La maggior parte dei sili non possiede essiccatoi; però se si considera che l'umidità ottimale media dei cereali nell'insilamento è:

- grano 12 -13 %
- mais 14 -15%

si evidenzia il fatto che alcune volte questi potrebbero essere utili.

La tecnica di essiccamento più diffusa si articola su due fasi: nella prima, detta "fase calda", il cereale riscaldato trasuda verso la superficie esterna l'umidità contenuta nell'interno della cariosside; nella seconda, detta "fase fredda", una corrente d'aria assorbe l'acqua trasudata.

Poiché ogni cereale risente degli effetti dei forti riscaldamenti, si ha un limite nelle temperature dell'aria da impiegare.

Il normale ciclo tecnologico di essiccamento è il seguente:

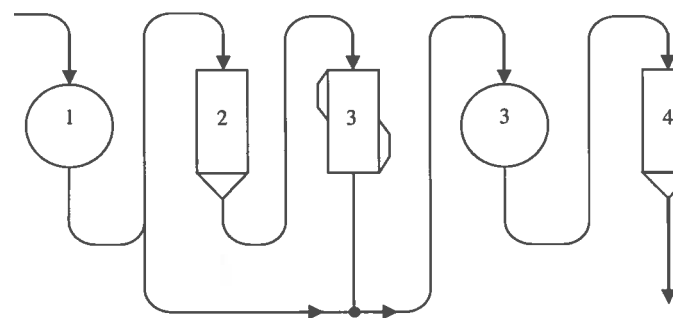


Fig. 16.2 - Ciclo di essiccamento dei cereali.
1) Prepulitura.
2) Preinsilaggio.
3) Essiccatoio.
4) Pulitura.
5) Insilaggio.

Dopo l'essiccamento e il successivo raffreddamento si deve avere la possibilità di ritorno all'essiccatoio, qualora l'operazione di essiccamento non abbia portato ai valori ottimali. Inoltre può, in casi eccezionali, esservi la necessità di essiccare il cereale più volte.

Ciò avviene quando il cereale è molto umido o quando le temperature di essiccamento devono essere molto basse (ad esempio per i grani da semina, la cui temperatura di essiccamento non deve superare i 45°C per non rovinare il germe)

16.2.7. Pre-pulitura del grano

Nel trattare questo argomento, sorge spontanea la domanda: perché è necessario un impianto di pulitura preliminare del grano prima dello stoccaggio?

La risposta a questa domanda è data dal fatto che quando il grano arriva al silo contiene ogni specie di sostanze estranee, es.: fili, paglie, pezzi di spago, legno, pietre, metalli, ecc., tutte sostanze o materiali che devono essere tolte prima che il cereale arrivi alla macinazione.

Non è necessario procedere alla rimozione completa delle sostanze estranee prima che il cereale sia inviato all'immagazzinamento, tuttavia è necessario, sia per la sua conservazione che per il perfetto funzionamento delle macchine operatrici delle sezioni successive, che la maggior parte di questi corpi estranei sia tolta.

Le partite di grano in entrata vengono pesate prima di procedere all'estrazione di qualsiasi impurità; pertanto il primo elemento essenziale nell'impianto di ricezione è una Bilancia pesatrice automatica.

Dopo il controllo del peso il cereale inizia il vero e proprio ciclo di lavorazione, definito in gergo "diagramma", passando attraverso il separatore magnetico, per la separazione dei materiali ferrosi e attraverso il separatore di grano per silo che estrae la maggior parte dei corpi estranei citati.

Con l'inclusione della ventilazione nel diagramma di pre-pulitura, si possono controllare, e in certi casi migliorare, le caratteristiche di conservazione di quelle partite che hanno subito riscaldamento o ammuffimento sia in conseguenza di eccessiva umidità o per contaminazione troppo forte di polvere e di insetti nocivi.

Le principali macchine usate nella pre-pulitura sono:

- a) bilancia automatica per il controllo del grano in arrivo
- b) separatore magnetico per la estrazione di materiali ferrosi
- c) separatore da grano per silo per estrarre i corpi estranei con dimensioni diverse da quelle del grano
- d) impianto centrale di aspirazione e filtrazione
- e) tarara per l'eliminazione di polveri e impurità leggere dal grano

16.2.8. Considerazioni sull'immagazzinamento del grano

Il chicco del grano è un organismo vivente e la sua respirazione è tanto più intensa quanto più elevate sono temperatura e umidità. I principali fattori che

provocano alterazioni al grano nel silo sono, appunto, l'eccesso di umidità e di temperatura.

Il limite di sicurezza per una giusta conservazione del grano è rappresentato dai seguenti dati:

- umidità del grano: max 14 %
- temperatura nei silo: max 27°C
- umidità relativa: max 75 %

In queste condizioni il grano non si surriscalda e lo sviluppo di microrganismi e di insetti è lento o quasi nullo.

In linea di massima si considera immagazzinabile il grano contenente il 15% di umidità, non escludendo la possibilità di un eventuale surriscaldamento del prodotto.

Al grano surriscaldato si può diminuire la temperatura tramite il travaso da cella a cella, a condizione che la temperatura esterna sia opportunamente inferiore a quella del grano e l'umidità relativa non sia superiore al 75%.

Si ottiene così un effetto di raffreddamento di 2-3°C.

Durante l'operazione di travaso, effettuata con umidità relativa superiore al 75%, il grano incorpora l'umidità contenuta nell'aria aumentando così la sua respirazione.

Il travaso del grano è comunque utile in ogni caso, soprattutto in clima tropicale, per disperdere la concentrazione di calore che è più elevata in determinati punti della massa del cereale.

Il grano immagazzinato al 15% di umidità e a 20°C, dopo sei mesi, a causa della trasformazione di sostanza secca in anidride carbonica (CO₂), ha una perdita dello 0,38% in peso, mentre a 6°C la perdita è soltanto dello 0,06%.

Una partita di grano molto umida si può relativamente migliorare miscelandola con grano più secco.

Esempio di progressiva variazione dell'umidità nel tempo, fino alla omogeneizzazione, tra grani miscelati in uguale quantità per tipo.

Grano con H₂O al 18,8 % + grano con H₂O al 12,4 %

- dopo 4 ore: 16,9 % ÷ 14,3 %
- dopo 18 ore: 16,0 % ÷ 15,2 %
- dopo 14 gg: 15,8 % ÷ 15,4 %

Il grano con H₂O superiore al 16% riscalda a causa della respirazione, specialmente se è esposto ad aumento della temperatura ambientale; pertanto bisogna macinarlo subito oppure ridurre l'umidità tramite essiccazione.

Fino ai limiti di umidità, temperatura e umidità relative sopracitate la respirazione del grano non rappresenta un problema; superandole il grano cede anidride carbonica e acqua.

L'eccesso dell'umidità e della temperatura provoca delle alterazioni quali: germinazione, ammuffimento, sviluppo di acidità, deterioramento delle sostanze nutritive, cattivo odore, oltre al favorire lo sviluppo e il risveglio dei parassiti, che accelerano sensibilmente la trasformazione del prodotto, provocando a volte anche la sua distruzione.

In linea di massima è utile sapere che con umidità relativa superiore al 75% proliferano funghi e muffa e al 90% si genera un notevole aumento dell'attività batterica.

Il fenomeno di alterazione si diffonde rapidamente ed è difficile da eliminare, mentre è facile se, con l'impiego di rivelatori che segnalano la prima manifestazione di aumento della temperatura del grano, si interviene sul nascere utilizzando adeguati mezzi correttivi.

Per ragioni di sicurezza si deve controllare l'umidità del grano prima di insilarlo e anche successivamente, sempre con appositi apparecchi rilevatori, anche se gli impianti sono muniti di attrezzature di condizionamento per i grani molto umidi.

La ventilazione del grano

Sappiamo che l'eccesso di umidità e di temperatura intensificano la respirazione del chicco, aumentando così la temperatura del grano stesso.

Lo sviluppo di anidride carbonica è direttamente legato alla quantità di calore prodotto dal cereale e ne accelera le alterazioni.

Per ovviare a tali inconvenienti, o per correggerli, è necessario un impianto di ventilazione che, con una energia limitata, genera un flusso d'aria che attraversa la massa del cereale a una velocità di 1-1,5 metri al minuto.

La ventilazione nelle celle, raffreddando il cereale, adegua la temperatura a quella dell'aria e dà un giusto grado di umidità al grano per la sua azione essiccante. Una efficace prepulitura del grano, durante le operazioni di insilamento, agevola l'infiltrazione dell'aria in tutte le zone della massa del grano, sia nel processo di raffreddamento che di essiccamento del cereale.

All'esterno dei sili si installano talvolta dei termostati i quali, misurando la temperatura dell'aria esterna, permettono di far entrare in funzione l'impianto di ventilazione solo quando si possono ottenere risultati utili.

Il termostato si regola in relazione alla temperatura del cereale. Ad esempio:

se la temperatura del grano è di 35°C il termostato si regola a 25°C e l'impianto di ventilazione entrerà automaticamente in funzione quando la temperatura esterna sarà inferiore ai 25°C.

Ventilazione per il raffreddamento

La ventilazione, usata per raffreddare il grano surriscaldato, si attua con l'immissione nella cella di aria fredda in modo che questa attraversi la massa del cereale.

Negli impianti più razionali si impiegano ventilatori reversibili che hanno la possibilità di aspirare o immettere aria fresca alla base della cella, secondo le necessità tecnologiche. Nella cella, in determinate zone, si formano masse com-

patte di cereali (che emanano cattivo odore a causa di concentrazione di umidità e di calore) dove difficilmente l'aria fredda riesce a penetrare. Se è disponibile una cella vuota è utile effettuare il travaso prima della ventilazione. Questa operazione oltre a correggere gli inconvenienti citati in precedenza, accelera e facilita l'azione di raffreddamento del cereale.

Con temperatura esterna di 15-20°C e con umidità relativa pari all'80%, impiegando 0,3 m³ di aria al minuto per ogni m³ di grano, si riduce la temperatura del grano di circa 10°C in 70 ore di trattamento del cereale e si ottiene anche un leggero effetto essiccante

Ventilazione per l'essiccamento

Il processo di ventilazione per l'essiccamento è consentito in determinate situazioni ambientali. Nei sili dotati di ventilazione, facendo passare l'aria fresca attraverso il grano si può ottenere una riduzione dell'umidità del grano stesso.

Durante la ventilazione occorre controllare ripetutamente la temperatura esterna, la temperatura del grano e l'umidità assoluta (atmosferica).

Il volume d'aria impiegato per l'essiccazione è sensibilmente maggiore di quello impiegato per il raffreddamento, ovviamente in relazione all'umidità del grano e all'umidità relativa dell'aria.

Il controllo dell'umidità relativa e della temperatura esterna e interna delle celle è indispensabile per una buona ventilazione.

La ventilazione va arrestata quando i valori dell'umidità dell'aria, misurati all'entrata e all'uscita della cella, tendono ad avvicinarsi.

16.2.9. La conservazione a freddo dei cereali

Precedentemente abbiamo detto che il calore e l'umidità superiori a determinati valori stimolano il risveglio dei parassiti e intensificano la respirazione del chicco provocando alterazioni al cereale.

È ovvio pertanto che le basse temperature eliminano questi inconvenienti.

Con l'utilizzo di unità refrigeranti il cereale viene refrigerato e lievemente essiccato.

La refrigerazione può essere applicata ai cereali secchi o umidi, per evitare che i grani subiscano danni provocati dai parassiti o dalla respirazione del cereale.

Ecco alcuni esempi e considerazioni sugli effetti della refrigerazione.

- un grano sano, con umidità dal 12% al 15% non necessita di essere refrigerato se la sua conservazione è programmata per un periodo breve, mentre lo stesso grano colpito da parassiti, o che deve rimanere immagazzinato per un lungo periodo, deve essere conservato ad una temperatura di circa 10°C e pertanto necessita di refrigerazione;
- un grano sano con umidità dal 15% al 17% deve essere refrigerato se deve essere conservato per diversi mesi; la temperatura raccomandata per la conservazione è di circa 10°C;
- un grano refrigerato a 10°C, con umidità al 17%, insilato per un periodo di 5-6 mesi, è sottoposto al pericolo della respirazione in misura minima;
- un grano con umidità dal 17% al 19%, dopo essere stato refrigerato a

10°C, deve essere controllato dal punto di vista della temperatura dopo alcuni giorni di insilamento; qualora la temperatura fosse aumentata, si deve ripetere l'operazione di refrigerazione;

- un grano con umidità dal 19% al 21%, refrigerato a 8-10°C, ha una durata di immagazzinamento di soli 25-30 giorni; se si vuole prolungare il periodo di conservazione si deve portare la temperatura di refrigerazione a 5°C;
- un grano con umidità del 20% e refrigerato a 10°C, dopo 30-50 giorni si riscalda raggiungendo una temperatura anche superiore ai 20°C.

Dagli esempi sopra esposti risulta che più è bassa la temperatura migliore è la conservazione, soprattutto dei grani molto umidi. Pertanto, periodicamente, la temperatura del grano deve essere controllata per potere intervenire tempestivamente nel caso di un eventuale surriscaldamento del cereale.

La refrigerazione permette una omogeneizzazione di umidità fra la massa del cereale insilato.

La capacità delle unità refrigeranti varia da 200 a 400 t/24h, partendo dalle seguenti condizioni di massima:

a. Umidità del cereale	16%
b. Umidità relativa dell'aria	50%
c. Temperatura del cereale	23°C
d. Temperatura dell'aria refrigerante	10°C

Processo di refrigerazione

La temperatura dell'aria in uscita dai gruppi refrigeranti viene regolata, automaticamente o manualmente, fino a raggiungere temperature minime intorno ai 5°C.

L'aria esterna viene aspirata, essiccata e raffreddata.

L'aria fredda che esce dal gruppo refrigerante viene immessa a pressione nella parte inferiore del deposito e circola fra i chicchi di grano verso l'alto, ottenendo rapidamente uno scambio di calore.

All'inizio delle operazioni di refrigerazione, nel punto di immissione dell'aria si forma una zona fredda che, durante il ciclo di raffreddamento, si diffonde lentamente verso l'alto fino a raggiungere l'estremità superiore del cereale.

Durante questo ciclo la parte superiore del deposito espelle aria calda e umida per mezzo di apposite uscite collegate all'aspirazione o al filtro.

L'operazione si conclude nel momento in cui dall'estremità superiore del deposito o della cella uscirà aria fredda.

Ogni ciclo di raffreddamento a 10°C consente un'essiccazione del grano dello 0,5% circa.

La disinfezione del silo

Insieme alla prepulitura la disinfezione del silo è una delle operazioni necessarie per una buona e lunga conservazione del grano.

Infatti i cereali eccessivamente infestati dai parassiti non sono adatti per l'alimentazione umana.

I loro detriti emanano sgradevoli odori, impregnando anche la farina e ne peggiorano drasticamente la qualità panificabile.

I metodi più comuni impiegati nella lotta contro i parassiti sono:

- aerazione
- essiccazione
- refrigerazione
- gassificazione

Il risultato positivo di tali operazioni dipende dalle attrezzature disponibili e dalla loro razionale utilizzazione.

I mezzi fisici che combattono i parassiti sono: la temperatura bassa, oppure molto elevata, la totale mancanza di ossigeno, la bassa umidità del cereale.

Nel grano insilato con temperatura intorno a 16°C si riduce l'attività degli insetti; a 5°C essi vivono in letargo, a 0°C muoiono, ad eccezione della calandra granaria.

La disinfezione effettuata con mezzi chimici deve essere, oltre che innocua per l'alimentazione umana e zootecnica, economica e di effetto duraturo.

I disinfestanti più usati sono:

- anidride carbonica
- anidride solforosa
- ossido di carbonio
- cloro
- solfuro di carbonio
- bromuro di metile
- bromuro di etano.

La loro azione dipende dai seguenti fattori:

- temperatura
- durata del trattamento
- umidità
- tipo dell'ambiente
- stato fisico dell'insetticida
- varietà ed età dell'insetto
- tipo di impianto disponibile.

La disinfezione chimica, usando le necessarie precauzioni, può essere effettuata in tutti i locali.

I grandi silo sono spesso muniti di impianto automatico di gassificazione per disinfezione le celle prima del ricevimento del cereale ed ogni qualvolta si presenti il pericolo di infestazione durante il periodo di lungo insilamento.

Il sistema automatico offre i migliori risultati poiché distribuisce il gas su tutta la massa, anche nelle celle di notevole altezza, senza bisogno di rimuovere il cereale.

La pressione del gas varia da 0,05 a 0,1 bar in relazione al tipo di cereale e all'altezza della massa.

Nei silo di media capacità si usa installare un impianto misto, utilizzabile sia per la disinfezione che per la ventilazione.

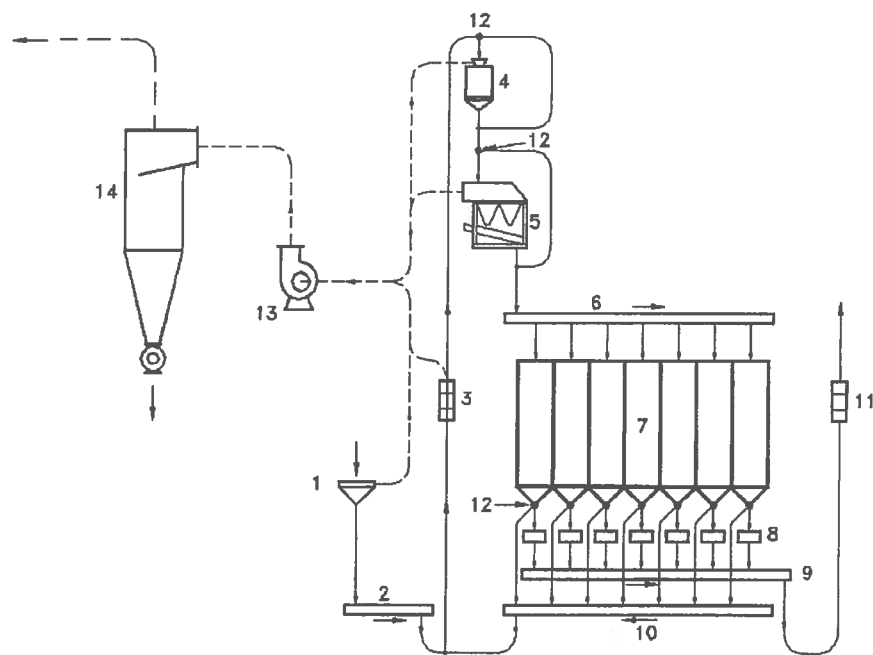
16.2.10. Diagramma di un silo di media potenzialità

Nel diagramma sopra riportato si può notare che nel punto di scarico le celle del silo sono munite di deviatori per escludere i misuratori e convogliare il grano nel trasportatore 10 che effettua il travaso da cella a cella.

Per poter effettuare le operazioni di ricevimento e travaso contemporaneamente, bisogna aggiungere un secondo trasportatore, accanto a quello indicato con 6, ed un altro elevatore a servizio di quest'ultimo.

Se per esigenze navali o ferroviarie il cereale in arrivo deve essere scaricato in limiti di tempo prestabiliti è necessario assicurare la continuità delle operazioni di ricevimento con l'inserimento di deviatori, che diventano utili in caso di avaria di una macchina o per far fronte ad altri inconvenienti che si possono verificare durante le operazioni di scarico.

La flessibilità dell'impianto garantisce così il regolare svolgimento dei lavori.



- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1. tramoggia di ricezione grano | 8. misuratori - dosatori volumetrici |
| 2. trasportatore | 9. trasportatore |
| 3. elevatore | 10. trasportatore per riciclo grano |
| 4. bilancia automatica | 11. elevatore |
| 5. separatore | 12. deviatori |
| 6. trasportatore | 13. ventilatore di aspirazione |
| 7. celle | 14. ciclone decantatore |

Fig. 16.3 - Diagramma qualitativo di un silo di media potenzialità.

Miscela dei grani

Generalmente un diagramma di macinazione è studiato al fine di ottenere i prodotti migliori a bassi costi.

Per ottenere farine dalle diverse qualità panificabili, oppure farine o semole speciali a costi diversi, che possano soddisfare le esigenze dei vari mercati, si effettuano opportune miscele di grano.

Una farina prodotta tecnicamente bene e con appropriata materia prima è sempre buona, però è necessario tenere presente che un tipo di farina considerata ottima per un'area geografica può essere considerata mediocre in un'altra zona.

Ciò è dovuto ai diversi sistemi di panificazione in uso nel mondo, alle diverse condizioni climatiche e anche ad altri fattori.

Le miscele vengono fatte in ragione dei tipi di farina che si desiderano ottenere, per cui è indispensabile conoscere a priori le caratteristiche di ogni partita di grano e cioè:

- struttura del grano ("hard" o "soft")
- contenuto proteico
- quantità e qualità del glutine
- costo effettivo del cereale.

Tipi e caratteristiche dei grani

Il grano tenero si suddivide in tre sottoclassi:

- "Soft"
- "Semi Hard"
- "Hard"

Di seguito elenchiamo il contenuto medio di proteine (il contenuto proteico della farina è di circa 0,8%-1% inferiore a quello del grano), alcune caratteristiche delle farine che da essi si ottengono, nonché il loro utilizzo.

- Grani "SOFT": grani a basso contenuto di proteine (dal 7,5% al 9,5%). Presentano un endosperma con struttura bianca e morbida. È possibile produrre una farina fine, adatta per la produzione di torte e di alcuni tipi di biscotti. Durante la macinazione le operazioni di staccatura sono difficoltose, per questo sono richieste maggiori superfici staccanti.
- Grani "SEMI HARD": grani da cui si ottengono farine di medio contenuto di proteine (dal 10% al 11%).

La farina si può ottenere da grano normale (tipo "red winter") con struttura semi-vitrea oppure da miscele di diversi tipi di grano ("hard" e "soft") o di farine. Questo tipo di farina definita anche "multiuso", viene utilizzata in casa per fare pane e pasta fresca e viene anche utilizzata industrialmente per la produzione di biscotti, pane tipo francese, pizza e alcuni tipi di pane comune.

- Grani "HARD": grani ad alto contenuto di proteine (dal 12% al 17%). Sono chiamati "grani di forza" proprio per questo motivo. Presentano un endosperma bianco tendente al grigio, da cui deriva una farina più scura di quella prodotta con grani "SOFT" ma molto sciolta e "viva al tatto" ovvero molto ruvida.

Nelle miscele è utilizzato per arricchire qualitativamente e quantitativamente di proteine i grani (o farine) più poveri. La farina prodotta con questo tipo di grano è particolarmente adatta per produzione di pane tipo americano ed altri prodotti per panifici e pastifici. E' altresì usata, in miscela con farine di grano tenero, per ottenere prodotti di tipo "dedicato" o con medio tenore di proteine.

Esempio di miscele di alcuni tipi di grano:

- miscela per farina ad alto tenore proteico (dal 13,5% al 16%) utilizzata per la produzione di pane in cassetta o americano:
 - manitoba n° 1 50%
 - hard winter 30%
 - hard red spring 20%
- miscela per farina a medio tenore proteico (dal 10% al 13%) utilizzata per molteplici usi compreso il pane francese:
 - hard red spring 50%
 - Manitoba n° 2 20%
 - italiano 30%
- miscela per farina a basso tenore proteico (circa 8%) utilizzata per la produzione di dolci, torte, ecc.
 - grano americano tipo "white club" o "western white" al 100%
 - grano tenero italiano, francese o grano inglese al 100%.

Nei molini di considerevole potenzialità si macinano separatamente i vari tipi di grano e quindi si effettuano le miscele di farine richieste dai mercati.

Dove queste condizioni non esistono, si ottengono i migliori risultati effettuando la miscelazione del grano dopo il condizionamento dello stesso. In altri casi le miscele si attuano precedentemente alla prima pulitura, oppure prima del condizionamento del grano.

Per ottenere regolarità di lavoro nella prima pulitura è sconsigliabile miscelare partite di grano molto sporche con grani semi puliti, oppure grani di struttura piccola con grani grandi, oppure grani molto umidi con altri di umidità media.

I grani avariati o infestati, oppure surriscaldati e quindi con caratteristiche alterate, devono essere utilizzati con molta prudenza e in piccole percentuali.

16.2.11. Le macchine del silo e della prepulitura

Il misuratore da grano

È una macchina composta da una carcassa in fusione monoblocco di ghisa, all'interno della quale ruota un tamburo con alloggiamenti di varia capacità per stabilire le percentuali di miscele del grano desiderate:

5% - 10% - 15% ecc., fino al 100%,

manovrando opportunamente le apposite serrande di alimentazione in corrispondenza di ogni alloggiamento. Un apposito sportello consente l'ispezione dell'interno dell'apparecchio.



Fig. 16.4 - Misuratore da grano.

Il misuratore è dotato di un dispositivo che permette il passaggio del grano esternamente al tamburo girevole per accelerare le operazioni di travaso o by-passare la macchina in caso di avaria.

Il misuratore ponderale- flowmatic

Realizza in maniera semplice un accurato dosaggio del grano mediante un sistema elettronico a microprocessore.

Ogni apparecchio è completamente indipendente dagli altri, sia per il suo sistema elettronico di gestione dati e di controllo processo, che per i dispositivi meccanici di regolazione del flusso del cereale.

Mantiene costante nel tempo la portata impostata sul pannello indipendentemente dai fattori di disturbo, quali le variazioni di umidità e di peso specifico del cereale in entrata, ecc.

La portata di ogni Flowmatic viene impostata da tastiera e visualizzata su display.

Il Flowmatic è in grado di totalizzare la quantità di cereale che ha attraversato l'apparecchio a partire da un istante prefissato. La serranda di regolazione è movimentata da un motorino pneumatico che, in mancanza di corrente elettrica, interrompe automaticamente il flusso di prodotto. Ogni Flowmatic può essere controllato in modo indipendente o nell'ambito di una rete, tramite una unità centrale.

Mediante un'uscita analogica è possibile visualizzare a distanza, su P.C. o Sistema di Supervisione, la portata istantanea.

Il trasportatore a catena

È costituito da una cassa in cui scorre una catena speciale senza fine, semplice o doppia, provvista di traversine, che si avvolge attorno alla ruota motrice da una parte ed attorno alla ruota di rinvio dall'altra. La capacità oraria può variare da 10 a 1.500 (e oltre) ton/h di grano trasportato. Impiegando catene spe-

ciali ad elevato carico di rottura si possono costruire trasportatori lunghi anche 150 metri e oltre.

L'elevatore a tazze

È costituito da un nastro o cinghia senza fine, che si avvolge attorno a due tamburi, uno di testa che funge da motore, l'altro di piede.

Al nastro sono fissate ad intervalli regolari le tazze che raccolgono il materiale caricato nella bocchetta, al piede, riversandolo poi nella tubazione di scarico in testa. La portata può variare da 10 a 1.500 (ed oltre) ton/h. Impiegando nastri ad elevato carico di rottura si possono costruire elevatori alti anche 80 metri ed oltre.

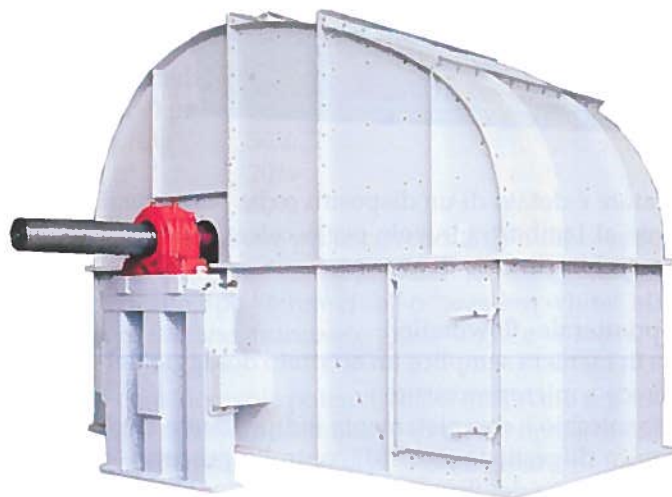


Fig. 16.5 - Elevatore a tazze.

Separatore magnetico

È un apparecchio statico costituito da: una serranda, che regola l'entrata del grano a velo su tutta la lunghezza dei magneti; due linee di magneti permanenti, racchiusi in una idonea cassa amagnetica; una piastra di ferro, che elimina la dispersione di flusso magnetico quando l'apparecchio non è in funzione; uno speciale dispositivo che ribalta i magneti, per evitare che possano cadere corpi ferrosi nella tubazione nel momento in cui si effettua la pulizia degli elementi magnetici. Esistono anche Apparecchi Magnetici tubolari che si installano direttamente sui tubi di caduta.



Fig. 16.6 - Separatore da grano SRP.

16.3. LA PULITURA

Dopo le operazioni di prepulitura, che abbiamo visto nel capitolo precedente, nel cereale permangono ancora molte impurità medie e fini.

Queste possono influire negativamente sul funzionamento delle macchine, sul colore delle farine e sul sapore del pane.

Se la prepulitura ha un ruolo importante per la conservazione del grano, la Pulitura, il cui scopo è l'eliminazione completa delle impurità residue, è fondamentale nella preparazione dello stesso per la macinazione, onde ottenere buone rese ed elevata qualità delle farine.

In questo paragrafo esamineremo i vari processi, con le relative macchine, che si attuano nella sezione di Pulitura.

16.3.1. Il processo di pulitura

La materia prima che arriva ad un molino non è un cereale pulito che può essere immediatamente macinato. Contiene infatti diverse impurità. Queste possono arrivare dai campi, come la semente di varie erbe, pietre, residui di terra etc., oppure si possono essere mescolate durante il trasporto, (carbone, parti metalliche, cereali di altro tipo, etc.).

Il cereale può inoltre essere contaminato da insetti o escrementi di roditore. Infine i grani sono coperti di polvere e sporcizia.

La percentuale delle impurità oscilla normalmente tra l'1% ed il 5%.

La sequenza dei processi per eliminare le impurità del grano è normalmente la seguente:

- Separazione di tutte le impurità che hanno dimensioni maggiori o minori di quelle del grano stesso, in combinazione con una buona aspirazione che consente la rimozione delle parti piccole e leggere come polvere, semi leggeri, paglia, ecc.
- Separazione delle parti pesanti quali pietre e metalli.
- Separazione dell'avena e dell'orzo (semi lunghi), della vecchia o di altre sementi (semi rotondi).
- Eliminazione delle impurità aderenti al chicco del grano.

La sezione di Pulitura si divide essenzialmente in tre principali sottosezioni:

- La Prima Pulitura*, che ha lo scopo di eliminare tutte le impurità esistenti nel grano. La capacità di questa sezione è di circa il 20% superiore a quella della macinazione.
- Il Condizionamento*, che ha lo scopo di preparare il grano alla macinazione, aggiungendo la corretta quantità di acqua ai chicchi di grano, in modo di provocare la trasformazione dell'amido in zuccheri fermentabili e di iniziare il distacco della parte corticale dell'endosperma. La capacità di questa sezione è simile a quella della prima pulitura.

- c. *La Seconda Pulitura*, che ha lo scopo di eliminare gli strati corticali esterni del chicco staccatisi durante il condizionamento. La capacità di questa sezione è uguale a quella della macinazione

16.3.2. La prima pulitura

Il diagramma di una moderna Pulitura inizia con le Celle di miscela grano che hanno una capacità totale variabile da 1 a 3 volte la capacità nominale giornaliera dell'impianto. Normalmente il carico delle celle avviene entro le 8 ore della giornata ed è costituito da prodotto proveniente dalle celle del silo grano o direttamente dalla tramoggia di ricevimento.

Il numero minimo di celle è costituito da 3 unità, e comunque dipende sia dai tipi di grano da usare per produrre i tipi di farina voluti che dalla politica e disponibilità di approvvigionamento.

Il fondo di ogni cella è del tipo a uscite multiple. Ciò per evitare qualsiasi demiscelazione dei grani durante lo scarico della cella.

Un cono collettore installato sotto ogni cella permette lo scarico uniforme.

Ogni cella è dotata di un Misuratore Volumetrico che permette di effettuare le miscele di grano desiderate con buoni margini di precisione.

I Misuratori sono normalmente montati su una Coclea raccogliitrice che ha lo scopo di omogeneizzare le miscele di grano e di convogliarle ad un elevatore.

Una Bilancia di controllo elettropneumatica o elettronica registra la quantità di grano che entra nella sezione di pulitura e tramite un dispositivo temporizzatore garantisce una uniforme e costante capacità.

L'eliminazione delle impurità avviene per separazione. Di seguito ne facciamo una breve descrizione indicando le macchine ed i principi che esse utilizzano.

16.3.2.1. Separazione per differenza di dimensione

La prima macchina che si incontra nella sezione di prima pulitura è il Separatore da grano, una macchina staccante che separa le varie parti sfruttando la diversa dimensione delle stesse.

La sua funzione è di eliminare le impurità con dimensioni inferiori (sabbia, parassiti vegetali, granotti, ecc.) e superiori (cereali diversi, fagioli, paglia, impurità grossolane, ecc.) a quelle del grano.

Normalmente il Separatore è seguito da una Tarara che con un flusso di aria aspira le impurità leggere.

16.3.2.2. Separazione per forza magnetica

L'eliminazione di particelle (scaglie di ruggine) o corpi ferrosi (rondelle, viti, chiodi, ecc.), oltre ad una evidente motivazione igienica, ha lo scopo di evitare rotture di macchine o addirittura esplosioni. Infatti un corpo ferroso che passa attraverso delle macchine può surriscaldarsi e, a contatto con la polvere/crusca/germe del grano, può provocare un'esplosione.

La separazione di questi materiali avviene tramite Separatori Magnetici che sono posti in vari punti della sezione di pulitura: in particolare subito prima della bilancia di controllo, prima dei pulitori da grano, e prima di inviare il grano alla macinazione.

16.3.2.3. Separazione per differenza di peso specifico

Il Separatore non ha potuto separare le pietre che hanno le stesse dimensioni del grano. Pertanto la terza macchina che si incontra nella prima pulitura è la Spietratrice che lavora sfruttando il diverso peso specifico del grano rispetto alle pietre.

Naturalmente più è elevata la differenza del peso specifico e più è accurata la separazione.

L'eliminazione delle pietre oltre a migliorare lo standard igienico delle farine (elimina i punti neri o grigi nella farina ed evita quel fastidioso scricchiolio fra i denti che si può sentire quando si mangiano i prodotti della farina o della semola), riduce drasticamente il logorio delle parti di macchine con le quali entrerà in contatto successivamente il grano.

16.3.2.4. Separazione per differenza di forma

L'eliminazione di semi estranei, che potrebbero inquinare le farine e le semole, avviene con macchine che sfruttano la differenza di forma dei vari tipi di semi.

Queste macchine sono chiamate Batterie di Cilindri Svecciatoi o Separatori a Dischi Alveolati che separano dal grano sia i semi lunghi, quali avena, orzo, segale, ecc. che i semi corti o tondi, quali vecchia, granotti ed altri parassiti vegetali.

In Europa si preferisce l'utilizzo degli Svecciatoi mentre negli Stati Uniti e nei paesi sotto l'influenza americana si utilizzano i Separatori a Dischi Alveolati.

Nei molini a grano duro è imperativo l'uso degli Svecciatoi per ottenere semole senza punti neri.

16.3.2.5. Separazione per forza di gravità

Per il recupero dei granotti buoni, scartati dagli Svecciatoi insieme alla vecchia, viene utilizzato il Separatore Elicoidale che sfruttando la forza di gravità e la forza centrifuga li separa e ne permette quindi il recupero.

16.3.2.6. Separazione per sfregamento

Il distacco delle impurità aderenti alla superficie del chicco di grano avviene in maniera efficiente tramite sfregamento tra un chicco e l'altro e tra il chicco e il mantello del Pulitore da grano. Tale azione consente anche una drastica riduzione della carica batterica.

Questa macchina, oltre alle impurità, distacca la barbeta del chicco e permette quindi una più rapida penetrazione dell'acqua, aggiunta nella fase di condizionamento, nella parte interna del chicco stesso.

Anche il Pulitore è normalmente seguito da una Tarara per aspirare le impurità leggere staccatesi durante l'azione di sfregamento

16.3.3. Il condizionamento del grano

Il Condizionamento ha lo scopo di preparare il grano alla macinazione al fine di migliorarne la macinabilità e di conseguenza la qualità panificabile della farina prodotta. Il condizionamento del grano si attua aggiungendo acqua mediante uno o più dispositivi di bagnatura, e facendo transitare il grano nelle coclee miscelatrici (incline o verticali) e quindi depositandolo nelle celle di condizionamento.

Esso si suddivide in tre fasi:

- aggiunta della quantità prefissata di acqua al grano
- distribuzione uniforme dell'acqua su tutta la superficie dei chicchi di grano
- penetrazione dell'acqua nel chicco; il tempo necessario per tale operazione si definisce "tempo di condizionamento".

La penetrazione dell'acqua nel chicco favorisce l'inizio dell'azione diastatica che consiste nella:

- trasformazione dell'amido in zuccheri fermentabili
- produzione di gas, che facilita il distacco della mandorla farinosa delle parti corticali
- aumento dell'elasticità delle parti corticali per una miglior predisposizione all'azione dei rulli macinanti

Il condizionamento può essere:

- naturale (o a freddo)
- artificiale (o termico)

Il condizionamento naturale si effettua aggiungendo acqua al grano a temperatura ambiente, mentre nel condizionamento termico è prevista l'ulteriore azione accelerante del calore.

In ogni caso un buon condizionamento è tale quando l'umidità viene distribuita in modo uniforme in tutta la massa del grano. Deve essere assicurata la seguente condizione:

- L'umidità assorbita dalla parte corticale deve garantire una drastica riduzione della polverizzazione della crusca, durante i passaggi di rottura ed un facile distacco delle parti corticali dall'endosperma.

Se avviene quanto sopra la farina risulterà più bianca, pulita e con una percentuale di ceneri più bassa.

La percentuale di umidità è da considerarsi ideale quando:

- Possono essere eliminate tutte le parti di endosperma dai cruscami.
- Viene garantita una facile azione di staccatura durante il processo di macinazione.
- I laminatoi possono macinare in modo ideale.

Condizionamento naturale o a freddo

Nel condizionamento naturale l'umidità viene conferita al grano attraverso l'uso di macchine bagnagrano o gruppi di bagnatura, coclee miscelatrici e celle di riposo.

La prima fase del condizionamento consiste nell'aggiungere acqua al grano.

I sistemi più moderni, per eseguire questa operazione, prevedono l'impiego di macchine tipo "Autodamp" le quali utilizzando vari parametri, fra cui l'umidità naturale del grano, il suo peso specifico, la sua temperatura, la capacità della sezione di pulitura e naturalmente l'umidità che si desidera raggiungere, calcolano ed erogano in automatico, la quantità di acqua necessaria.

Nel secondo condizionamento viene aggiunta un'ulteriore quantità di acqua al grano per ottenere in modo esatto la percentuale richiesta. La distribuzione uniforme dell'acqua attorno al chicco si ottiene usando una Coclea Miscelatrice Intensiva Verticale.

Infine, il grano entra nelle Celle di riposo dove rimane per un adeguato periodo di tempo consentendo, in tal modo, all'umidità di diffondersi nella massa.

Il tempo di riposo è un fattore molto importante nel processo di condizionamento e dipende:

- dalla struttura del grano: più è vitreo e più tempo è necessario;
- dalla temperatura ambiente: più è elevata e meno tempo è necessario;
- dall'azione diastatica desiderata.

Quest'ultima permette di ottenere migliori proprietà panificabili della farina, migliore tolleranza meccanica delle parti corticali all'azione dei rulli macinanti, farine più bianche perché meno inquinate dalla polvere rossastra delle parti corticali e quindi produzione di farine con un tasso inferiore in ceneri.

Nel condizionamento del grano duro negli impianti per la produzione di semole invece l'azione diastatica non viene richiesta in quanto il processo di pastificazione (maccheroni) non necessita di fermentazione. Inoltre un periodo di condizionamento troppo lungo ossida il carotene e priva le semole prodotte di quel colore giallo oro ritenuto fattore qualitativo importante.

In linea di massima, pur considerando le numerose varietà di grano si possono definire i seguenti tempi di riposo:

- Grano soft: 8÷12 ore.
- Grano semi hard: 16÷24 ore.
- Grano hard: 24÷36 ore.
- Grano duro: 8÷12 ore.

Poiché l'umidità ha la tendenza a scendere verso la parte inferiore della cella si possono generare fenomeni di non omogenea distribuzione dell'umidità oltre che di demiscelazione.

Quest'ultima è dovuta al fatto che durante lo svuotamento della cella il grano che tende ad uscire per primo è quello che si trova al centro della cella stessa determinando così delle differenze nei tempi di riposo dei chicchi.

È necessario quindi adottare opportune tecniche di svuotamento, oltre che celle con i fondi dotati di uscite multiple, al fine di mantenere il grano il più possibile nelle stesse condizioni di umidità e di tempo di riposo.

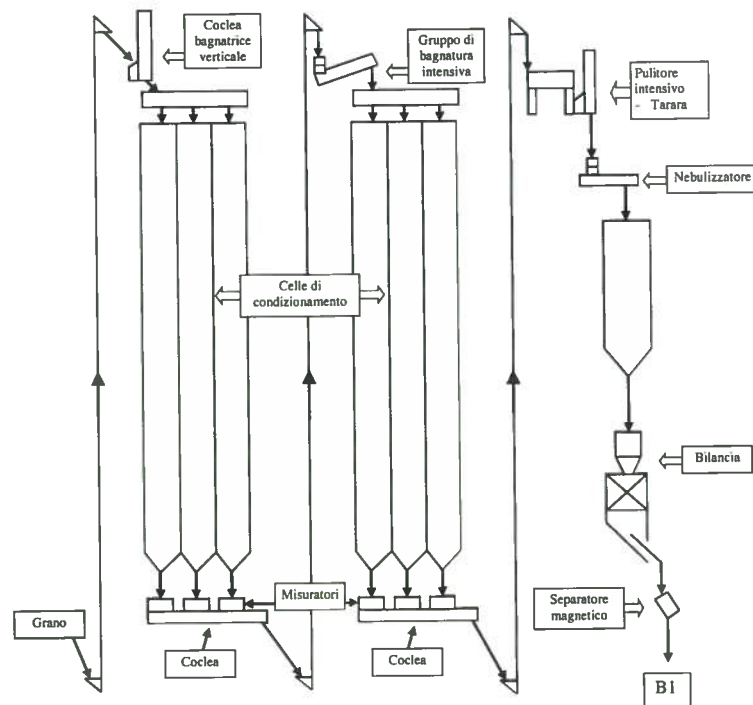


Fig. 16.7 - Schema impianto di condizionamento del grano.

Per i grani tipo "Hard" si ottiene un miglior condizionamento effettuandolo in due step (1° e 2° condizionamento).

Con questa tecnica si migliora l'assorbimento dell'acqua, l'umidità nella cella è più uniforme e si migliora il dosaggio.

Condizionamento artificiale o a caldo

Per abbreviare il processo di condizionamento e migliorare la qualità panificabile delle farine, prodotte in particolare da grano con glutine debole, si utilizzano dei condizionatori termici che agiscono a temperature che possono raggiungere 80°C, tali comunque da non alterare il glutine.

L'aumento della temperatura, attraverso l'uso di vari sistemi, abbrevia notevolmente la diffusione dell'umidità, provoca la dilatazione degli strati periferici del chicco facilitando il loro distacco dalla mandorla e dilata i pori del pericarpo permettendo al vapore sotto tensione di penetrare nell'interno del chicco.

I sistemi usati nei condizionatori per fornire il calore sono:

- aria calda
- acqua calda
- misto dei due precedenti
- vapore acqueo

L'operazione di condizionamento a caldo e del successivo raffreddamento richiede solo da 1 a 3 ore di tempo.

Poiché non è sempre necessario o economico l'utilizzo del condizionatore, spesso nell'impianto, vengono previste anche celle di riposo per il condizionamento naturale.

Il condizionamento termico è comunque sempre meno utilizzato a causa degli alti costi di esercizio ed anche perché varietà di grani con glutine qualitativamente più forte sono ormai disponibili in tutti i paesi.

16.3.4. La seconda pulitura

Questa sezione parte da sotto le celle di condizionamento e termina al carico dei Laminatoi adibiti alla prima rottura.

Sotto ogni cella sono sistemati i Misuratori adibiti alla miscelazione dei vari tipi di grano. Seguono i Pulitori da Grano, che sono macchine adibite alla eliminazione degli strati corticali staccatisi durante la fase di condizionamento e le Tarare per l'eliminazione delle restanti impurità leggere.

In alcuni casi, a questo punto del processo, viene prevista una ulteriore bagnatura, che aggiunge lo 0,5% di acqua sulla superficie del chicco per aumentare l'elasticità della parte corticale e ottenere quindi crusche più lunghe e farine più bianche.

Segue una Bilancia di controllo che registra la quantità di grano che va alla macinazione e regola la capacità della sezione di macinazione.

Infine un Separatore Magnetico viene previsto per eliminare l'eventuale presenza di corpi ferrosi.

16.3.5. Le macchine della prima e seconda pulitura

Bilancia automatica

Serve per controllare la quantità di grano che entra nei vari reparti dell'impianto come, ad esempio, Sili, Puliture, Molino.

Separatore da grano

Serve per eliminare le impurità contenute nel grano.

- Gli elementi principali del separatore sono:
- deposito di alimentazione autoregolato per la distribuzione a velo del prodotto nel primo staccio;
 - corpo oscillante di due stacci sovrapposti ed intercambiabili, muniti di sfere di gomma a circolazione libera, alloggiati in appositi scomparti degli stacci stessi per la pulizia automatica delle lamiere forate (il primo staccio trattiene le impurità grosse, di volume superiore al chicco di grano, mentre il secondo separa i semi piccoli e il terriccio);
 - motovibratori per il movimento rotatorio del corpo degli stacci.



Fig. 16.8 - WGL. Misuratore di flusso in continuo.



Fig. 16.9 - Separatore rotatorio SPR.

Separatore elicoidale

È un apparecchio statico di dimensioni ridotte, di semplice installazione e molto utile per un ulteriore ripasso degli scarti dei Cilindri Svecciatoi, per il recupero di grani rotti e per la separazione di altri semi.

È munito di dispositivi di alimentazione, di condotti deviatori e di scivolo elicoidale.

La sua funzione, basata sul principio della forza centrifuga, è quella di selezionare automaticamente tre prodotti per la differente velocità che acquistano i semi, sia per la loro forma che per il loro differente peso specifico.

Cilindro svecciatoio

La macchina funziona nel seguente modo: il movimento rotatorio del cilindro dispone il grano a strati sulla parete interna del cilindro stesso; il grano viene respinto dagli alveoli ed avanza verso l'uscita; i semi tondi trovano alloggio negli alveoli e, trasportati verso l'alto, cadono nell'apposito raccoglitore interno, dove una coclea li espelle dalla macchina.

La regolazione del raccoglitore delle impurità, viene effettuata dall'esterno del cilindro tramite un volantino con scala graduata.

Nel Cilindro Svecciatoio per semi lunghi, il grano trova alloggiamento negli alveoli, cade nel raccoglitore da dove avanza verso l'uscita, mentre i semi lun-



Fig. 16.10 - Separatore magnetico tubolare MS.



Fig. 16.11 - Cilindri svecciatoi CSA.

ghi, per le loro dimensioni vengono respinti dagli alveoli e avanzano verso l'apposita uscita per la loro espulsione tramite il movimento rotatorio.

Il Cilindro Svecciatoio di ripasso separa e recupera il granotto e/o i grani rotti espulsi insieme alle impurità dagli svecciatoi precedenti.

La macchina è costituita da due mantelli, cioè due cilindri d'acciaio, uno con alveoli a tasca e l'altro in lamiera forata.

La pulizia della lamiera forata è eseguita automaticamente da appositi rulli di gomma a marcia silenziosa.

Per facilitare il comando ed il controllo del rendimento di lavoro, i Cilindri Svecciatoi per semi lunghi e tondi ed i Cilindri Svecciatoi di ripasso sono riuniti in batterie montate su incastellature in ferro.

Spietatrice a secco

La macchina è costituita essenzialmente da una struttura di base che contiene gli organi di comando e sostiene la tavola oscillante ad inclinazione variabile. Funziona in depressione.

La separazione delle pietre dal grano si ottiene mediante l'aria e con il particolare movimento del piano di lavoro.

La macchina è dotata di una cappa di aspirazione collegata all'impianto di aspirazione.

Il piano di lavoro, con sottostante diffusione dell'aria, è coperto con lamiera in acciaio forata e presenta due collettori di scarico: uno per il grano e l'altro per le pietre.



Fig. 16.12 - Spietatrice TSV.

Il movimento vibratorio al piano di lavoro viene impartito da una coppia di motovibratori. L'inclinazione del piano di lavoro si regola tramite un registro a vite (munito di una tacca) che si trova all'opposto dell'entrata del prodotto.

Coclea intensiva bagnatrice

Serve per distribuire l'acqua in ogni chicco uniformemente.

Garantisce un condizionamento intensivo e, grazie alla forma del rotore, evita rotture di grano.

La cassa e rotore con palette mescolatrici sono di acciaio inox. La cassa ha un'inclinazione di 20°.



Fig. 16.13 - Coclea intensiva bagnatrice SCB.

Coclea bagnatrice intensiva verticale

È una macchina a sviluppo verticale provvista di coclea a due principi per l'innalzamento del cereale e di palette a profilo speciale e inclinazione variabile per favorire il distacco dello strato esterno (epicarpo) della parte corticale del cereale agevolando così la penetrazione uniforme dell'acqua nel chicco.

La parte superiore della macchina lavora come tarara.

Il cereale decorticato, durante la caduta, viene investito da un flusso d'aria in controcorrente che separa le parti leggere e le convoglia al collettore d'aspirazione.



Fig. 16.14 - Coclea bagnatrice intensiva verticale SCV.

Bagnagrano semi-automatica

È la macchina che permette di aggiungere con precisione la quantità di acqua necessaria per dare al grano il giusto grado di umidità al momento di entrare in macinazione.

La Bagnagrano è una macchina semiautomatica che funziona nel seguente modo: il grano affluisce all'entrata della macchina ed apre la valvola a lamina, azionando così il microinterruttore o il sensore induttivo collegato alla valvola elettromagnetica. Automaticamente si apre il circuito dell'acqua portando l'umidità del grano al grado desiderato, secondo le indicazioni ricevute dal laboratorio.

L'erogazione dell'acqua cessa contemporaneamente al cessare del flusso del grano.

Il dosaggio sensibilissimo della quantità di acqua viene regolato da un rubinetto micrometrico, controllabile sull'apposito tubo di vetro graduato del misuratore di portata ad area variabile (principio di Bernoulli).

Nel tubo di vetro graduato c'è un galleggiante mobile, che, sollecitato dal flusso dell'acqua con movimento ascendente, si sposta e si arresta all'altezza cor-

rispondente alla portata di acqua desiderata, leggibile sulla scala graduata incisa sul tubo stesso.

La Bagnagrano viene generalmente abbinata alla Coclea Intensiva Bagnatrice e alla Coclea Intensiva Nebulizzatrice.

Gruppo di bagnatura intensiva automatica

È il sistema più moderno per regolare automaticamente la percentuale di umidità dei cereali durante il processo di bagnatura.

Il sistema misura, con continuità, l'umidità del prodotto in entrata, ne confronta il valore con quello impostato e regola conseguentemente il dosaggio dell'acqua, per ottenere il valore desiderato. Esso è costituito da un dispositivo di bagnatura intensiva automatica DMA, misurazione dell'umidità, da uno di misurazione di portata del prodotto, da un quadro di comando con microprocessore e da un gruppo di regolazione acqua. Il contenuto d'acqua è rilevato misurando l'attenuazione subita da un fascio controllato di microonde che attraversa il prodotto. Il microprocessore alloggiato nel quadro di comando decodifica i dati del sistema di misura, elabora ed impartisce i segnali di comando al gruppo di regolazione dell'acqua.

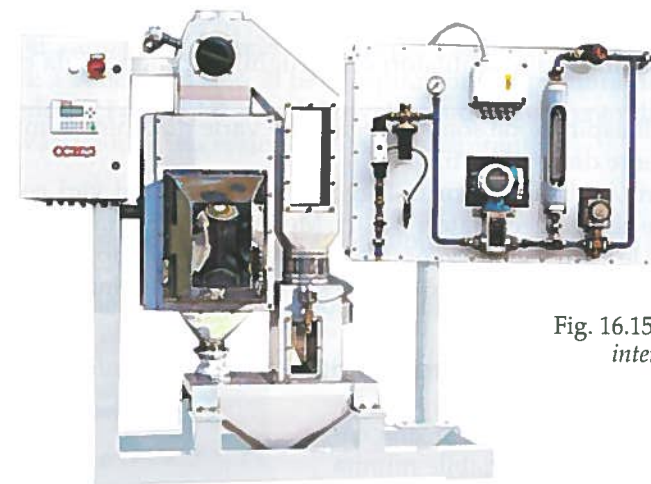


Fig. 16.15 - Gruppo di bagnatura intensiva automatica.

Pulitore intensivo da grano

Il pulitore ha importanza rilevante sia nella prima che nella seconda pulitura del grano, perché elimina in parte la barbeta del chicco e le impurità nascoste nel solco del grano.

La macchina ha il rotore munito di particolari battitori e speciali aste di avanzamento in acciaio. I mantelli sono realizzati in tessuto a filo armonico. L'aspirazione agisce all'interno del mantello, all'uscita del grano, ed è regolabile mediante valvole.

Funzionamento: il grano tramite una bocchetta di entrata, viene immesso nella macchina e cade nel rotore dove viene investito energicamente dai battitori e proiettato contro la parete interna del mantello subendo l'azione di pulitura.



Fig. 16.16 - Pulitore intensivo da grano SIG.

Ad opera delle aste di avanzamento viene spinto verso l'uscita del rotore. Le impurità espulse all'esterno dei mantelli forati cadono nell'apposita uscita degli scarti.

Una cappa di aspirazione rende la macchina esente da inquinamenti da depositi di polvere.

L'impianto di aspirazione

È costituito da uno o più ventilatori centrifughi, da collettori, da cicloni o filtri.

I ventilatori di aspirazione sono collegati alle varie macchine tramite collettori opportunamente dimensionati.

La miscela aria/polvere-impurità leggere, trasportata dai vari collettori, viene filtrata tramite cicloni decantatori o filtri. Mentre l'aria pulita torna nell'atmosfera, le polveri e le parti leggere vengono convogliate in una apposita cella di deposito e successivamente insaccate o inviate su autocarri alla rinfusa.

Tarara vibrante

È la macchina ideata per aspirare impurità leggere dai cereali come paglia, stelo, chicchi vuoti, chicchi striminziti ecc..

È essenzialmente costituita da una camera di aspirazione verticale variabile munita di un pannello trasparente per il controllo e la regolazione delle prestazioni.

L'alimentazione è vibrante per distribuire e stratificare omogeneamente il prodotto su tutta la larghezza del canale aspirante.

La sezione del canale di aspirazione è variabile per modulare la velocità dell'aria e quindi ottimizzare l'effetto aspirante.

Può essere impiegata singolarmente oppure abbinata al separatore o al pulitore da grano. Questa macchina è normalmente collegata all'impianto di aspirazione.



Fig. 16.17 - Tarara rettangolare vibrante TRV.

Tarara a riciclo d'aria

Basa il funzionamento sullo stesso principio della Tarara vibrante, ma utilizza aria a circuito chiuso con uno scambio di aria pulita del 10% dell'aria totale in circolo.

Funziona con giranti incorporate che permettono il riciclo dell'aria.

Dotata di camera di decantazione, incorporata nella struttura della macchina e completa di coclea per l'evacuazione delle polveri e delle parti leggere.

Tarara combinata

È una macchina che combina l'azione di aspirazione con quella di classificazione del cereale in due frazioni di diversa densità: 70% pesante, 30% leggero.

Essenzialmente è costituita da una camera di aspirazione e da uno staccio vibrante montato su quattro ammortizzatori ed azionato da due motovibratori, la camera di aspirazione è duplice con dispositivi di regolazione dell'aria indipendenti: cappa sullo staccio vibrante per l'aspirazione di stratificazione e canale verticale a valle dello staccio per l'aspirazione di pulitura della frazione leggera del prodotto. La regolazione della velocità della corrente d'aria è attuabile mediante variazioni della sezione del canale aspirante.

Tarara combinata a riciclo

Stesso principio della tarara combinata ma utilizza il sistema di riciclo sopra descritto a circuito chiuso.

Può essere impiegata singolarmente oppure abbinata al separatore.



Fig. 16.18 - Tarara a ricircolo d'aria TRR.



Fig. 16.19 - Tarara combinata TRC



Fig. 16.20 - Tarara combinata a riciclo d'aria TRC/R.

Gruppo nebulizzatore

È utilizzato per inumidire esteriormente il grano prima della macinazione.

Il flusso del grano aziona un dispositivo collegato ad una valvola elettromagnetica che apre il circuito pneumatico provocando la nebulizzazione dell'acqua.

Quando il flusso del grano viene a mancare, si chiude automaticamente il circuito dell'acqua e istantaneamente cessa la nebulizzazione, mentre agitatori ed altri organi in movimento continuano a funzionare.

Il dosaggio graduabile della quantità di acqua nebulizzata è sensibilissimo e si attua mediante un regolatore di pressione controllabile otticamente su apposito manometro.

L'afflusso dell'acqua, una volta regolato, si mantiene costante durante tutto il tempo del processo di nebulizzazione.

16.4. LA MACINAZIONE

Il procedimento della macinazione ha lo scopo di trasformare il grano pulito e condizionato in semolina, farine e sottoprodotti.

La trasformazione si attua mediante un processo di macinazione graduale e progressiva mediante l'impiego di laminatoi, disgregatori, buratti, semolatrici e finitrici per crusca.

Generalmente ogni passaggio di macinazione è seguito dal successivo passaggio di stacciatura, che consente di separare la farina che si è prodotta e di classificare, secondo dimensioni e densità, la restante parte del prodotto.

In questo capitolo esamineremo l'evoluzione della Macinazione, le caratteristiche tecnologiche delle macchine e alcuni aspetti legati ai diagrammi di macinazione.

16.4.1. Tipi di macinazione

L'evoluzione tecnologica della macinazione è passata attraverso diversi sistemi:

- macinazione intensiva o bassa macinazione
- macinazione graduale e progressiva
- alta macinazione

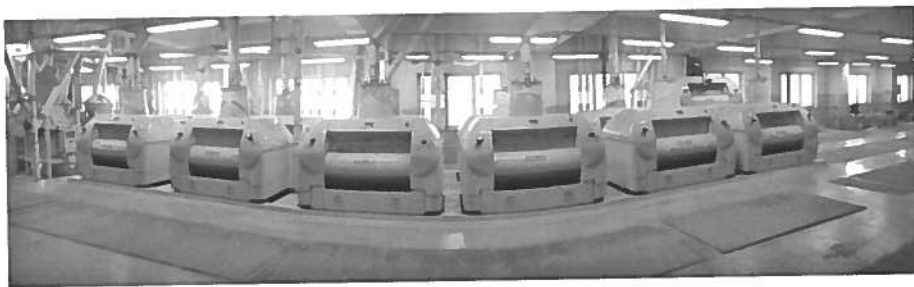


Fig. 16.21 - Impianto di macinazione.

- La bassa macinazione**, metodo quasi completamente in disuso a livello industriale, è basata sul principio della riduzione del grano in farina integrale in maniera intensiva, servendosi di macine o laminatoi del tipo sovrapposto a due/tre passaggi.

La separazione dei crusconi dalla farina, avveniva tramite il passaggio del prodotto su uno staccio semplice montato all'uscita della macina/laminatoio e guarnito con tela metallica o tramite buratto esagonale guarnito con tela metallica e veli seta.

La farina prodotta con questo sistema di macinazione si presenta più o meno granulosa, leggermente scura e con un elevato tenore di ceneri.

La qualità della farina migliora sensibilmente con l'appropriato condizionamento del grano prima della macinazione.

Ancora oggi, in alcune nazioni si utilizza questo sistema per la produzione di piccole quantità di farina integrale macinando grani provenienti da colture biologiche e utilizzando moderne macine di piccolo diametro assieme, qualche volta, a speciali molini a dischi o distaccatori centrifughi.

- La macinazione graduale e progressiva** è stata adottata dai primi anni del ventesimo secolo ed è la base della nuova tecnologia molitoria. Grazie all'invenzione dei laminatoi, buratti piani (plansifters), semolatrici, spazzole crusca ecc. e al loro continuo perfezionamento meccanico, è stato possibile adottare questo sistema di macinazione che ha permesso di ottenere prodotti con eccellenti risultati qualitativi e quantitativi.

In linea di massima, un diagramma di macinazione di questo sistema si articola su 5÷6 passaggi di rottura (alcuni suddivisi in grosse e fini); 3÷4 passaggi di svestimenti/raffinatori; 3÷4 passaggi di rimacine grosse e infine di 6÷9 rimacine fini.

Ad ogni passaggio di laminatoio corrisponde in linea di massima un passaggio di plansifter.

La farina prodotta da ogni singolo passaggio di laminatoio e separata dal corrispondente passaggio di plansifter, viene inviata ai silos farina o all'insacco.

- L'alta macinazione** è stata adottata da qualche decennio ed ha lo scopo di ottenere rese più alte, farine di qualità migliori e maggiore flessibilità nella produzione di farine di qualsiasi tipo.

Tale sistema si basa su una migliore classificazione sia dimensionale che qualitativa di tutti i prodotti destinati ai vari passaggi dei laminatoi.

Grazie alle ottimali e costanti prestazioni raggiunte dalle macchine che compongono la sezione di macinazione di un molino e l'impiego di nuove macchine, come ad esempio i disgregatori centrifughi, il prodotto durante tutto il processo di macinazione viene trattato in maniera graduale e gentile attraverso l'uso di accorgimenti tecnologici che riducono sensibilmente la produzione di polvere di parti corticali causa dell'aumento del contenuto in ceneri della farina.

La conoscenza sempre maggiore delle proprietà dei grani e il continuo perfezionamento tecnologico, permettono di avere diagrammi di macinazione semplici e impianti facilmente conducibili.

È utile evidenziare che attraverso gli anni è stato quasi sempre rispettato il principio di scindere i passaggi di rotture in 2 fasi ben definite:

- fase costruttiva,
- fase finitrice.

La fase costruttiva parte dalla prima rottura e finisce alla terza rottura.

Questa fase viene così definita in quanto questi passaggi devono non solo aprire il grano, ma produrre la maggiore quantità possibile di semole grosse e possibilmente svestite (prive di parti corticali o cruscellose).

La fase finitrice parte dalla quarta rottura e finisce con l'ultimo passaggio di rottura.

Questa fase viene così definita in quanto questi passaggi devono, anche con l'ausilio di macchine denominate spazzole crusca, "finire" i cruscami, ovvero staccare dalle loro superfici interne la restante parte dell'endosperma.

Le semole grosse e intermedie classificate dai plansifters vengono inviate alle semolatrici per separare la semolina pulita da quella vestita (particelle di semola con parti corticali attaccate).

La semolina pulita viene inviata all'insacco, oppure ai primi passaggi di rimacine grosse e fini per l'ottenimento di farine pregiate a basso contenuto in ceneri.

Le semole vestite, considerate rifiuti delle semolatrici, vengono inviate ai passaggi di svestimento dei laminatoi per permettere l'eliminazione delle parti corticali ancora attaccate alle singole particelle.

I prodotti e sottoprodotti che si ottengono con questo sistema di macinazione sono i seguenti:

Prodotti

- uno o più tipi di farina (classificata secondo il contenuto in ceneri o il tenore proteico)
- semolina

Sottoprodotti

- crusca, cruscello, tritello, farinaccio, raccolti indipendentemente o miscelati assieme
- germe (prodotto speciale)

16.4.2. Diagramma di macinazione

Il diagramma, come abbiamo visto nella sezione di pulitura, è la rappresentazione grafica del flusso dei prodotti attraverso i diversi tipi di macchine che costituiscono ciascuna sezione dell'impianto di macinazione.

Normalmente, in un comune impianto di macinazione, abbiamo un "diagramma" per ogni sezione (Silo grano, Prepulitura, Pulitura, Macinazione, Silo farine e sottoprodotti, Spedizione).

Nella macinazione il diagramma rappresenta il complesso delle macchine attraverso la cui azione, il grano pulito e condizionato, viene trasformato in fa-

rina o semola e sottoprodotti. Oltre alla rappresentazione grafica delle macchine e dei collegamenti fra di esse, il diagramma ne riporta i dati che definiscono le loro caratteristiche funzionali dal punto di vista molitorio. Tutto ciò prescindendo dalla loro disposizione ed ubicazione e dai particolari costruttivi.

Le macchine fondamentali della sezione di macinazione sono usualmente di tipo multiplo, sono cioè costituite da più unità tecnologiche raggruppate in un unico corpo.

I tipi di macchine che si impiegano in una sezione di macinazione sono generalmente le stesse. Quello che cambia è il numero e l'allestimento per ciascun tipo di macchina.

Il numero e l'allestimento dipendono da:

- la capacità dell'impianto di macinazione espressa in ton/24 h,
- la capacità di ciascun tipo di macchina,
- il/i prodotto/i che si vogliono ottenere.

Impostazione del diagramma

Non esistono praticamente due diagrammi della stessa potenzialità che siano perfettamente uguali; ciò perché di volta in volta il progettista del diagramma prende in considerazione:

- i tipi di grano da macinare,
- i tipi di farina e/o di semola da produrre,
- le condizioni climatiche,
- le consuetudini tecniche e tecnologiche,
- le caratteristiche e le prestazioni delle macchine.

Tipi di diagramma di macinazione

Normalmente si usano due tipi di diagramma:

1. Molini da farina per grano tenero e semi duro.
2. Molini da semolina per grano duro.

Fra i due tipi di diagramma c'è una grande differenza.

1) Il diagramma del molino per farina di grano tenero e semiduro è progettato per produrre la massima quantità di farina con basso contenuto di ceneri.

Per ottenere i migliori risultati il molino deve avere:

- un numero adeguato di passaggi di rottura con cilindri macinanti dotati di rigatura adeguata ai prodotti da ottenere
- un numero adeguato di passaggi di raffinazione e rimacina con cilindri macinanti dotati di superficie liscia scabrata, non rigata
- un numero adeguato di canali di plansifters idonei a garantire la separazione completa della farina dopo ogni passaggio,
- un numero adeguato di semolatrici idonee a pulire la semolina prima che questa vada ai passaggi di raffinazione,
- un numero adeguato di disgregatori idonei a ridurre in farina il prodotto pulito dopo i passaggi di riduzione,
- un numero adeguato di spazzole crusca idonee a togliere le residue parti di endosperma ancora attaccate alle parti corticali.

2) Il diagramma del molino per semolina di grano duro è progettato per produrre la massima quantità di semolina con colore brillante dorato e senza puntature.

Per ottenere i migliori risultati il molino a duro deve avere:

- un numero adeguato di passaggi di rottura con cilindri macinanti dotati di rigatura con angolo stretto, per rompere gradualmente il chicco di grano senza produrre troppa farina;
- un numero adeguato di passaggi di raffinazione con cilindri macinanti dotati di rigature idonee a togliere dalla semolina le parti corticali ancora attaccate con la produzione minima possibile di farina;
- un elevato numero di semolatrici idonee a pulire adeguatamente la semolina grossa, media e fine;
- un numero molto limitato di passaggi di riduzione.

In passato si è utilizzato anche il Molino Alternato. Il diagramma di tale tipo di Molino era progettato per ottenere una discreta quantità di semolina da grano duro o, in alternativa, di farina da grano semiduro. Come sopra anticipato, c'è una grande differenza tra il molino a duro per produzione di semolina e il molino per farina, di conseguenza, tale Molino Alternato risultava ormai un compromesso tra i due tipi di processi di macinazione.

I risultati ottenibili sia in termini di resa che di quantità erano piuttosto scarsi e, di conseguenza, tale tipo di molino non risultava affatto economico.

In tempi recenti tale tipo di Molino Alternato è praticamente scomparso, dal momento che la competitività del mercato ha spinto i suoi proprietari a chiuderli o a trasformarli in molini a duro o a tenero.

Passaggi

I codici usati internazionalmente per indicare i vari passaggi di macinazione, sono i seguenti:

B	= rotture	esempio B1
BC	= rotture grosse	esempio B3C
BF	= rotture fini	esempio B3F
D	= svestimenti	esempio D1
RC	= raffinatori grossi	esempio R1C
RM	= raffinatori medi	esempio R1M
RF	= raffinatori fini	esempio R1F
S	= semolatrici	esempio S1
CC	= rimacine grosse	esempio C1C
CF	= rimacine fini	esempio C1F
DD	= divisori	
BR	= spazzole crusca	
FV	= finitrici vibranti	

Il numero delle coppie di cilindri macinanti, dei canali di plansifter, del-

le semolatrici da utilizzare per ogni specifico passaggio, vanno fissati prendendo in considerazione:

- la capacità del molino,
- la capacità delle singole macchine,
- i tipi di prodotti che si desiderano ottenere.

Rappresentazioni grafiche

Le rappresentazioni grafiche (simboli) delle diverse macchine in un diagramma sono ormai quasi standardizzate in tutto il mondo:

- Il **passaggio di macinazione** è indicato mediante una o più coppie di cerchi sovrapposti che vengono tratteggiati se si tratta di rulli rigati - Sotto i cerchi è indicato il numero dei passaggi, la lunghezza e il diametro dei rulli macinanti, il rapporto tra le velocità e le caratteristiche delle righe.
- Il **passaggio di stacciatura** viene indicato mediante un rettangolo, diviso in un numero di strisce pari al numero degli stacci, con le frecce sulla sinistra che indicano i rifiuti e le frecce a destra che indicano i prodotti che attraversano le guarnizioni. I numeri segnati nei rettangoli indicano i micron della guarnizione dello staccio. Le sigle segnate accanto alle frecce indicano il passaggio a cui il materiale è destinato, oppure la sua denominazione se si tratta di prodotto finito. Le caratteristiche dimensionali dell'unità stacciante sono indicate dal numero degli scomparti o canali.
- Il **passaggio attraverso la semolatrice** è rappresentato mediante un rettangolo, suddiviso a sua volta in 8 o 12 parti ognuna delle quali rappresenta uno degli stacci della semolatrice - Normalmente ogni mezza macchina è rappresentata come un passaggio - Il numero di ogni passaggio è scritto sopra il rettangolo - In ogni parte del rettangolo è scritto inoltre il tipo di guarnizione usato per ogni staccio.

16.4.3. Componenti del grano e la farina

Effetti della macinazione sui componenti del grano

Lo scopo fondamentale della macinazione è la separazione graduale dei due principali componenti del grano, ovvero la parte corticale esterna del chicco di grano dalla parte interna denominata endosperma.

Come si è detto durante la macinazione l'endosperma viene ridotto gradualmente e progressivamente in semolina prima e in farina poi.

La parte corticale, che costituisce il sottoprodotto, viene divisa in crusca grossa, media e fine in funzione della dimensione.

L'endosperma è costituito in prevalenza da amido e da proteine.

L'amido rappresenta mediamente il 70%-74% del chicco di grano, mentre la percentuale di proteine è compresa tra l'8% ed il 15%. La percentuale di questi elementi può variare anche in modo sensibile e dipende principalmente dal tipo di grano: tenero, semiduro e duro.

Le proteine sono composte da una parte solubile in acqua e da una parte insolubile denominata glutine.

Durante il processo di macinazione bisogna avere cura di evitare il surri-

scaldamento del prodotto, quando questo attraversa i passaggi di riduzione, poiché ciò modifica negativamente alcune caratteristiche del glutine.

L'azione di stiramento e di compressione, presente nei passaggi di rimacina, determina il danneggiamento di alcune molecole di amido. Ciò attribuisce alla farina una maggiore capacità di assorbimento dell'acqua con comprensibile vantaggio per i fornai.

Per evitare conseguenze negative sulla qualità della farina e sul processo di macinazione, è necessario che la farina, ricavata in qualunque fase, sia inviata al magazzino dei prodotti finiti senza farle subire ulteriori passaggi.

Insieme alle farine e ai sottoprodotti, durante la macinazione del grano tenero, si ha la separazione del germe che è ricco di vitamine e di acidi grassi. La sua separazione, oltre che essere indice di buona qualità di macinazione, consente l'ottenimento di un prodotto che è molto richiesto dal mercato.

Inoltre, per quanto riguarda la farina, è opportuno che il germe sia separato poiché la sua presenza ha effetti negativi sulle operazioni di panificazione.

Estrazione delle farine

Come abbiamo visto ci possono essere vari procedimenti per macinare il grano e ciò dipende principalmente dalla materia prima, dal prodotto finito che si vuole ottenere, dal diagramma e dalla esperienza del mugnaio.

In ogni caso una macinazione è razionale quando consente la produzione di farine nella massima quantità (resa) ottenibile e di qualità conforme alle specifiche richieste e quando inoltre tende al pieno utilizzo dell'impianto per ridurre al minimo i costi di esercizio.

Durante la macinazione si cerca di mantenere separate le farine estratte dai vari passaggi per facilitare l'ottenimento di miscele attraverso l'utilizzo, in percentuale variabile, di farine con caratteristiche differenti.

Fanno eccezione le farine estratte dal 1° e 2° passaggio di rottura (B1 e B2) che provenendo dal centro dell'endosperma sono simili e possono essere mescolate fra di loro.

Da questi passaggi si ottiene comunque una limitata quantità di farina poiché tali passaggi hanno lo scopo di aprire il chicco di grano per produrre la maggiore quantità possibile di semola grossa da trattare nei passaggi successivi.

La separazione completa dell'endosperma dalla crusca, tramite l'azione di abrasione (finitura) della parte corticale, inizia generalmente dal 4° passaggio di rottura e termina con l'ultimo di questo tipo di passaggi.

In questi passaggi l'azione meccanica dei rulli macinanti intacca la parte corticale del chicco e ciò provoca l'estrazione di farina più scura e collosa.

La maggiore quantità si produce nei primi passaggi di raffinazione e rimacina (R e C) e diminuisce man mano che si procede verso gli ultimi passaggi.

Per quanto riguarda la qualità della farina essa è tanto più elevata quanto più risulta idonea all'utilizzo previsto. Il principale fattore su cui in genere ci si basa per la classificazione delle farine è il loro contenuto di proteine, sia in termini di quantità che di qualità, il che si traduce essenzialmente in quantità e qualità del glutine.

La qualità del glutine ai fini della panificazione è data dalla sua capacità di espandersi, sotto l'azione fermentativa, e di mantenere la deformazione assunta. Il glutine rigido (poco estensibile) o elastico (non mantiene la deformazione) o fragile (si rompe durante l'estensione), è di cattiva qualità.

La farina migliore per contenuto di proteine (glutine) e con basso tenore di ceneri, si ottiene dai primi passaggi di raffinazione e rimacina, quali i passaggi indicati come R1, C1 e C2, e ciò perché il prodotto destinato a questi passaggi è la semolina prodotta nei passaggi di rottura e pulita dalle semolatrici.

La farina ottenuta dal 4° all'ultimo passaggio di rottura, come quella ottenuta dagli ultimi passaggi di rimacina, presenta un'alta percentuale di proteine ma di bassa qualità e alto contenuto di ceneri.

Per ultimo va osservato che nonostante le "specializzazioni" descritte ogni passaggio di macinazione non produce un solo tipo di farina ma diversi tipi i quali vengono successivamente separati

Fattori che influiscono sulla panificabilità delle farine

Il principale fattore che influisce sulla panificabilità delle farine è la preparazione del grano ovvero la sua Pulitura e il Condizionamento.

Grazie all'aggiunta di acqua e al tempo di riposo gli enzimi presenti nel grano permettono con la loro azione di ridurre la coesione fra le parti cruscali e l'endosperma facilitando il distacco della crusca. Inoltre, rendendola più elastica, la parte corticale subirà meno rotture durante la macinazione.

Il risultato di un idoneo Condizionamento è una farina con le seguenti caratteristiche:

- colore più bianco;
- basso contenuto di ceneri;
- elevata attività diastatica.

Colore e qualità delle farine

Il colore delle farine è un indice di qualità e la qualità del pane o di qualsiasi altro prodotto è direttamente correlabile al colore, più o meno bianco, della farina.

Il colore della farina dipende da molti fattori, alcuni esterni al grano, come le polveri, altri interni, come i resti di crusca e di germe.

Altri fattori che influenzano il colore sono dovuti al carotene e al glutine: infatti le sostanze grasse sono di colore giallo forte, il glutine di colore grigio e l'amido di colore bianco. Per avere farine di buon colore e qualità è importante osservare le seguenti regole:

- a. pulire il grano;
- b. eliminare i grani estranei;
- c. spazzolare opportunamente il grano;
- d. eliminare tutte le particelle corticali prima che il grano entri nella sezione di macinazione;
- e. condizionare opportunamente il grano;
- f. analizzare ogni passaggio di macinazione controllare le curve delle ceneri.

Granulometria della farina

Una buona farina avrà granulometria fine e uniforme. La granulometria della farina dipende da:

- Il tipo di grano: più questo è duro e più sono grosse le particelle di farina;
- Il condizionamento: più è regolare la distribuzione dell'acqua nel chicco e più è uniforme e fine la granulometria della farina;
- I tipi di guarnizioni usati per gli stacci dei plansifter;
- L'efficienza dei passaggi di riduzione;
- Il numero dei disgregatori.

La granulometria della farina gioca un ruolo molto importante nel processo di panificazione. Se è uniforme migliora la fermentazione dell'impasto e con questo i risultati della cottura.

16.4.4. Considerazioni sulla macinazione del grano duro

Il processo tecnologico della estrazione delle semole dal grano duro assume una speciale fisionomia, più complessa di quella che si realizza nella macinazione del grano tenero. Questo è dovuto principalmente alla differenza dei prodotti da ottenersi: la semola è un prodotto granulare a spigoli vivi che viene classificata dalla semolatrice, mentre la farina è un prodotto fine la cui separazione avviene direttamente nel plansifter.

L'impostazione del diagramma e gli accorgimenti tecnologici che si adottano scaturiscono dalla considerazione che si devono raggiungere le massime percentuali di semola da pastificazione di alta qualità.

Nella macinazione del grano duro il problema della resa è molto importante, poiché la differenza di prezzo fra le semole (prodotto principale), la farina di grano duro (prodotto secondario) e la crusca (sottoprodotto), è molto più elevata che non tra farina e crusca di grano tenero.

Un buon grano duro può dare da 70% a 72% di semola e da 10% a 12% di farina; comunque, la resa è in relazione alla impostazione e conduzione degli impianti.

Preparazione

La preparazione (pulitura e condizionamento) del grano duro ha una influenza enorme sui risultati della macinazione.

Durante il processo di pulitura bisogna assicurarsi di eliminare ogni presenza di semi estranei, soprattutto di quelli che nel successivo processo di macinazione sporchierebbero le semole con punti rossi o neri, diminuendo di conseguenza il valore commerciale delle stesse.

Il condizionamento del grano duro pulito si svolge normalmente in due cicli di bagnatura e riposo della durata complessiva di 10-12 ore.

La prima bagnatura aggiunge circa il 4%-5% di acqua e prevede un riposo prolungato di 6-8 ore, mentre la seconda bagnatura aggiunge lo 0,5%÷1% di acqua e prevede un riposo breve di 1-2 ore.

A volte viene prevista una terza bagnatura con l'aggiunta di uno 0,5% d'acqua per un tempo di riposo molto breve di 30 minuti.

Questa preparazione conferisce al grano, al momento di entrare in macinazione, un tasso di umidità compreso tra il 15% ed il 16% circa alla parte centrale del chicco assicurandone la plasticità necessaria a favorire la sua disgregazione sotto forma di semola, le parti periferiche, comprendenti gli involucri e il germe, hanno, per contro, una umidità del 18% circa, il che facilita la separazione di questi ultimi sotto forma di lamelle abbastanza larghe.

È da tenere presente che la vitrosità della semola è una delle caratteristiche essenziali e l'eccesso di umidità, penetrando rapidamente all'interno del chicco, può alterarla e diminuirla con conseguente aumento di produzione di farina.

Tecnica di macinazione

a. Rotture

I passaggi di rottura devono produrre la minor quantità possibile di farina e perciò i rulli macinanti presentano angoli più acuti, con rigature più taglienti e maggiore inclinazione rispetto a quelli usati per il grano tenero. La regolazione dei rulli deve essere tale da permettere l'ottenimento di un'alta percentuale di semole grosse, che saranno successivamente pulite e quindi raffinate alla granulometria desiderata.

Nelle ultime rotture, dalle quali non possono provenire semole grosse, l'allestimento del passaggio deve consentire l'ottenimento dei restanti frammenti di endosperma, completando la finitura della crusca.

Per quanto riguarda la potenzialità, i carichi cui sono sottoposti i rulli per la lavorazione del grano duro devono essere inferiori a quelli utilizzati per il grano tenero; ciò per evitare situazioni di sovraccarico che non è possibile fronteggiare con l'aumento del numero di giri, come si fa per il grano tenero, poiché questo provocherebbe un aumento della produzione di farina.

Quindi rispetto al molino a tenero il numero minimo di rotture deve essere aumentato di uno o due passaggi, che in ogni caso non possono essere inferiori, tra grosse e fini, a cinque. Qualora la potenzialità del molino lo permette, è opportuno suddividere le rotture in grosse e fini già a partire dal secondo passaggio; le differenze nei rulli risiedono generalmente nel numero di righe per centimetro.

Nel molino a duro è escluso l'impiego di spazzole da crusca intermedie; si usano soltanto le spazzole da crusca finali per completare la pulizia della crusca e quindi recuperare la farina residua.

La guarnizione dei plansifter di rottura viene scelta in modo che tutti i prodotti intermedi, suscettibili di pulitura, vengano inviati alle semolatrici, e che abbiano granulometrie tali da non compromettere il lavoro delle stesse.

Siccome le semole prodotte dalle ultime rotture sono, come è naturale, sempre più fini, molto vestite e con alto tenore di ceneri, vengono inviate a semolatrici che hanno il compito di prepulirle, e successivamente vengono condotte agli svestimenti per essere trattate assieme alle semole di qualità simile, provenienti da altri passaggi di pulitura.

b. Classificazione e pulitura

I canali di plansifter adibiti a passaggi divisorii hanno la funzione di suddividere per granulometria le semole e semolini, provenienti dai diversi passag-

gi, in determinati campi granulometrici, che saranno poi trattati dalle diverse semolatrici.

La classificazione segue regole precise; di seguito vediamo alcuni dei sistemi che vengono adottati:

1. Omogeneità nella qualità dei prodotti da classificare: i divisori ricevono prodotti che sono da classificare in base a differenze granulometriche.
2. Carico massimo delle macchine di destinazione.
3. Numero di gruppi di granulometria in cui si vuole dividere il prodotto.

Il numero di classificazioni, ovvero il numero degli scarichi dei canali, dipende dal numero di semolatrici disponibili. Il numero di semolatrici dipende dalla potenzialità del molino ma anche da particolari situazioni di mercato locale e da accorgimenti tecnici del diagramma.

È difficile che ogni semolatrice venga alimentata sempre allo stesso modo, con la stessa quantità di prodotto, ma l'effetto della pulitura risulta migliore quanto minore è il campo granulometrico del prodotto che la carica.

I rifiuti delle semolatrici giungono agli svestimenti, che eseguono la separazione delle particelle cruscali, generando così nuovamente prodotti atti a venire trattati sulle semolatrici.

c. Raffinatori, svestimenti

Sono passaggi che in ogni diagramma vengono condotti in modo e con scopi diversi. Ciò che viene indicato in un diagramma come raffinatore rigato, può essere in un altro indicato come svestimento.

Dal punto di vista tecnico diagrammatico questi passaggi si possono classificare in due gruppi:

1. passaggi di raffinazione sono quelli dove lo scopo principale è quello di ridurre la dimensione delle semole già pulite.
2. passaggi di svestimento sono quei passaggi dove sono concentrate tutte le semole vestite per completarne la separazione dalla crusca.

Con queste riduzioni di calibro ed opportune staccature e puliture è possibile separare particelle ricche di ceneri da altre povere in ceneri, raggiungendo lo scopo di avere dei prodotti finiti puliti.

I prodotti che richiedono una riduzione perché hanno un alto quantitativo di crusca aderente, è bene che prima della riduzione vengano trattati in semolatrici, ottenendo, a grandi linee, due prodotti: quello che ha attraversato gli stacci e il rifiuto.

Quello che ha attraversato gli stacci è pesante, contiene poca crusca e ha una granulazione uniforme. Il rifiuto contiene poche semole ma più crusca.

Per il miglioramento di questo rifiuto può tornare utile un successivo passaggio di svestimento.

Questi due gruppi di semole e semolini sono da considerarsi adatti per raffinatori rigati, se riferiti al prodotto che passa, e per svestimenti, se riferiti ai rifiuti delle semolatrici.

Gli svestimenti hanno degli angoli di rigatura più acuti sempre per ridurre

al minimo la quantità di farine prodotte. Infine va tenuto presente che gli svestimenti vengono separati in grossi e fini e questo per facilitare la regolazione della macchina e di conseguenza la lavorazione del prodotto.

d. Rimacine

Se i prodotti residui non possono più dare semole e semolini, le particelle di endosperma ancora presenti servono per produrre farine e sono appunto i passaggi di rimacina che servono a questo scopo. Questi passaggi hanno rulli lisci.

16.4.5. Funzionamento del molino

Messa a punto e collaudo

Nonostante l'accurata scelta degli elementi fondamentali relativi all'impostazione del diagramma e all'esperienza che il progettista mette a profitto nella sua stesura, si può verificare che, una volta montato il molino, sia necessario un certo tempo prima che si possano ottenere tutti i risultati previsti dal diagramma medesimo.

Per esempio la scelta di alcune guarnizioni potrebbe non essere stata la più corretta oppure alcune macchine potrebbero lavorare con capacità ridotte.

Occorre pertanto individuare le cause degli eventuali inconvenienti onde eliminarle, provvedendo cioè alla messa a punto dell'impianto.

Dopo di che si effettua il collaudo, che consiste nel verificare il raggiungimento delle specifiche di potenzialità e qualità per cui è stato studiato e realizzato l'impianto.

Regolazione di un molino

Anche un molino ben pianificato ed equipaggiato con un ottimo diagramma può dare dei risultati scarsi se non è regolato e condotto con criterio ed esperienza tecnica.

Le prime regolazioni e controlli da effettuare in ordine di tempo e di importanza sono sulle macchine di pulitura e condizionamento.

Di seguito deve essere verificato e regolato ogni passaggio di macinazione.

Il complesso della macinazione, ai fini della regolazione, si può dividere nelle seguenti fasi:

a. Sistema di rottura: le prime tre rotture devono essere regolate in maniera tale da fornire la percentuale richiesta di produzione; le restanti devono tagliare il meno possibile i cruscami, liberando al massimo l'endosperma.

Le alimentazioni devono essere mantenute sempre con un flusso costante di prodotto distribuito su tutta la lunghezza dei rulli.

Nella macinazione l'alimentazione dei laminatoi deve avvenire con un velo di prodotto molto sottile, quando si tratta di prodotti semolosi.

Questo velo può essere aumentato quando si tratta di prodotti miscelati con parti cruscali, come nei passaggi di rottura.

La regolazione dei laminatoi comanda in ogni modo il procedimento di macinazione e il numero dei passaggi, in quanto, modificando il modo di lavorare

di un laminatoio, immediatamente si provocano delle variazioni nei passaggi successivi.

Inoltre la regolazione dei rulli è importante agli effetti della resa, della colorazione, della granulazione e della qualità della farina.

Per quanto riguarda ancora l'alimentazione bisogna che non sia eccessivamente leggera, altrimenti i rulli strappano e rompono anzi che ridurre, con la conseguenza di avere farina macchiate.

- b. **Classificazione e stacciatura:** l'efficienza della classificazione e della stacciatura dipendono da un controllo costante delle tele o guarnizioni, nonché dalla regolazione data ai rulli.
- c. **Purificazione:** la prima regolazione è l'alimentazione, in modo da permettere un'azione d'aspirazione e di stacciatura su tutte le particelle del prodotto.
- d. **Sistema di svestimenti:** la regolazione di questi rulli deve permettere di imprimere una pressione che separi dai cruscami l'endosperma ancora attaccato, ma che nello stesso tempo eviti la produzione di farine.
- e. **Sistema di rimacine:** i rulli di rimacina devono ridurre (nella prima rimacina) l'endosperma in modo tale che sia più facile separarlo dai cruscami e dal germe.
Nelle restanti rimacine la pressione deve essere sufficiente per estrarre dal 30% al 60% di farina.

Metodi per calcolare i risultati di macinazione

Per controllare il funzionamento, l'efficacia di un molino, e i risultati economici del suo lavoro, è necessario calcolare con regolarità la resa di farine o semola, l'umidità aggiunta o sottratta nel condizionamento, la percentuale di impurità macinate e aggiunte ai sottoprodotti e la perdita per evaporazione durante la macinazione.

Esistono quattro metodi per il calcolo d'estrazione di farine o semola:

1° Metodo

L'estrazione è calcolata sul grano sporco e non bagnato. Il suo interesse è strettamente commerciale, perché permette di conoscere rapidamente il risultato economico esatto del molino.

Le cifre includono le impurità ritrovate nel grano e come tale pagate, i guadagni o le perdite riscontrate a causa della qualità e quantità di farina o semola, la variazione di percentuale di cruscami prodotti e la perdita per evaporazione.

Esempio:

100 ton. di grano

Farina A	= 28,5 ton
Farina B	= 40,0 ton
Farina C	= 4,5 ton
	73,0 ton

Crusca	= 6,0 ton
Cruschello	= 7,0 ton
Tritello, farinaccio	= 10,0 ton
Impurità, macinata aggiunta	= 2,5 ton
Semi vari	= 2,0 ton

100,5 ton

Impurità di pulitura = 1,0 ton

101,5 ton

Guadagno netto in macinazione (1,5 ton.) = 1,5%

Estrazione del grano senza pulitura e bagnatura = 73%

Il guadagno lordo della macinazione è calcolato moltiplicando la percentuale di prodotti finiti per il loro valore commerciale.

2° Metodo

Estrazione basata sul grano pulito non bagnato; metodo utile per analizzare il lavoro del molino per ogni tipo di grano e paragonare l'estrazione ottenuta dai diversi grani.

Esempio:

100 ton. di grano

Grano sporco non bagnato = 100,0 ton

Impurità = 2,5 ton

Grano effettivo per macinazione = 97,5 ton

Farine prodotte = 73,0 ton

Percentuale estrazione farina $73 * 100 / 97,5 = 74,8\%$

3° Metodo

Estrazione basata sul grano pulito pesato prima del B1; questo metodo rapido richiede la conoscenza di due dati: il peso del grano prima del B1 e il peso della farina.

Esempio:

100 ton. di grano

Grano = 100,0 ton

Impurità = 2,5 ton

Grano effettivo da macinare = 97,5 ton

Grano pulito e bagnato, pesato prima del B1 = 101,0 ton

Acqua aggiunta = 3,5 ton

Farina prodotta = 73,0 ton

Sottoprodotti, senza aggiunta di impurità = 26,0 ton

Produzione grano pulito = 99,0 ton

Acqua evaporata = 2,0 ton

Estrazione del grano pulito alla prima rottura (B1) $73 * 100 / 101 = 72,3\%$

4° Metodo

Estrazione basata sui prodotti ottenuti dal grano pulito, senza considerare l'umidità aggiunta, la percentuale di evaporazione e la percentuale di impurità. Il risultato è approssimativo.

Esempio:

Farina	= 73 ton
Sottoprodotti	= 26 ton
Totale	= 99 ton

Estrazione farina $73 \cdot 100 / 99 = 73,7\%$

16.4.7. Le macchine della macinazione

Il laminatoio e i rulli macinanti

I Laminatoi moderni sono generalmente macchine doppie su cui cioè sono installate due coppie di rulli. Ogni coppia costituisce un passaggio indipendente.

I rulli, veri e propri utensili della macinazione, possono essere rigati o lisci. I primi presentano sulla superficie delle scanalature elicoidali, più o meno profonde e fitte, che hanno lo scopo di ridurre, per recisione, le dimensioni del materiale.

Seguendo il diagramma di macinazione, le rigature dei rulli diventano progressivamente più fini, (ad esempio: passaggio B1: 4 righe/cm; B5: 11 righe/cm).

Questo perché la dimensione dei prodotti da macinare si riduce progressivamente e l'azione che le righe devono esercitare sul prodotto deve essere progressiva.

Sui passaggi di riduzione i rulli macinanti sono lisci o scabratì. Questo perché non è più richiesta l'azione tagliante, ed invece è richiesta un'azione di schiacciamento e di stiramento.



Fig. 16.22 - Laminatoio a rulli orizzontali RMX.



Fig. 16.23 - Sala laminatoi.

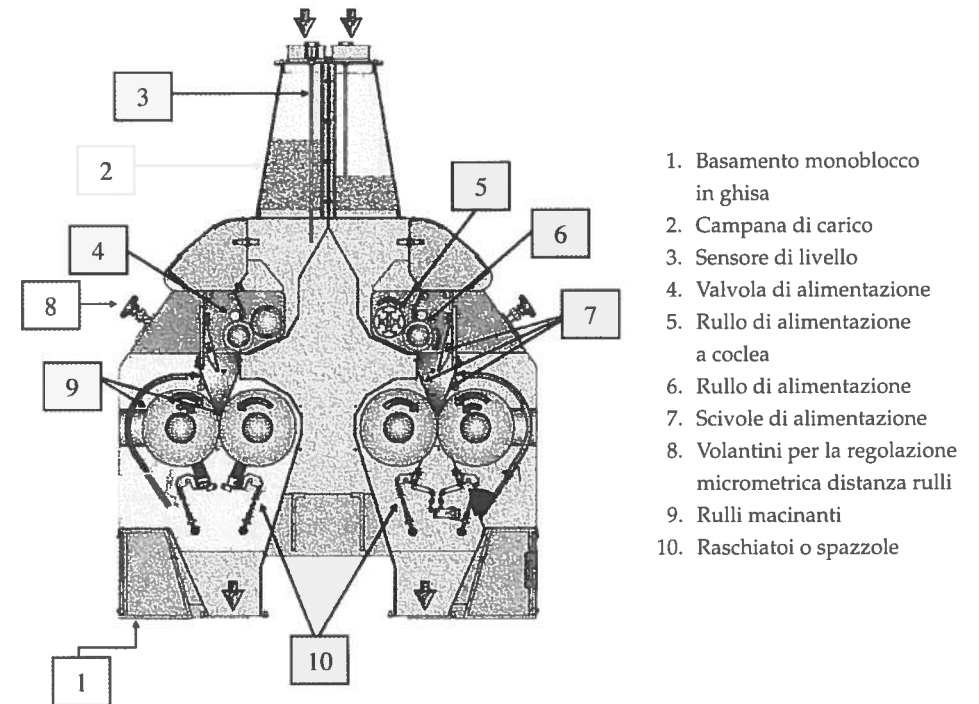


Fig. 16.24 - Laminatoio.

Caratteristiche dei rulli

Diametro: l'esperienza ha dimostrato che il diametro ottimale si colloca nel range fra 220 e 300 mm.

Infatti non deve essere troppo grande per graduare meglio l'azione della macinazione, né troppo piccolo per non rendere difficoltosa l'entrata del materiale. Oggigiorno il diametro preferito da tutti i costruttori è 250 mm.

Lunghezza: più grande è il diametro più lunghi possono essere i rulli. Considerando comunque i problemi di pressione, rigidità, manutenzione e standardizzazione, le lunghezze adottate sono generalmente le seguenti: 800, 1000, 1250 mm. Raramente 600 o 1500 mm.

Velocità: la prima importante considerazione da fare è la diversa velocità che i due rulli di una coppia devono avere. La differenza di velocità impedisce la semplice azione di schiacciamento o nei rulli rigati permette alle righe di agire come cesoie nell'azione di riduzione del prodotto.

Per quanto riguarda le velocità periferiche pur considerando che a una maggiore velocità corrisponde una maggiore produzione ci sono limiti da non superare per evitare l'eccessivo riscaldamento del materiale, in particolare nei rulli lisci dove agiscono notevoli pressioni e stiramento del prodotto.

In genere sono adottati le seguenti velocità e rapporti fra rullo veloce e rullo lento:

- rullo veloce in passaggi di rottura: da 6 a 8,5 m/s; rapp. da 1,9 a 2,5
- rullo veloce in passaggi di rimacina: da 4,5 a 6 m/s; rapp. da 1,2 a 1,3

Rigatura: dal momento che la rigatura gioca un ruolo molto importante nel processo di macinazione, è necessario avere le idee chiare sulle seguenti caratteristiche principali:

- **angoli:** per la produzione di farine si usano angoli larghi, il che vuol dire circa 35/70°, 40°/70°.
Per la produzione di semolina di grano duro gli angoli utilizzati sono più stretti, il che vuol dire circa 30°/60°, 35°/60°, 35°/65°.
In corrispondenza di angoli larghi l'azione sul prodotto sarà in prevalenza di schiacciamento piuttosto che di taglio, mentre con angoli stretti prevarrà l'azione tagliente su quella di schiacciamento.
- **pianetto:** si definisce "pianetto" la porzione piana di circa 0,2 mm che si mantiene sulla sommità di ogni riga, allo scopo di evitare la produzione di polvere di crusca a causa dell'azione brusca delle estremità spigolose. Inoltre il pianetto rende più robusto e duraturo il corpo della riga.
- **raccordo:** il fondo di ogni riga sarà arrotondato. Questo consente alla riga di mantenersi pulita.
- **inclinazione:** l'inclinazione delle righe varia dal 3% al 16%. Quanto più elevata è l'inclinazione delle righe, tanto maggiore è l'azione tagliente dei rulli.
- **disposizione dei rulli rigati:** considerando che ogni riga ha due lati, uno chiamato "taglio" e l'altro chiamato "dorso", i denti della coppia di rulli possono assumere quattro differenti disposizioni:

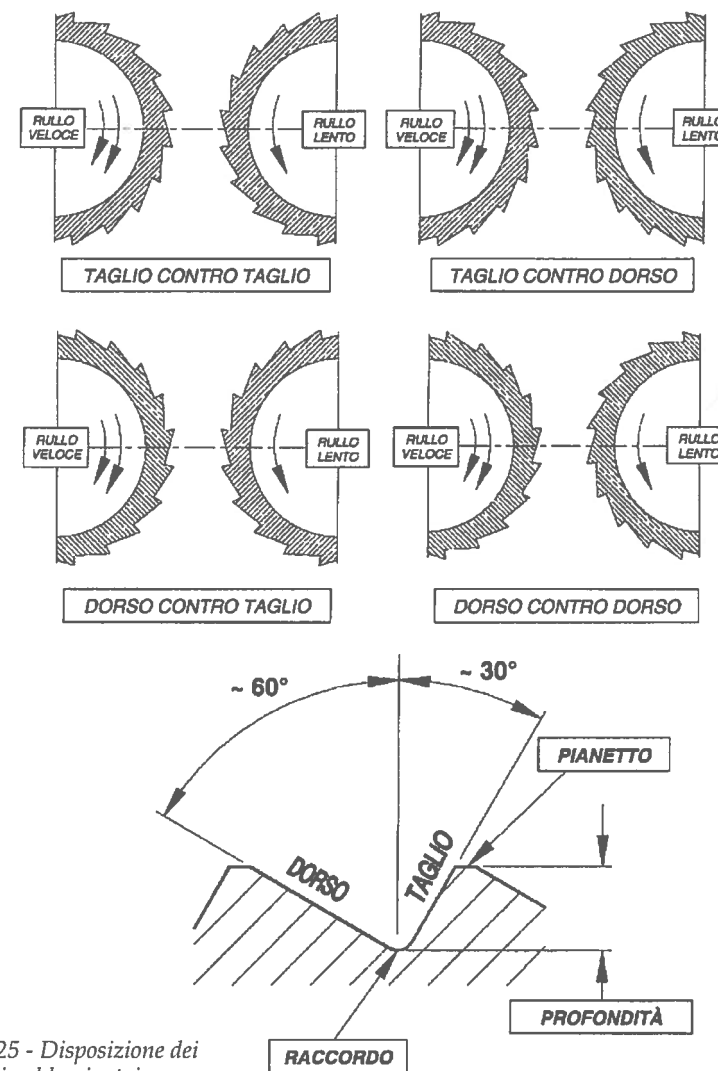


Fig. 16.25 - Disposizione dei rulli nel laminatoio.

- taglio contro taglio
- taglio contro dorso
- dorso contro dorso
- dorso contro taglio.

Con la posizione "taglio contro taglio" si ottiene la massima azione tagliente. Questa posizione si impiega prevalentemente nei molini per semolina di grano duro.

Con la posizione "taglio contro dorso" si diminuisce l'azione tagliente. Tale posizione si usa sia nei molini per semolina che in quelli per farina.

Con la posizione "dorso contro taglio" si ottiene una maggiore azione premente. Tale posizione si usa in prevalenza nei molini per farine di grano tenero.

Con la posizione "dorso contro dorso" si ottiene la massima azione premente. Tale posizione si usa in prevalenza nei molini per farine di grano semiduro.

Cambiando le caratteristiche delle righe e la disposizione dei rulli è possibile ottenere diversi risultati di macinazione.

Scabatura: i rulli cosiddetti lisci devono in effetti essere ruvidi o scabretti, presentare cioè un grado di rugosità che permette di ottenere la stessa resa con minor pressione, temperatura e consumo di energia.

Inoltre la rugosità impedisce la formazione di placche, facilita la presa del prodotto e l'azione di stiramento.

Forma: a causa delle forti pressioni, in particolare per i rulli lisci, si determina una flessione che pregiudica l'uniformità della loro azione sull'intera lunghezza.

È necessario pertanto che i rulli siano costruiti con una adeguata rastrematura alle due estremità per recuperare l'errore causato dalla deformazione.

Distanza fra i rulli: è un'ulteriore fattore che influenza il modo di lavorare dei denti. Se i rulli sono molto vicini compiono un'azione maggiormente comprimente, mentre se sono meno vicini compiono un'azione più raspante.

La capacità di un impianto molitorio è rapportabile alla lunghezza totale del laminatoio. Per determinare tale capacità si utilizza il "Coefficiente di Macinazione" che viene espresso in mm/100 kg x 24 h.

Il coefficiente di macinazione può variare da 9 a 16.

Macchina rigatrice/rettificatrice

I rulli, pur essendo di ghisa molto dura, come ogni utensile si usurano. Le righe perdono l'affilatura e i rulli non lavorano più in condizioni ottimali determinando delle ripercussioni negative sia sulla quantità che sulla qualità della produzione. Le rigature però possono essere rinnovate più volte usando una macchina specifica che prima rettifica il vecchio rullo e quindi esegue la nuova rigatura. È conveniente la presenza di questa macchina in tutti i molini di medio/alta potenzialità.



Fig. 16.26 - Rigatrice rettificatrice GFI.

Il plansifter e gli stacci

I Buratti piani ad oscillazione libera (Plansifter) sono di gran lunga i Buratti più importanti nei molini moderni, essendo impiegati di regola al servizio delle rotture, degli svestimenti, e delle rimacine. I Plansifter sono macchine che classificano il prodotto in base alla sua dimensione. Grazie ai continui miglioramenti meccanici le prestazioni di questa macchina sono oggi eccellenti ed affidabili.

Il tipo più moderno è il Plansifter Quadrato.

La macchina può essere equipaggiata con:

- 1 canale (o sezione), utilizzata per il ripasso delle farine;
- 2 canali (o sezione) utilizzati per il ripasso delle farine e per la classifica dei prodotti granulari;
- 4, 6, 8 oppure 10 canali, utilizzati nel processo di macinazione.

I plansifter a 1 o 2 canali, presentano un numero massimo di stacci pari a 10, mentre per i plansifter a 4, 6 ed 8 canali il numero massimo degli stacci è pari a 30.

Ogni plansifter è sospeso alle travi di sostegno mediante canne in legno o in fibreglass.

Il contappeso, posizionato nella cabina centrale, azionato mediante moto-



Fig. 16.27 - Plansifter.

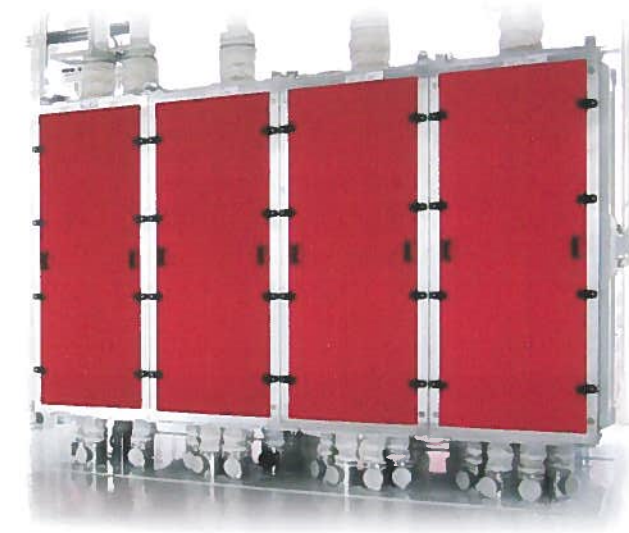


Fig. 16.28 - Buratto SFI S-L.

re e trasmissione a cinghie, impartisce alle macchine un movimento di oscillazione circolare.

Ogni canale contiene circa trenta telai. Ogni telaio è costruito con un legno speciale rivestito plastica e/o alluminio. Ogni telaio contiene uno staccio intercambiabile, che è a sua volta realizzato in legno rivestito di formica e supporta la guarnizione (in rete metallica o in nylon) e al suo interno contiene gli elementi pulitori.

Il prodotto all'ingresso può essere suddiviso, in base alla dimensione, in un numero di flussi di prodotto variabile da 4 a 8.

La capacità di un impianto molitorio è correlabile alla superficie staccante netta totale.

Normalmente per la macinazione di 1 Ton di grano nelle 24 ore è richiesta una superficie staccante netta pari a $0,55 \div 0,65 \text{ m}^2$.

Le pulitrici da semola (semolatrici)

Le Semolatrici sono macchine che hanno il compito di perfezionare il lavoro di selezione delle semole provvedendo ad un'ulteriore classificazione di questi prodotti in base al peso e alla densità. Sono indispensabili nei molini a grano duro, dove la semola è il prodotto finale, e quindi le Semolatrici qui tratteranno circa il 75% del prodotto. Invece nei molini per farina le Semolatrici sono usate per produrre una moderata quantità di semolina e per pulire la restante parte del prodotto per produrre semolina, che deve essere inviata ai passaggi di raffinazione e riduzione.

Avendo a disposizione semolina pulita per detti passaggi è più facile otte-



Fig. 16.29 - Piano semolatrici.



Fig. 16.30 - Semolatrice SDI, SDX.

tere come prodotto finale farina più bianca e con più basso contenuto in ceneri. La Semolatrice è generalmente una macchina doppia costituita da due sezioni affiancate e indipendenti. Ogni sezione è costituita da un cassone, la cui parte superiore (cappa) è a tenuta d'aria ed è divisa in vari scomparti provvisti di sportelli di ispezione.

Sotto la cappa scorrono, montati su un trabatto obliquo e oscillante, tre ordini di stacci realizzati ciascuno in 4 sezioni. La vibrazione, data da masse contrattanti, garantisce l'avanzamento del materiale.

Un sistema di aspirazione fa fluire aria dal basso verso l'alto, passando attraverso le maglie degli stacci e il materiale sovrastante, provocando un galleggiamento delle particelle più leggere che possono quindi essere parzialmente aspirate e portate ai filtri. Con una buona regolazione delle valvole, che determinano il flusso dell'aria negli scomparti, il materiale si distribuisce in strati che partendo dal basso comprendono:

- semole e semolini puri piccoli
- semole e semolini puri grossi
- semole e semolini vestiti piccoli
- semole e semolini vestiti grossi
- particelle di crusca pesanti
- particelle di crusca leggera e polveri.

I prodotti che escono dal primo scomparto sono i più puri e omogenei per dimensione e qualità. Man mano che si va verso la coda della macchina i prodotti sono sempre meno puri e necessitano di ulteriori passaggi di svestimento o rimacina.

L'elemento fondamentale che definisce la potenzialità di una Semolatrice è la larghezza degli stacci.

16.5. IL MAGAZZINO

A valle del reparto Macinazione troviamo il Magazzino dei prodotti finiti, essenzialmente costituito da una batteria di celle fariniere, dagli eventuali impianti di miscela, di insacco e/o impacchettamento e dal magazzino dei prodotti insaccati. Questo è l'ultimo reparto attraverso il quale passa il prodotto prima di essere immesso sul mercato.

In questo paragrafo esamineremo i metodi di stoccaggio, di insacco e di consegna più in uso nel mondo e alcune problematiche legate ad esso.

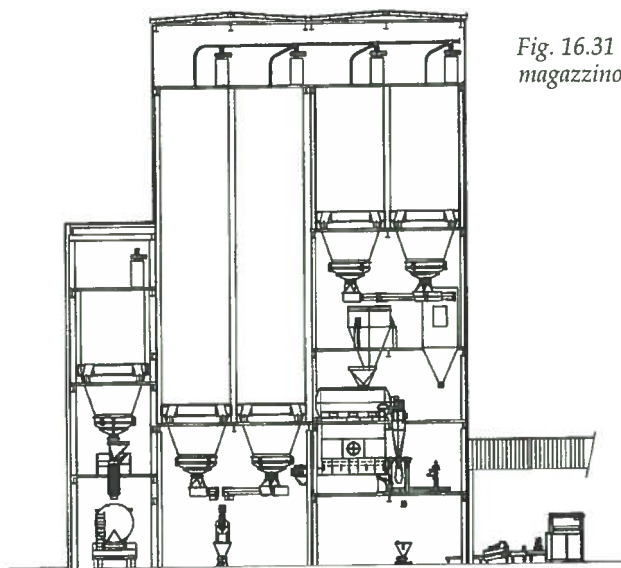


Fig. 16.31 - Schema di un magazzino prodotti finiti.



Fig. 16.32 - Silo prodotti finiti.

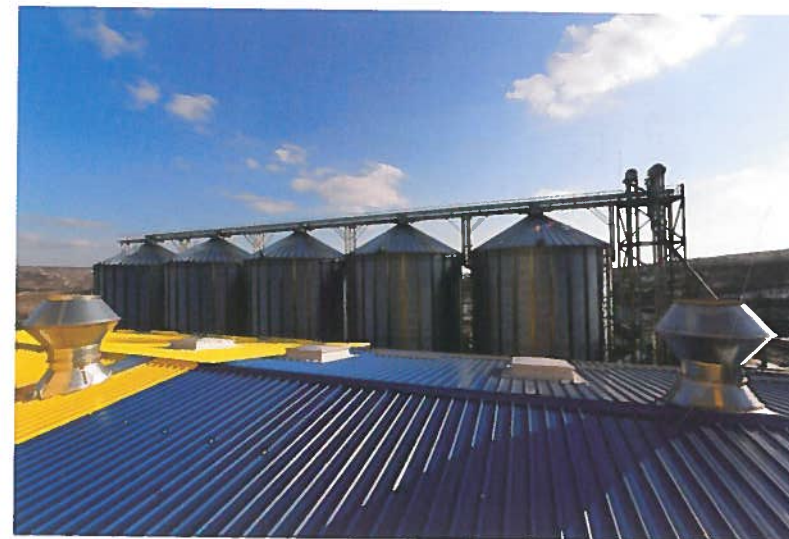


Fig. 16.33 - Vista dall'alto di un magazzino prodotti finiti.

16.5.1. Stoccaggio dei prodotti alla rinfusa

In genere la capacità di questo magazzino viene dimensionata per quantità di prodotto pari a 5÷10 giorni di macinazione e con almeno una cella per ogni tipo di farina prodotta. Come per i silo da grano anche le fariniere possono essere realizzate in cemento o in acciaio. Nel primo caso le pareti devono essere il più possibile lisce e rivestite per essere impermeabili. Nel secondo caso ai minori costi di realizzazione fanno riscontro maggiori costi di manutenzione per la pulizia nelle intelaiature metalliche dove si deposita la polvere.

Comportamento delle farine nelle celle

Quando dei prodotti solidi vengono insilati in una cella, e questa è riempita fino ad un certo livello, si determina una pressione "statica" che agisce sulla parete laterale e, verso il basso, sulla tramoggia di scarico. Quando si inizia a scaricare aumenta notevolmente la pressione sulle pareti (anche fino a tre volte quella iniziale) e si riduce la pressione verticale.

Queste pressioni, definite "dinamiche", sono prese in considerazione nella progettazione della cella.

I metodi usati, al fine di ottenere un ottimale flusso di svuotamento, si basano o sulla forma geometrica della cella oppure sull'uso di dispositivi che aiutano il prodotto a defluire. Il primo metodo, migliore dal punto di vista del consumo energetico e della manutenzione, prevede che le pareti della cella siano molto ripide e, comunque, correlate alle caratteristiche del flusso del materiale. In certi casi, però, questo sistema potrebbe richiedere l'uso di locali troppo alti a causa dell'elevata pendenza necessaria per le pareti laterali. Inoltre se il materiale per qualche motivo "si compatta" (le varie particelle si legano o si fondono per azio-



Fig. 16.34 - Estrattori vibranti EVI/N, EVC/N.

ne del proprio peso e del carico sovrastante) non ci sono forze esterne, che si oppongono a questo fenomeno e la forza di gravità da sola è insufficiente. Si rende così impossibile il flusso del prodotto attraverso la bocca di uscita che è relativamente stretta.

L'alternativa a questo metodo, è l'utilizzo degli Estrattori Vibranti che, muovendosi concentricamente, impediscono la fusione di una particella con l'altra evitando i problemi di compattamento. La vibrazione orizzontale stacca il prodotto dalle pareti laterali, mentre quella verticale tende a farlo uscire. L'Estrattore Vibrante è costituito da due elementi uniti da una speciale fascia elastica; quello superiore, a sezione cilindrica, è fissato al fondo della cella, l'altro, il fondo vibrante, è sospeso al primo mediante una serie di sospensioni elastiche che evitano la trasmissione delle vibrazioni alle celle.

Un motovibratore mette in movimento sia il fondo vibrante che uno scudo piazzato sopra la bocca di scarico; quest'ultimo impedisce la formazione di ponti, frena la discesa del prodotto e corregge la demiscelazione creatasi durante il carico della cella.

16.5.2. Sistema miscela farine

In una situazione di mercato dove la competizione è sempre più agguerrita, per le aziende è di vitale importanza un maggior controllo dei costi e una maggiore attenzione alle esigenze del mercato.

In campo molitorio questi principi si traducono in:

- miglior utilizzo delle diverse qualità di grano;
- miglior servizio ai clienti in relazione allo specifico uso che essi fanno della farina.

Questi obiettivi possono essere raggiunti utilizzando delle miscele di grano nelle quali si faccia il minor uso possibile di grani forti o ad alto contenuto proteico, ovvero dei grani più costosi, quando ciò non sia strettamente necessario.

Lo studio di idonee miscele consente quindi un risparmio sull'acquisto della materia prima.



Quando non è possibile agire sulla materia prima, a causa delle politiche di importazione o delle disponibilità dei diversi tipi di grano o a causa delle infrastrutture esistenti nell'impianto che non lo permettono, è necessario puntare sul prodotto finale attraverso l'uso di un sistema di miscela delle farine.

Attualmente, anzi, il sistema per la miscela delle farine è il metodo che meglio consente di soddisfare la crescente domanda di farine speciali, che è direttamente correlata alla crescente richiesta di pani speciali.

Questo sistema consente sostanzialmente i seguenti vantaggi:

- Produzione di farine preparate appositamente per specifici impieghi, con conseguente maggiore soddisfazione del cliente e possibilità di spuntare prezzi migliori. La miscela delle farine consente inoltre di ottenere prodotti più uniformi e quindi di migliore qualità, intesa come conformità alle specifiche del cliente, rispetto a quelli ottenuti miscelando i grani.



- Possibilità di servire rapidamente il mercato con la miscela richiesta.
- Possibilità di aggiungere additivi e miglioratori per farina.
- Possibilità del mugnaio di studiare una propria farina, migliorando così l'immagine della azienda, per l'aiuto che può essere dato ai panificatori sul metodo per lavorarla (tempi di cottura, assorbimento di acqua, aggiunta di additivi, ecc.).

Semplificazione del processo di macinazione poiché la produzione può lavorare in gran parte per magazzino e solo nella parte finale per commessa. Ciò consente una migliore programmazione delle attività di manutenzione e riduce il ricorso al lavoro festivo e notturno e i costi relativi

Questi vantaggi ripagano ampiamente il costo dell'investimento per la realizzazione dell'impianto.

L'impianto può essere realizzato posizionato direttamente sotto le celle di stoccaggio delle farine ovvero in una sezione separata per la miscela delle farine stesse.

Il sistema posizionato sotto il silo farine può sembrare più economico come costo iniziale di investimento delle apparecchiature (non ci sono celle aggiuntive e non c'è necessità di trasporto del prodotto), ma bisogna considerare che è necessario un fabbricato più alto per poter mettere la bilancia di miscela sotto le celle, che sono poste a loro volta al terzo o quarto piano; quindi si determina un cattivo utilizzo dello spazio e si crea interferenza con le operazioni di impacchettamento e di ricircolo.

È sicuramente più vantaggioso il secondo sistema che consente di produrre la farina miscelata indipendentemente dalle altre operazioni che si svolgono nell'impianto.



Il sistema prevede un certo numero di celle di miscela dedicate alla operazione della miscela farine, pertanto la loro capacità è limitata consentendo un risparmio di spazio anche perché le celle di stoccaggio della farina possono essere progettate occupando lo spazio fino al piano terra, ottenendo così celle di maggiore capacità in un fabbricato complessivamente più basso. Questa sezione può facilmente essere abbinata ad un impianto molitorio esistente con un investimento molto ridotto, la miscela farine può essere posta al servizio di uno o più molini contemporaneamente, pompando differenti tipi di farina provenienti da diverse linee di macinazione in un unico sistema di miscela.

La miscela delle farine può essere realizzata con un sistema di miscela di tipo continuo, ovvero con un sistema di miscela di tipo discontinuo.

Il sistema di miscela di tipo continuo è più adatto per impianti dove si effettuano miscele di grandi quantitativi di farina dello stesso tipo con ripetizione della stessa formula.

Il sistema di miscela di tipo discontinuo è normalmente utilizzato negli impianti che utilizzano molte ricette diverse tra loro con piccoli quantitativi di farina, che servono con elevata frequenza diversi clienti che richiedono produzioni di diversi tipi di farina dedicata.

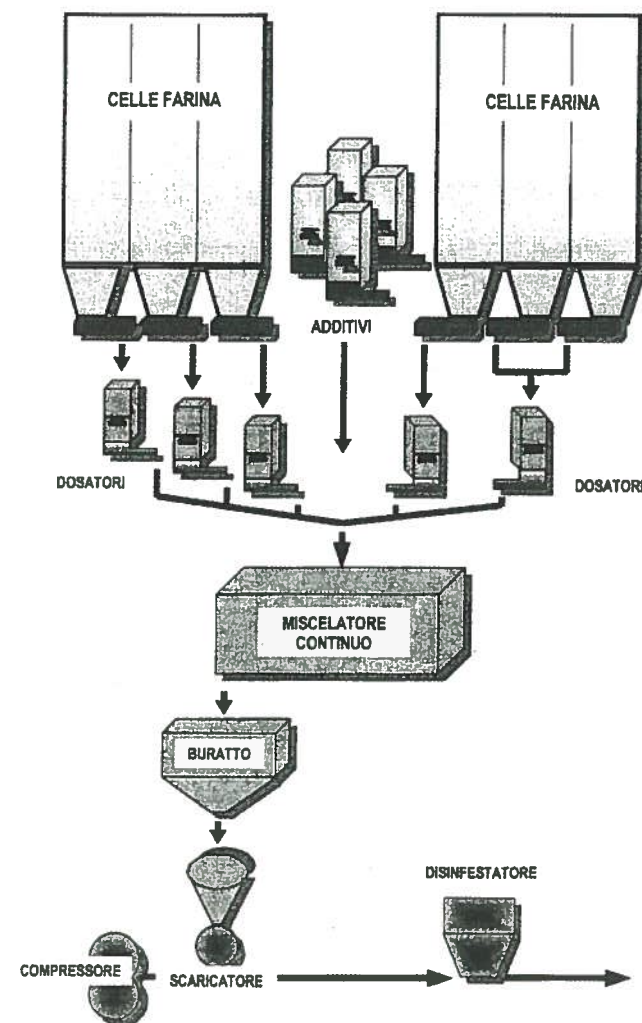


Fig. 16.35 - Sistema continuo per la miscela delle farine.

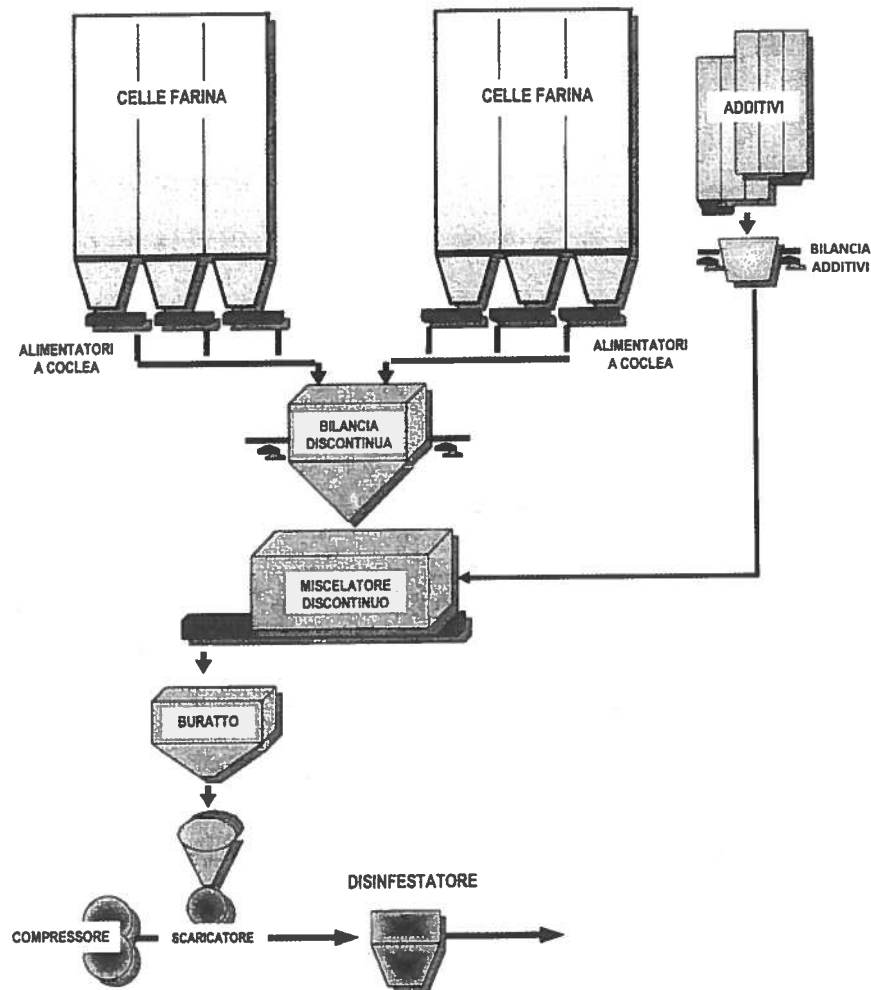


Fig. 16.36 - Sistema discontinuo per la miscela delle farine.

16.5.3. Insacco prodotti e spedizione

Un efficace stoccaggio in celle fariniere è collegato alla possibilità di svuotare queste ultime in maniera efficiente.

La farina viene trasportata con i più svariati sistemi: sacchi, piccole celle trasportabili, taniche per cucina, vagoni ferroviari, autocarri, chiatte, ecc..

In genere, l'asportazione della farina da un magazzino alla rinfusa deve essere eseguita molto rapidamente per garantire che i requisiti qualitativi e igienici siano rispettati.

In particolare, si deve avere cura che l'ultima stacciatura e il trattamento per la disinfestazione siano eseguiti appena prima di porre la farina nei contenitori scelti per la spedizione.

Un magazzino di prodotti finiti ha più sistemi di carico usati a seconda del metodo di spedizione adottato in diverse circostanze.

Ad esempio, può essere previsto un sistema per alimentare un piccolo impianto di impacchettamento che, con pacchetti da 1-2-5 kg, avrà la capacità di 7.500 kg/ora.

Inoltre un sistema parallelo per un carosello di impacchettamento per sacchi da 25-50 kg potrà avere la capacità di 40.000 kg/ora.

Infine, un terzo sistema per la consegna della farina alla rinfusa su vagoni ferroviari o autocarri con una capacità di 100.000 kg/ora.

In passato, le semole, le farine e i cruscamì, venivano spediti in sacchi di iuta, che tornavano poi vuoti al molino.

Oggi, per le farine, si utilizzano generalmente sacchi di carta con capacità di 25 kg, 50 kg (40 kg per sottoprodotti) conseguendo numerosi vantaggi: i sacchi di carta sono più igienici di quelli di iuta, non hanno bisogno di essere cuciti e forniti di cartellini non devono essere restituiti, non è necessaria la pulizia, riducono le perdite di farina, consentono una pesatura più esatta essendo nuovi e di peso uguale, infine sono a tenuta perfetta.

Talvolta, vengono impiegati anche sacchi di cotone da utilizzarsi una sola volta. L'insaccamento dei prodotti può avere luogo mediante semplici bocche di insacco, costituite da un manicotto cilindrico metallico a cui viene assicurata la bocca del sacco.

Per produzioni elevate, viene impiegata l'insacatrice automatica che consente un notevole risparmio di manodopera e una maggiore omogeneità nella distribuzione del prodotto, senza dar luogo alla formazione di polveri che inevitabilmente accompagnano l'insacco manuale.

Per quanto riguarda le semole vi è da osservare che esse devono essere maneggiate il meno possibile, onde evitare la formazione di parti fini che ne riducono il pregio. La semola è di conservazione precaria e non è consigliabile il suo accumulo in cassoni.

A causa della diversa dimensione dei suoi granelli si produrrebbero, infatti, effetti di demiscelazione, con pregiudizio della omogeneità dei prodotti insaccati anche a brevi intervalli di tempo.

16.5.4. Magazzino prodotti insaccati

I sacchi contenenti i prodotti vengono conservati in locali appositi che costituiscono il magazzino prodotti e che devono essere asciutti e ben aerati. Il magazzino può occupare un fabbricato a parte, costituito talvolta da un solo piano, o più spesso da vari piani, dove vengono installati nastri trasportatori per il movimento rapido dei prodotti insaccati verso il luogo di spedizione.

In ogni caso, l'area assegnata al magazzino dovrebbe essere tale da assicurare la stivatura di una scorta di farina e semola, che corrisponde mediamente alla produzione di 1 o 2 settimane.

16.6. BIBLIOGRAFIA

OCRIM. Scuola di tecnologia molitoria. Tecnologia Molitoria

LA PASTA

Gli Italiani, dopo la riduzione del consumo di proteine animali post rinascimentale, da "mangia foglie" passano a "mangia maccheroni" grazie ad una semplice invenzione tecnica: il torchio o " 'ngigno " accoppiato all'uso della gramola, l'arnese con cui i pastai battevano la pasta per renderla soda.

I maccheroni, conditi con un pugno di formaggio grattugiato, divennero il piatto in grado di soddisfare l'appetito degli strati popolari.

Questa piccola, ma fondamentale rivoluzione tecnologica, che riduceva in maniera notevole tempo e costi di produzione della pasta, modificò in modo irreversibile gli equilibri dietetici di milioni di persone con uno sbilanciamento a favore dei carboidrati.

Questa nuova tecnologia consentì a Napoli la sopravvivenza e il sostentamento della plebe: caso unico tra le grandi metropoli europee.

L'impiego del torchio nella produzione artigianale dei maccheroni, che sembra sia da riferire proprio a Napoli nel corso del terzo decennio del secolo XVII, consentì a moltissimi italiani di "portare a tavola" la pasta tutti i giorni ed a milioni di immigrati nelle Americhe di consumarla regolarmente arricchita con polpette di carne; piatto che si impose come tratto distintivo identitario.

Spaghetti, maccheroni e altri tipi di paste, variamente conditi e cucinati permangono tra gli alimenti più graditi non solo dagli italiani, ma tipici della "dieta mediterranea", capace di non farsi fagocitare dalle tendenze omologanti della ristorazione di massa nell'evo della internazionalizzazione neoliberista, di cui sono significative espressioni le grandi catene dei fast-food con tutte le loro versioni e declinazioni locali.

G.F. - R.R.

17.1. LA STORIA DELLA PASTA

La storia della pasta inizia quando l'uomo abbandonò la sua vita da nomade diventando agricoltore. Grazie a questo cambiamento iniziò a seminare e raccogliere oltre che allevare bestiame.

Da lì in poi l'uomo e il grano hanno iniziato il loro cammino insieme. Di raccolto in raccolto, di generazione in generazione, l'uomo ha imparato a lavorare sempre meglio il grano macinandolo, impastandolo con acqua, spianandolo in impasti sottili, cuocendolo su pietra rovente.

La pasta, già in antichità, era considerata un cibo universale, si trovano, infatti, sue tracce storiche in tutto il continente asiatico ed europeo. In Italia e in Cina, però, acquisisce una posizione particolarmente importante. Nei due paesi, infatti, si sviluppano due prestigiosi filoni di tradizione gastronomica che si completano a vicenda, ma di cui rimane difficile stabilire i rapporti proprio per la complessità dei percorsi intermedi.

Il primo popolo che essiccò le paste per aumentare la conservazione furono gli Arabi del deserto. Questo perché, a causa del clima arido delle loro terre, non avevano acqua a sufficienza per confezionare ogni giorno la pasta fresca. Per facilitare tale operazione di essiccamento venne inoltre data alla pasta una forma di cilindretti forati.

Nonostante l'importazione di pasta da parte degli Arabi in tutto il bacino del Mediterraneo, soltanto in Italia essa si è diffusa in maniera così straordinaria. Le prime testimonianze storiche di produzione di pasta secca a livello artigianale-industriale si hanno a Palermo, motivo per cui è considerata la prima vera capitale di quel prodotto.

Nel Medioevo vennero introdotte nuove forme di pasta ed un nuovo metodo di cottura: la bollitura.

La storia della pasta si sviluppa maggiormente in Italia. Nel 1574, nasce a Genova la Corporazione dei Pastai; viene costituita la "Regolazione dell'Arte dei Maestri Fidelari" a Savona nel 1577. La vera rivoluzione culinaria ebbe luogo solo nel XVII secolo, a Napoli. Infatti in tale periodo, a seguito della scoperta dell'America, la pasta incontrò il pomodoro. Anche con l'aggiunta del nuovo condimento la pasta era considerata ancora cibo delle classi povere, questo perché veniva ancora mangiata con le mani. Grazie all'invenzione nel '700 della forchetta a quattro punte grazie a Gennaro Spadaccini, un ciambellano di re Ferdi-

nando II, la pasta divenne piatto "cult" anche tra l'aristocrazia all'interno delle corti di tutta Italia.

17.1.2. Dall'artigianato all'industria moderna

A causa dell'inattitudine del frumento ad essere consumato direttamente, l'uomo si ingegnò per ridurlo in farina. Questo venne fatto inizialmente attraverso macine azionate dalla forza muscolare dell'uomo o degli animali, in seguito, con il progredire delle tecnologie, attraverso l'energia del vento o dell'acqua e dalla trazione elettrica.

Nel Medioevo si svilupparono i mulini per la produzione di cereali, di cui si trovano traccia, però, fin dall'Impero romano.

Il re di Napoli Ferdinando II non contento dell'attuale metodo di impastamento della semola (il pastaio stava seduto su un lungo sostegno e nel frattempo impastava il prodotto con i piedi) incaricò un ingegnere per rendere il processo più igienico, efficiente ed efficace. Questo ideò un sistema che, mediante l'aggiunta di acqua bollente alla farina fresca macinata, impastava la semola grazie ad una macchina fatta di bronzo che replicava esattamente il lavoro svolto dall'uomo.

Aprì nel 1740 il primo pastificio a Venezia. Il processo di impastamento era svolto da una pressa di ferro azionata manualmente.

Il Duca di Parma, Don Ferdinando di Borbone, nel 1763, concede il diritto di privativa per 10 anni, per la produzione di pasta secca nella sua città al signor Stefano Lucciardi di Sarzana.

Alla fine del XIX secolo vengono scritti numerosi brevetti che riguardavano l'essiccazione della pasta mediante aria calda. Nascono, inoltre, i primi pastifici industriali in Francia e Svizzera, segno che la pasta iniziava a diventare un prodotto mondiale.

I primi torchi idraulici comparvero a Napoli intorno al 1870, prodotti dalla ditta Pattison. Mentre, verso la fine del secolo, la lavorazione della pasta avveniva attraverso macchine funzionanti tramite vapore o energia idraulica.

Il primo apparecchio per l'essiccazione artificiale fu la giostra, un marchingegno di legno formato da un asse centrale verticale per sostenere i telai per le paste corte o in matassa o le canne per la pasta lunga. La giostra si trovava in un locale riscaldato e girava utilizzando forza motrice idrica o animale.

Fu inventata a Marsiglia nel 1878 una nuova macchina per la pulizia del semolino che migliorò, oltre che le sue qualità, anche quelle della pasta. Si riuscì ad avere questo miglioramento andando ad applicare il cuoio perforato agli agitatori meccanici, fino a quel momento usato solo sui setacci manuali.

Nel 1882 fu costruita la prima pressa idraulica e due anni dopo fu azionato il primo laminatoio a vapore.

Alla fine del 1800 una tipica fabbrica poteva offrire fino a 200 tipi diversi di pasta, questo grazie alle nuove tecnologie che permisero di fare sulla pressa di bronzo dei fori perfetti.

I due fratelli parmigiani Braibanti costruirono, nel 1933, la prima pressa

continua completamente automatica, grazie a tale macchina la produzione passò da artigianale ad industriale.

La pasta era apprezzata fortemente anche al di fuori dell'Italia. Thomas Jefferson, terzo presidente degli Stati Uniti d'America, venuto a Milano per comprare lo stato della Louisiana da Napoleone, si innamorò a tale punto della pasta da portarsi a casa un piccolo torchio.

17.2. LE MATERIE PRIME

17.2.1. Il grano

Il grano o frumento, è un cereale appartenente alla famiglia delle graminacee. Il suo frutto è chiamato cariosside e questo viene utilizzato nell'industria alimentare ricavato grazie al processo di macinazione.

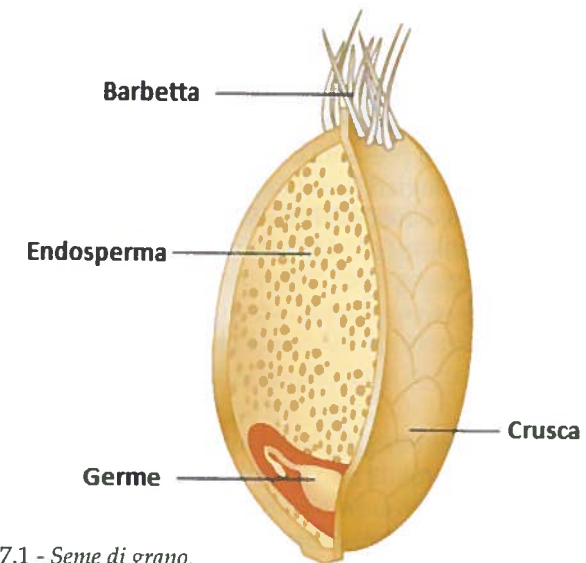


Fig. 17.1 - Seme di grano.

Il chicco di grano è composto fondamentalmente da 4 parti:

- la crusca, tra il 14 e il 15% del peso del chicco, composta da sei strati che avvolgono il seme;
- la barbetta ha la funzione di scambio con l'atmosfera di ossigeno ed anidride carbonica;
- il germe, circa il 2,5 % del peso del chicco, è il suo embrione ed è quindi incaricato di produrre la futura pianta;
- l'endosperma, infine, rappresenta circa l'83% del peso del chicco, è la parte interessante dal punto di vista alimentare perché è quella che dà luogo alla farina o alla semola e che contiene proteine, carboidrati, ferro, vitamina B amido e glutine.

Esistono due tipi di farina di grano, quella di grano duro e quella di grano tenero.

- Grano tenero: è caratterizzato da chicchi friabili, dalla macinazione di questi si ottiene la farina bianca destinata alla produzione di pane, pizza, dolci. Questo perché l'impasto che si ricava presenta buona estensibilità e una tenacità medio bassa.
- Grano duro: si tratta di un particolare frumento che con la sua macinazione dà vita allo sfarinato conosciuto come semola. L'impasto che si ricava è generalmente caratterizzato da una media estensibilità e da tenacità elevata. Per cui possiede qualità ottimali per la produzione di pasta.

Data l'alta richiesta di pasta in Italia, per soddisfare il fabbisogno nazionale è necessario importare notevoli quantità di materia prima dall'estero, in quanto il grano duro (unica tipologia legalmente autorizzata per la produzione di pasta secca e fresca) si coltiva in quantità considerevoli solo in Maremma Toscana, Puglia e Sicilia.

17.2.2. La semola

La semola è lo sfarinato ottenuto dalla macinazione del grano duro. Essa ha un colore giallo ambrato ed una granulometria più accentuata rispetto la farina ottenuta dal grano tenero. Si presenta come sostanza priva di odori strani e indesiderati. A livello microbiologico, la semola ha una carica batterica:

- Microrganismi aerobi < 100000 unità formanti colonie (ufc) al grammo;
- Lieviti e muffe < 5000 ufc/g;
- *Bacillus cereus* < 20 ufc/g;
- *Escherichia coli* < 100 ufc/g.

17.2.3. L'acqua di impasto

L'acqua d'impasto deve essere biologicamente pura, limpida, incolore, inodore, neutra e la sua durezza totale non deve essere superiore ai 150/400 mg/l.

I sali non devono essere in eccesso altrimenti si ottiene un prodotto friabile e di cattivo gusto, inoltre si otterrebbe una scura colorazione della pasta.

I cloruri di sodio e magnesio sono da evitare a causa della loro igroscopicità e possono creare difficoltà nell'essiccazione.

Occorre evitare l'uso di acque scorrenti in superficie, in quanto si rischierebbe la presenza di residui di sostanze di origine animale o vegetale che darebbero luogo a fermentazioni acide o putride, specie nell'essiccazione, dove i batteri troverebbero condizioni favorevoli di sviluppo.

L'eccesso di acidità rischia di attaccare i metalli delle trafilatrici, anche per questo tali acque sono da evitare.

17.2.4. Considerazioni nutrizionali

Durante il processo produttivo della pasta non viene aggiunti nessun tipo di conservante, questo perché la sua caratteristica lunga conservabilità è dovuta

alla fase di essiccazione del prodotto estruso. Inoltre non vengono aggiunti additivi chimici, sale e nemmeno coloranti.

Un chicco di grano, se sezionato longitudinalmente, si suddivide in tre distinte zone:

La parte periferica, circa il 12-18%;

La zona centrale, che costituisce l'80-85%, da cui si ricava la semola in fase di macinazione;

La parte apicale, cioè il germe che è l'organo riproduttivo del grano.

In Tab. 17.I è riportata la composizione sommaria del chicco di grano, si può vedere che questa resta pressoché intatta nella semola. Infatti durante i vari passaggi del processo produttivi ben poco, o addirittura nulla, si disperde.

	Grano	Semola
Acqua	13%	12%
Proteine	11.4%	11%
Grassi	1.8%	1.9%
Carboidrati	72%	72%

Tab. 17.I - Composizione del chicco di grano e della semola.

Le sostanze proteiche sono in funzione della macinazione alla quale il grano è sottoposto. Questo perché, tali sostanze, si trovano per la maggior parte concentrate nel germe. Le sostanze proteiche sono maggiormente presenti nella semola di grano duro, in quanto il germe, durante la macinazione, viene prelevato, lavorato a parte e poi riunito alla semola. Al contrario nel grano tenero il germe viene eliminato con la crusca a fine del processo di macinazione.

Come abbiamo visto in Tab. 17.I i valori ed i principi nutritivi del grano rimangono invariati nei processi produttivi per ottenere la semola. Stessa cosa si può affermare anche per la pasta a grano duro, come riportato in Tab. 17.II, si rileva infatti che a ciclo produttivo ultimato ben poco si disperde.

ACQUA	12.5%
PROTEINE	11.5%
GRASSI	1.2%
CARBOIDRATI	74%

Tab. 17.II - Composizione della pasta di grano duro.

I risultati ottenuti dalla Tab. 17.I e dalla Tab. 17.II sono molto importanti, in quanto, in un contesto alimentare in cui nella maggior parte dei prodotti venduti sono presenti svariati additivi chimici, coloranti e conservanti, si trae la conclusione che la pasta risulta essere, con le dovute proporzioni, uguale al grano.

Di seguito sono elencate le caratteristiche per cui si può affermare di essere in presenza di una buona pasta:

- Aspetto liscio, senza rugosità, ombre scure o puntature;
- Colore giallo ambrato;
- Inodore;
- Sapore dolciastro al gusto;
- Suono secco e frattura liscia durante la rottura.

In pastificazione, per ottenerne la semola più adatta per ciascun tipo di formato, è necessario miscelare sapientemente le diverse varietà di grano duro. Lo stesso processo produttivo deve essere adattato in funzione delle caratteristiche del formato al fine di ottenere il massimo risultato sotto il profilo qualitativo.

Possiamo sintetizzare di seguito i criteri che consentono di definire la qualità di grano duro per l'industria della pastificazione: contenuto in proteine, qualità del glutine, colore giallo e salubrità.

Tali caratteristiche del grano dipendono dalla qualità dei raccolti, altamente variabili più per via delle condizioni meteorologiche che per via dell'area di produzione.

Il 50% della pasta prodotta in Italia viene esportata, grazie soprattutto alle caratteristiche qualitative costanti che la rendono sempre competitiva e assolutamente superiore alle altre paste.

La pasta italiana è la migliore del mondo grazie anche ad una cultura di produzione fondata su una sapiente scelta della materia prima.

17.2.5. Le reazioni chimiche durante la produzione della pasta

Le principali reazioni che avvengono durante il processo di pastificazione sono:

- ✓ assorbimento d'acqua ed attivazione dei processi ossido-attivo-riduttivi
- ✓ formazione del glutine e conseguentemente del reticolo nel quale si involucrano le particelle di amido
- ✓ rigonfiamento dell'amido in relazione alla temperatura dell'impasto
- ✓ denaturazione delle proteine ed avvio di una parziale gelatinizzazione dell'amido nel caso la temperatura dell'impasto superi i 65°C
- ✓ inattivazione degli enzimi ossido-riduttivi
- ✓ pastorizzazione della pasta oltre i 76°C

Nell'impasto tali reazioni dipendono dalla granulazione degli sfarinati, dalla temperatura dell'acqua e dell'impasto stesso.

Il glutine

Il glutine è un complesso proteico che si forma durante l'impasto della farina con l'acqua.

Tale formazione avviene in forma completa nell'impasto per la panificazione, solo parziale in quello per la pastificazione in quanto la quantità d'acqua aggiunta è insufficiente e ciò porta ad avere reazioni incomplete rispetto a quelle che avvengono nel pane.

In particolare nella fase di impasto è opportuno non superare i 55°C altrimenti non si ha la formazione di glutine causata dall'interazione di due forme proteiche presenti nella farina.

17.2.6. Il ciclo produttivo

La produzione della pasta avviene in 8 fasi principali:

Il raccolto

Il grano viene trebbiato nel periodo estivo per i climi mediterranei e raccolto in cassoni trasportati da automezzi o macchine agricole.

La selezione

La selezione della materia prima è scrupolosa, questo viene suddiviso in base alle sue caratteristiche fisiche, cioè peso specifico ed impurità, e a quelle tecnologiche, ovvero percentuale di proteine, qualità del glutine ed indice di giallo. Queste caratteristiche, oltre a determinare il valore commerciale del grano, sono essenziali per la trasformazione della semola per ottenere paste di alta qualità.

La macinazione

Quindi viene portato al mulino per essere dapprima setacciato, ripulito dalle impurità del raccolto, poi macinato. Questa operazione si svolge facendo passare i semi tra 3 coppie consecutive di rulli metallici, disposte a distanza via



Fig. 17.2 - Spighe di grano.



Fig. 17.3 - Chicchi di grano.



Fig. 17.4 - Semola.

via decrescente, che ruotano in direzione opposta. Il primo rullo ha la funzione di separare la crusca, il secondo il cruschetto e il terzo il tritello. Si procede poi verso l'operazione di rimacina, svolta da uno speciale rullo a superficie liscia che serve ad affinare gli sfarinati ancora grossolani.

A fine di queste operazioni si ha una percentuale di scarti pari al 20-22% della materia prima iniziale.

L'impasto e la gramolatura

Tale fase ha l'obiettivo di completare l'omogeneizzazione della miscela semola/acqua. La semola di grano duro viene impastata con acqua purissima. È

durante la fase d'impastamento che avviene la formazione del glutine. L'impasto assume così il suo aspetto caratteristico. Con la successiva fase della gramolatura, questo diviene omogeneo ed elastico grazie all'utilizzo di una macchina chiamata gramola.

La trafilatura

Una volta ottenuto l'impasto, questo viene spinto attraverso tubi a sezione particolare, chiamati trafile, che conferiscono alla pasta gli innumerevoli formati prodotti ricavati dalla fantasia dei maestri pastai. Particolarmente importante, in questa fase, è il materiale di cui è composta la trafila, se è in bronzo la superficie della pasta avrà maggiore porosità, se è in materiale plastico o Teflon, la pasta avrà una superficie più liscia.

L'essiccamento

Grazie a questa fase la pasta ottiene la sua elevata conservabilità e stabilità. Durante questo processo l'acqua contenuta all'interno della pasta diminuisce dal 30% al 12,5%, valore stabilito dalla legge.

A seconda della tipologia di pasta che si vuole ottenere, la durata di questo processo può essere più o meno lunga, al variare anche delle temperature di trattamento utilizzate.

È questo il momento più delicato di tutto il ciclo produttivo. La pasta viene ventilata più volte con aria calda per eliminare l'umidità interna al prodotto.

Il raffreddamento

Al termine del processo di essiccamento vi è il raffreddatore. La pasta viene portata a temperatura ambiente prima di essere stoccata all'interno di sili in attesa di essere confezionata.

Il confezionamento

Ultima fase del processo di produzione della pasta è il confezionamento. Questa fase consiste nel confezionare il prodotto negli astucci di cartone o nei sacchetti trasparenti, i quali hanno sia la funzione di proteggere il prodotto da contaminazioni esterne, sia di presentare il prodotto in modo tale da fornire un'adeguata informazione all'acquirente/consumatore.

A livello di processo produttivo il tutto è riassumibile nel digramma qualitativo di fig. 17.7.



Fig. 17.5 - Trafila.



Fig. 17.6 - Impianto di essiccamento (Storci S.p.A.).

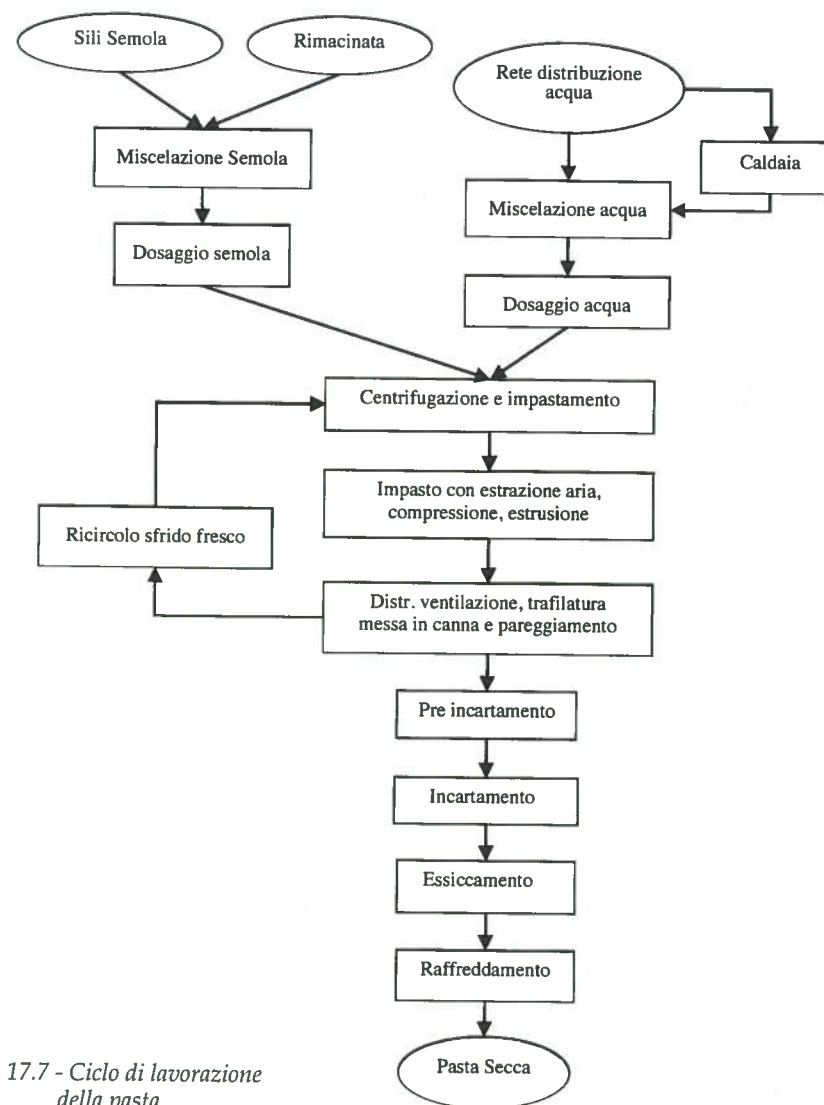


Fig. 17.7 - Ciclo di lavorazione della pasta.

17.3. MACCHINE E IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI PASTA SECCA

Lo schema fondamentale di organizzazione di un pastificio prevede vari settori, in ciascuno dei quali si svolgono operazioni diverse, che possono essere riferite fondamentalmente ai seguenti impianti:

- Impianto sfarinati
- Impianti di produzione
- Impianti di accumulo prodotto finito e confezionamento
- Impianti di servizio.

17.3.1. Impianto sfarinati

L'impianto sfarinati va inteso come deposito di semole e come sistema di invio alle presse. I pastifici industriali sono dotati di sili di stoccaggio, le cui dimensioni ed il numero vengono stabiliti in base a due principali considerazioni:

- rendersi indipendenti dai tempi di consegna del prodotto (un ritardo qualsiasi nella consegna degli sfarinati al pastificio potrebbe infatti provocare l'arresto della produzione).
- Possibilità di impiego di sfarinati aventi caratteristiche diverse. È noto che uno sfarinato di buon colore può essere carente di glutine (quantità e qualità), mentre quello di buon glutine può essere grigio e costoso; uno sfarinato economico sarà certamente carente sia di glutine che di colore, ma in compenso può abbassare i costi di produzione.

Normalmente il carico dei sili si effettua con il compressore delle autocisterne adibite al trasporto degli sfarinati, adeguatamente attrezzate allo scopo. Sia i sili che il sistema di trasporto dell'impianto sfarinati sono dotati dei seguenti dispositivi: *filtri di aspirazione delle polveri; deferrizzatori per eliminare dagli sfarinati eventuali impurità ferrose; controllori di livello, anche automatici e pilotati da sistemi elettronici ed elettrici; setacci per trattenere ogni altra impurità; disinfestatori per l'eliminazione di insetti e delle loro uova.* A valle dei sili vi sono miscelatori in grado di prelevare gli sfarinati nelle quantità previste per ogni qualità, e di inviare miscele diverse ad ogni singola pressa. Si ottiene così la massima flessibilità di questo settore, la quale consente di modulare la produzione a seconda dei criteri prescelti come strategia produttiva del pastificio.

La miscela di sfarinati giunge alle presse attraverso un piccolo contenitore di dimensioni ridotte, posto immediatamente sopra la pressa e che serve da volano. Le tubazioni utilizzate per questo trasporto possono essere riscaldate per evitare fenomeni di condensa e conseguente blocco della miscela nelle tubazioni. A monte del contenitore che funge da volano il circuito può essere dotato di dosatori per eventuali additivi in polvere (beta carotene, spinaci, uova, recuperi di sfridi, etc.).

L'impianto sfarinati può essere dotato anche di dispositivi di controllo (mediante bilance automatiche) della quantità degli sfarinati inviati ad ogni pressa. Infine, le percentuali dei componenti le miscele, gli scambi dei sili, il peso delle miscele stesse inviate alle presse per l'impasto, i dosaggi degli additivi, possono essere programmati e controllati mediante sistemi elettronici a microprocessore.

17.3.2. Impianti di produzione

La produzione propriamente detta in tutti gli impianti automatici si può dividere in due grandi fasi:

- impasto-trafilatura,
- essiccazione.

La prima si svolge nella pressa, la seconda nell'essiccatoio.

Ciascuna di queste due fasi si compone poi di varie operazioni che hanno funzioni differenti nella produzione della pasta.

La pressa

Alla pressa arrivano tutte le materie prime: dai sili dell'impianto sfarinati arrivano in compressione le miscele di semola; dalla rete idrica arriva l'acqua, portata alla temperatura desiderata mediante il passaggio attraverso uno scambiatore di calore. All'acqua andranno miscelati, in emulsionatori separati quegli additivi che non possono essere aggiunti direttamente agli sfarinati (vitamine, uova, etc.); questo significa la interposizione di appositi contenitori nel circuito idrico di alimentazione della pressa.

Nella pressa si possono distinguere le seguenti operazioni:

- ✓ dosaggio
- ✓ impasto
- ✓ compressione-estrusione.

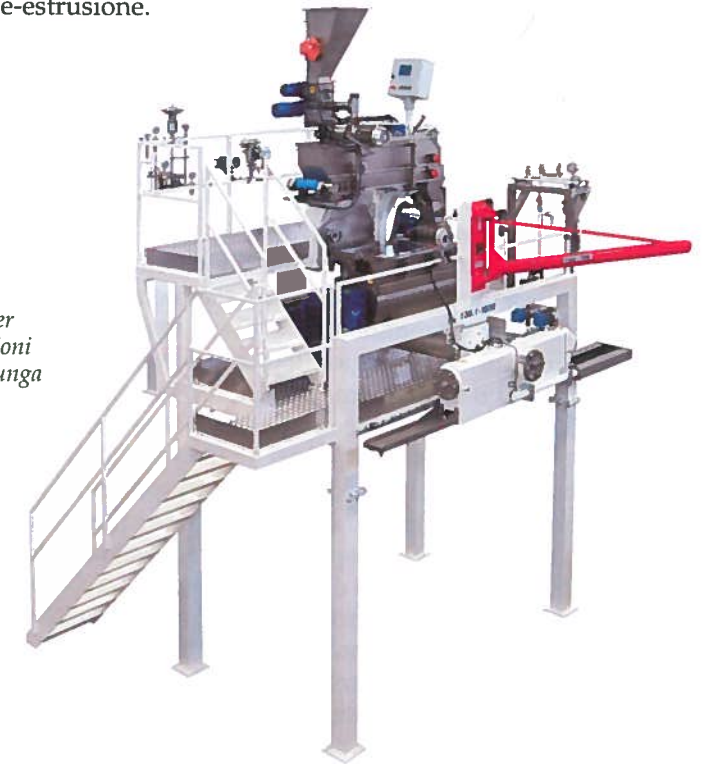


Fig. 17.8 - Pressa per piccole-medie produzioni di pasta secca corta e lunga (Storci Spa).

Dosaggio

Poiché il grado di imbibizione di ogni sfarinato è fissato in relazione al formato di pasta che si intende produrre è evidente che il dosaggio delle materie prime deve essere molto accurato. La quantità di acqua da aggiungere in fase d'impasto è certamente uno dei punti più delicati nella produzione della pasta, in cui l'esperienza del capo pastaio incide notevolmente. L'aggiunta di acqua non è data certamente dalla differenza tra il contenuto di acqua della pasta all'uscita dalla trafila e l'umidità della materia prima.

Si deve aggiungere a questa differenza l'acqua che evapora in fase d'impasto (che dura 15÷20 minuti) e quella che l'impasto perde per effetto della lavorazione sottovuoto.

In termini pratici possiamo dire che l'aggiunta di acqua nella fase d'impasto è dell'ordine di 30÷35 kg di acqua per 100 kg di semola al 14,5÷15% di umidità. Si possono tuttavia riscontrare delle differenze rispetto al valore indicato che possono dipendere da:

- 1) sistema di lavorazione sotto vuoto (sull'impastatrice o sulla vite);
- 2) dalle condizioni di temperatura e umidità della sala presse;
- 3) dalla temperatura dell'acqua d'impasto;
- 4) dal tipo di trafilè, infatti con trafilè al teflon è necessaria una minor quantità di acqua di impasto del 1÷2%.

Ad esempio le paste corte, le pastine piccole a grande superficie di taglio obbligano ad impasti freddi e di conseguenza più umidi. Invece le paste lunghe accettano pressioni di estrusione più elevate, per cui l'impasto deve avere caratteristiche corrispondenti.

Le funzioni di dosaggio delle materie prime sono svolte dal *dosatore*. Di questo dispositivo fondamentale esistono vari tipi; due sono comunque quelli più diffusi, il tipo gravimetrico e quello volumetrico.

Il dosatore si compone di polmoni trasparenti a volume regolabile che, alternativamente, si riempiono di semola e di acqua e svuotano il loro contenuto nella vasca d'impasto. Un dispositivo di regolazione, a velocità variabile, aziona le valvole di alimentazione e di scarico dei prodotti.

In caso di ritardato arrivo di una qualsiasi delle materie prime da miscelare, sonde elettroniche danno l'allarme e fermano automaticamente il dosatore, permettendo in questo modo di intervenire e di controllare la situazione prima che la qualità dell'impasto e la sicurezza della pressa siano compromessi. I componenti liquidi o farinosi che escono dal dosatore sono aspirati dal vuoto dell'impastatrice e riversati in una piccola turbina ad alta velocità, che con la sua centrifugazione permette un contatto perfetto tra le particelle di sfarinato e le gocce d'acqua. La forma, la disposizione delle alette ed una forza assiale che trasformano le materie prime per l'impasto in un fascio velocissimo di particelle proiettate verso l'impasto stesso in preparazione nella impastatrice della pressa.

Formazione dell'impasto (pre-impastatrice e impastatrice)

Pre-impastatrice

Attraverso la pre-impastatrice avviene la pre-miscelazione dei componenti durante la quale gli sfarinati si idratano completamente e vengono poi introdotti



Fig. 17.9 - Dosatore volumetrico sottovuoto per paste e prodotti alimentari non pompabili (Storci Spa).

ti nella vasca dell'impastatrice. L'elevata turbolenza evita la formazione di grumi e rappresenta una fase di supporto all'impastatrice principale della pressa. Grazie all'uso di particolari macchinari, la premiscelazione diventa l'operazione fondamentale di tutta la fase di formazione dell'impasto, riducendo la funzione della impastatrice classica (vasca di impasto) al ruolo di semplice completamento e stabilizzazione dell'impasto stesso.

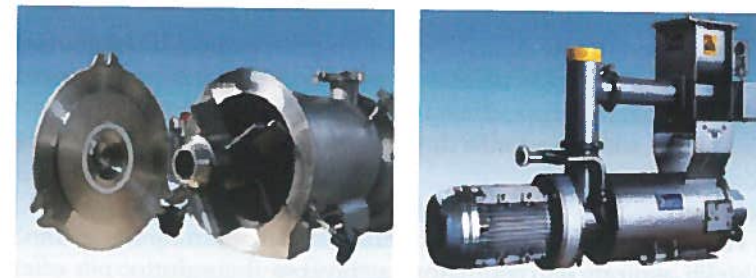


Fig. 17.10 - Pre-impastatrice con particolari della sezione interna (Storci Spa).

In questa fase si cerca di bagnare uniformemente la superficie di ogni singolo granello di sfarinato, quindi occorre lasciare i vari granelli a contatto fra di loro per alcuni minuti, tempo in cui avviene l'idratazione interna del granello, per ottenere un impasto perfettamente omogeneo.

Impastatrice

Le materie prime vengono miscelate ed impastate per azione meccanica, per un periodo adeguato, in relazione:

- ✓ alla qualità della semola usata,
- ✓ alla temperatura dell'acqua,
- ✓ al formato di pasta da produrre.

Scopo fondamentale di questa fase è di ottenere nell'impasto, grazie ad un'azione meccanica adeguata, la imbibizione dell'amido e la formazione del glutine; quest'ultimo deve avere il tempo di sviluppare, anche se in maniera parziale, la propria struttura, creando il reticolo che agglomera le particelle di amido.

Il tempo di formazione dell'impasto deve essere adeguato alla qualità della semola, alla temperatura dell'acqua e ai formati di pasta da produrre. L'operazione di impasto avviene nella impastatrice. Qui i componenti vengono miscelati fino alla struttura omogenea finale dell'impasto, pronto per l'estrusione.

Nelle presse le "vasche per l'impasto" hanno forma cilindrica, fatto che consente di occupare i due terzi del volume della vasca stessa e di evitare zone morte con conseguenti possibilità di ristagno e fermentazioni. Inoltre in queste presse tutte le parti a contatto sono realizzate in acciaio inossidabile.

La vasca ed il cilindro contenente la vite di compressione sono isolati termicamente con materiale idoneo, allo scopo di mantenere costanti le temperature volute. In tal modo si eliminano anche le condense dovute alla circolazione dell'acqua usata per il raffreddamento del cilindro. Dispositivi elettronici, infine,

segnalano se il livello dell'impasto nella vasca della pressa supera i limiti prefissati.

Le moderne presse automatiche preparano l'impasto sottovuoto. Il vuoto totale implica la necessità di risolvere alcuni problemi tecnici, ma i risultati ottenuti grazie ad esso non sono nemmeno comparabili con quelli dell'impasto lavorato a pressione atmosferica, svuotando successivamente l'aria in esso inglobata.

Il gruppo di recupero sfridi

Le presse sono dotate di un dispositivo pneumatico di recupero sfridi che serve a riciclare, immettendoli nell'impastatrice, gli sfridi di pasta provenienti da valle della macchina. Il gruppo di recupero sfridi si compone di:

- una valvola rotante a tazze di trasporto alloggiata sulla impastatrice con bocca di scarico;
- una chiocciola di decantazione;
- un ventilatore centrifugo ad alta pressione.

Gli sfridi aspirati dal ventilatore attraverso il condotto, per effetto della brusca riduzione di velocità operata dalla chiocciola, precipitano nella valvola a tazze e vengono da questa trasferiti nell'impastatrice.

Compressione-estrazione

Questa operazione viene effettuata dal gruppo cilindro-vite-testata della pressa. La vite, in particolare, è un componente critico e la sua progettazione e realizzazione richiedono competenze specifiche. Le moderne viti consentono elevate velocità di estrusione e, grazie a particolari disegni della sezione, sono anche autopulenti.

L'estrusore assolve contemporaneamente a due funzioni:

1. Una funzione tecnologica di compattamento dell'impasto costantemente fornito dalla impastatrice.
2. Una funzione meccanica di compressione dell'impasto nella testata, dalla quale, attraverso la trafila, l'impasto esce assumendo la forma voluta.

La fase di compressione è uno dei processi tecnologici più importanti per determinare la qualità finale della pasta, in particolare occorre contenere l'aumento della temperatura in questa fase al fine di ottenere una buona tenuta in cottura della pasta.

Il cilindro è raffreddato da una camicia d'acqua (controllata da un termostato) a circolazione forzata; la testata dell'estrusore, invece, è riscaldata per ottenere una più facile messa a regime della temperatura delle trafile. Un dispositivo di controllo della pressione di estrusione interrompe automaticamente il funzionamento della pressa in caso di anomalie.

Il cilindro è in genere in asse con l'impastatrice, con la quale comunica attraverso una bocca di carico. Anteriormente regge invece la testata con la quale comprime l'impasto ricevuto dall'estrusore. Il cilindro di compressione, sebbene non sofisticato tecnicamente, è fondamentale per consen-



Fig. 17.11 - Esempio di cilindro di estrusione (Storci Spa)

re alla vite di lavorare al meglio. È perciò importante che il gioco fra vite e cilindro, e di conseguenza le rigature, sia sempre mantenuto entro determinati limiti al fine di evitare rigurgiti o rotazioni dell'impasto, che provocano riscaldamento della pasta ed un calo della produzione.

La vite

La vite di compressione ruota all'interno del cilindro e comprime la pasta proveniente dall'impastatrice sulle pareti del cilindro stesso.

Le viti vengono progettate in modo tale da essere autopulenti, riducendo al minimo la frequenza delle operazioni di pulizia, e quindi gli smontaggi della macchina stessa.

- 1) Zona di carico con nocciolo cilindrico a grande volumetria.
- 2) Zona di compattamento a nocciolo conico.
- 3) Zona di compressione e distribuzione finale con nocciolo cilindrico.



Fig. 17.12 - Esempio di vite per estrusione (Storci Spa).

La temperatura di estrusione ha una grande importanza tra i vari fattori che influenzano la qualità della pasta. È noto che la temperatura aumenta con l'aumentare del numero di giri della vite causando una diminuzione del glutine ed un peggioramento della tenuta in cottura della pasta. Quindi ad un basso numero di giri della vite di estrusione corrisponde una minore temperatura ed una

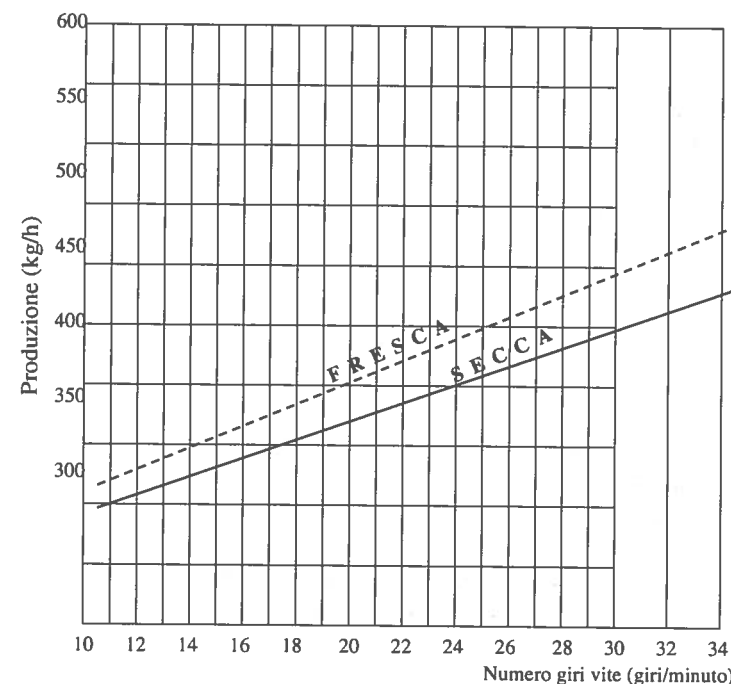


Fig. 17.13 - Capacità produttiva in funzione del numero di giri vite/ minuto per pasta lunga (fresca e secca).

migliore qualità della pasta prodotta. Per tale motivo è consigliabile non superare i 30 giri/min. di velocità della vite.

Le presse per i vari formati sono identiche fino alla testata, cioè fino al momento in cui l'impasto, compresso, esce dallo speciale distributore finale della vite di estrusione. Da questo punto in poi la pasta lunga e la pasta a nido richiedono normalmente una testata ed una trafila rettangolari; la pasta corta, una testata ed una trafila circolari con taglierina rotante a velocità variabile.

Testata e Trafila

La testata

Le testate ricevono l'impasto dall'estrusore e lo distribuiscono uniformemente sulla trafila, attraverso la quale uscirà nella forma voluta, con attriti ridotti al minimo possibile per evitare scompensi o scorrimenti del prodotto su se stesso. Ogni testata è dotata di un circuito di preriscaldamento interno, usato esclusivamente all'inizio o alla ripresa della produzione nel caso la temperatura rilevata da un termometro sia scesa a valori troppo bassi. Durante il funzionamento invece si mantiene a valori corretti. Generalmente la pressione che si genera sulla testata viene misurata con un apposito manometro dotato di indici regolabili per il controllo.



Fig. 17.14 - Testata lineare per pasta lunga (Storci Spa).

Per pasta corta di solito si utilizzano testate con:

- Materiale in acciaio al carbonio;
- Forma circolare e con taglierini rotanti.

Mentre per pasta lunga con:

- Materiale in acciaio al carbonio;
- Forma rettangolare.

L'estrazione delle trafile è di tipo oleodinamico con comando elettrico ed idraulico a bordo testata. Vengono fornite con riscaldamento ad olio oppure con centralina di termoregolazione per raffreddamento/riscaldamento ad acqua.

La trafila

La sua funzione è quella di realizzare la forma del prodotto, per cui ne esistono in commercio di svariate forme e dimensioni.

Per la pulizia delle trafile viene usata una particolare macchina, chiamata lavatrafila, che ha dimensioni e forme diverse a seconda dei vari modelli, ma che fondamentalmente è costituita da una pompa azionata da un motore elettrico.

Le trafile possono essere in:

- bronzo per ottenere superfici rugose;
- teflon per ottenere superfici più lisce;
- materiale plastico, che offre superfici del prodotto più levigate.

All'uscita dalla pressa le macchine si differenziano notevolmente a causa delle diverse esigenze di trasporto all'interno delle linee di essiccazione. Queste possono essere distinte, a seconda del formato di pasta trattato, in:

- linea per la produzione di pasta corta,
- linea per la produzione di pasta lunga,
- linea per la produzione di pasta a nido.

Nelle linee per la produzione di *pasta corta* la prima macchina che la pasta incontra, iniziando il suo ciclo di essiccazione, è il trabatto. Questa macchina ha il compito di conferire alla pasta corta la consistenza necessaria perché essa possa resistere a tutte le successive operazioni di pre-essiccazione senza deformarsi o incollarsi.

Esso è costituito da una serie sovrapposta di piani vibranti che la pasta percorre mantenuta costantemente in agitazione e ventilata in modo da ricevere una essiccazione superficiale ed essere di conseguenza correttamente predisposta per entrare nel pre-essiccatore, dove potrà disporsi in strati sovrapposti senza problemi di incollaggio.

Il trabatto deve:

- ✓ distribuire la pasta su un solo strato;
- ✓ far circolare aria calda al proprio interno.



Fig. 17.16 - Trabatto per pasta corta (a) e per pasta a nido (b) (Storci Spa).



Fig. 17.15 - Stenditrice automatica per pasta lunga (Storci Spa).

Lo stenditore

Nelle linee per la produzione di *pasta lunga* il trasporto, all'interno della linea di produzione, avviene grazie a supporti orizzontali (canne), sui quali la pasta viene stesa automaticamente subito dopo l'uscita dalla trafila rettangolare della pressa, per mezzo dello *stenditore* che taglia anche i fili di pasta in modo da ottenere lunghezze costanti.

La pasta che scende dalla trafila incontra una canna, in modo da porsi subito al suo fianco. Quando la pasta ha raggiunto la lunghezza voluta un rullo ribattitore la costringe a ripiegarsi e a distendersi sulla canna, la pasta continuerà a scendere fino ad essere tagliata da una cesoia e pareggiata.

Pre-essiccatoio

Come detto in precedenza per la pasta lunga stesa su canne metalliche, la meccanica di trasporto può essere a catene o a rastrelliera. Per la pasta corta di preferenza si utilizzano apparecchi a nastri oppure rotanti. Per la pasta a nidi o matasse la preferenza è per gli apparecchi a telai o anche a nastri.

Questo per la meccanica che, necessariamente, deve essere diversa da tipo a tipo di pasta ed anche da una casa costruttrice all'altra; ma per il sistema di essiccazione non ci sono differenze, esso è unico per tutti i tipi di pasta, perché unica è la tecnologia di essiccazione delle paste alimentari. Avremo tempi più lunghi o più brevi secondo il tipo di pasta, ma il procedimento resta identico, deve essere basato sull'umidità costante.

Abbiamo così due fasi distinte di essiccazione:

- ✓ fase di pre-essiccazione;
- ✓ fase di essiccazione definitiva.

La pre-essiccazione viene chiamata, nel gergo dei pastai italiani, "incartamento", in quanto il suo principale scopo è quello di asciugare la superficie del prodotto appena formato, in modo da evitare che il contatto fra i singoli pezzi provochi l'incollamento.

I tempi richiesti dalla pre-essiccazione variano (a parità di tecnologia) a seconda dei formati: dalla mezz'ora circa (sistema HT) per la pasta corta, all'ora circa per la pasta lunga.

La pre-essiccazione è una fase fondamentale e la sua importanza è stata esaltata dalla introduzione dell'alta temperatura, che rivela i suoi maggiori benefici durante la fase plastica dell'essiccamento. L'applicazione delle alte temperature fin dalla fase dell'incartamento impegna l'operatore ad un'attenzione ancora maggiore e particolare durante la prima ora del processo. Il prodotto, infatti, entra relativamente freddo nel pre-essiccatoio caldo e umido; ha quindi la tendenza a "sudare" ed a dare inizio ad un fenomeno di incollamento. Da qui la necessità di asciugare bene la superficie della pasta, di provocare, cioè, la formazione di una pellicola esterna più asciutta della parte interna della pasta stessa. In questo, per l'appunto, consiste l'incartamento.

Se poi si considera che il prodotto entra mediamente con un contenuto percentuale d'acqua di circa il 29% e ne esce con il 17-19%, perdendo in circa 1/10 dell'intero tempo di essiccazione, più di un terzo dell'acqua iniziale, si capisce ancor più l'importanza di questa prima fase. Questa massiccia diminuzione del

contenuto d'acqua nella pasta è evidentemente permessa dalla struttura ancora plastico-elastica della pasta stessa (e dalla sua porosità capillare); nell'essiccatoio il tempo più lungo di trattamento è imposto invece dalla struttura ormai rigida della pasta e dalla sua capillarità, talmente ridotta da risultare inesistente. Il problema fondamentale della essiccazione, dunque, è quello di non far salire la temperatura troppo velocemente per evitare tensioni che possono generarsi nel prodotto, danneggiandolo.

Si deve inoltre tenere presente che gli errori di pre-essiccazione incidono negli strati profondi della pasta e possono provocare danni che, in taluni casi, si manifestano anche dopo 5-10 giorni dal confezionamento; i difetti di essiccazione interessano invece più facilmente gli strati superficiali della pasta e hanno, quindi, conseguenze più immediate e possono essere rilevati subito o quasi.

Nel caso della pasta corta, i chicchi sono convogliati all'interno del trabatto, una macchina costituita da una serie di piani vibranti (almeno cinque) in acciaio inossidabile, disposti in modo che i chicchi di pasta che cadono da un piano vadano a finire su quello inferiore, fino ad arrivare in fondo dove vengono prelevati da un elevatore a tazze, che li trasporta nell'essiccatoio vero e proprio. Durante la permanenza nel trabatto, la pasta viene colpita da una forte corrente di aria calda che permette di eliminare il 4% dell'umidità durante i 70 secondi del suo percorso. Il rivestimento esterno è realizzato con pannelli coibentati di elevata spessore (40 mm) per ottimizzare il rendimento termico.

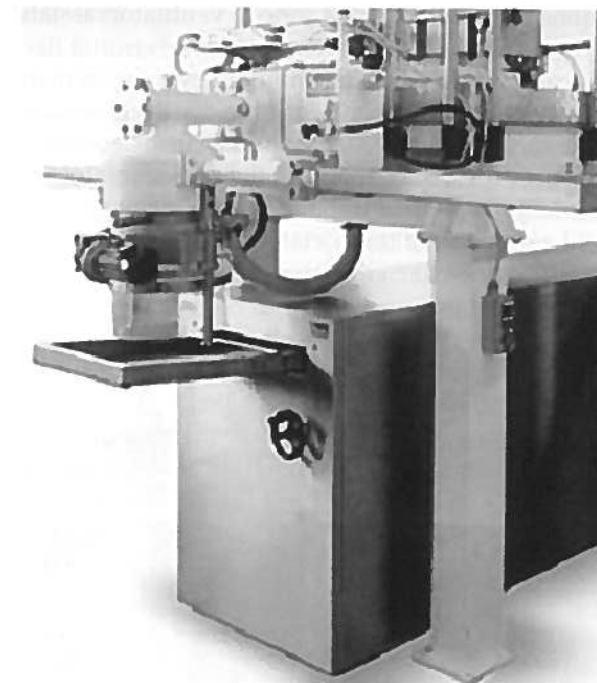


Fig. 17.17 - Parte esterna pre-essicatore per pasta corta comprensivo di trabatto (Storci Spa).



Fig. 17.18 - Telai in alluminio (Storci Spa).

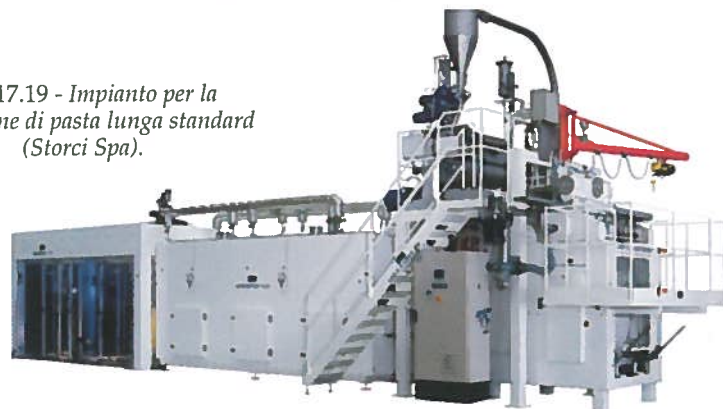
I telai interni, in alluminio, sono azionati da un motovariatore meccanico per la variazione del tempo di pre-essiccazione.

Tutta la struttura è sostenuta da piedi antivibranti.
I sistemi di riscaldamento possono essere di due tipi:
✓batterie di scambio termico ad acqua calda (95°C);
✓resistenze elettriche.

La ventilazione è garantita da una serie di ventilatori assiali di elevata portata.

La fase di incartamento per la pasta lunga avviene in maniera differente. Anch'essa viene sottoposta a una prima corrente d'aria all'uscita dalla trafila, ma una volta stesa sulle canne va nel pre-essiccatore, che ha la stessa funzione svolta dal trabatto per la pasta corta. La geometria del pre-essiccatore per la pasta lunga cambia notevolmente rispetto al trabatto poiché viene adottato un sistema di trasporto a catena. Le canne sono trasportate all'interno di un tunnel in cui viene superata la temperatura di 84°C e ciò consente di portare l'umidità del prodotto dal 30% al 18% in breve tempo.

Fig. 17.19 - Impianto per la produzione di pasta lunga standard (Storci Spa).



Essiccatore

L'essiccazione definitiva completa l'evaporazione dell'acqua aggiunta stabilizzando il prodotto che da plastico si trasforma in vitreo.

Per raggiungere questo risultato con assoluta sicurezza, senza danneggiare il prodotto, occorre osservare una regola tecnologica essenziale: *la pasta in essiccazione, deve restare nello stesso ambiente dall'inizio alla fine della fase di essiccazione.* Cioè la pasta deve essiccarsi con e nella sua stessa umidità. La fase di essiccazione vera e propria avviene ad umidità relativa elevata e ad una temperatura variabile a seconda della tecnologia adottata. L'essiccazione deve eliminare dalla pasta l'acqua aggiunta allo sfarinato per poter formare l'impasto e deve far scendere l'umidità residua ad un valore non superiore del 12,5%.

Tipologie di essiccamento:

a Basse Temperature (LT)	ad Alte Temperature (HT)	ad Altissime Temperature (HHT)
< 60°C	70-80°C	110°C

Le altissime temperature conferiscono alla pasta una maggiore plasticità e garantiscono una maggiore resistenza a fenomeni quali fessurazioni o fratture, ma la scelta del tipo di essiccazione dipende anche da altri fattori (REF). Infine la pasta subisce un *trattamento con aria fredda* per la stabilizzazione del prodotto ormai secco.

I principali fattori che consentono di svolgere un buon ciclo di essiccazione sono:

✓Una corretta temperatura di essiccazione influisce sulla qualità del prodotto finito conferendo alla pasta un colore giallo più brillante ed una migliore tenuta in cottura. Per tale motivo è necessario installare scambiatori di calore di potenza adeguata.

✓Una ottimale distribuzione dei flussi d'aria consente di ottenere una uniforme essiccazione in tutti i telai componenti ciascun carrello.

✓Un corretto controllo dell'umidità permette di ottenere un prodotto finito esente da fessurazioni o rotture. A tale proposito gli essiccatoi sono dotati di sonda per la rilevazione della temperatura ed umidità e di quadro elettrico indipendente per la visualizzazione e regolazione dei parametri di essiccazione. L'estrazione dell'aria umida avviene automaticamente in base ai parametri impostati.

Esistono due tipologie di essiccatoi: statici o dinamici, a seconda che il prodotto sia in moto o fermo.

Essiccatoi statici

Per alcune applicazioni possono essere utilizzati essiccatoi statici, dove la struttura è realizzata mediante *pannelli modulari componibili* in lamiera plastificata atossica di colore bianco, oppure di acciaio inox, di spessore 60 mm ed idonea al contatto con alimenti. All'interno delle lamiere viene iniettato del polistirene con densità di 35-40 kg/m³ per garantire l'isolamento termico dell'essiccatore.

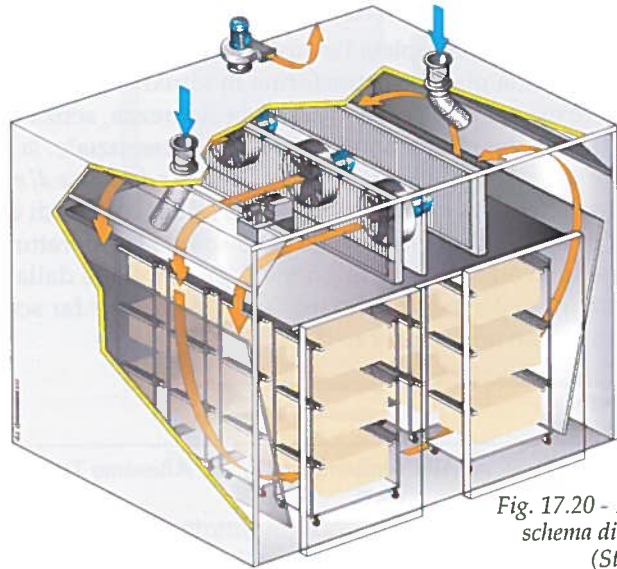


Fig. 17.20 - Essiccatoio statico e schema di circolazione aria (Storci Spa).

La scelta del tipo di essiccatoio statico deve essere fatta in funzione della capacità produttiva e della tipologia di pasta, lunga o corta, che si vuole essiccare

Essiccatoi dinamici (grandi produzioni)

L'essiccatoio dinamico è basato sulla stessa tecnologia sia che si tratti di pasta corta che di pasta lunga, anche se diversi sono i sistemi di trasporto utilizzati. La pasta corta entra nell'essiccatoio proveniente dal trabatto, trasportata da un elevatore a tazze viene scaricata, ai piani superiori, in tappeti di alluminio forati a tapparella e dopo circa tre ore, completa il ciclo di essiccazione.

Le canne con la pasta lunga provenienti dal pre-essiccatoio vengono convogliate in alto e caricate al primo piano dell'essiccatoio, dove nell'arco di 6 ore avviene l'essiccazione definitiva con l'uscita della pasta al 12,5% di umidità e 75°C di temperatura media.

L'essiccatoio è costituito da un monoblocco suddiviso in quattro zone ambientali (due di essiccazione rapida e due di stabilizzazione attiva) che il prodotto attraversa più volte in sequenza. Le zone ad essiccazione rapida sono ottenute mediante l'installazione di batterie di riscaldamento collegate all'impianto vapore. La diffusione dell'aria riscaldata dalle batterie avviene per mezzo di grossi ventilatori che creano la corrente d'aria calda che colpisce il prodotto presente in quella zona. Queste correnti sono deviate da apposite guide che evitano l'ingresso di aria fortemente riscaldata nelle contigue zone di stabilizzazione. In questo modo vengono creati degli ambienti con differenti condizioni climatiche evitando di separarli fisicamente in modo da facilitare il trasporto del prodotto.

Durante la permanenza nelle zone di intensa essiccazione, le molecole di acqua evaporano dal prodotto ma non in maniera uniforme su tutta la sezione, la zona più interessata dall'evaporazione è quella più vicina all'esterno della pasta. Si rende quindi necessario il passaggio del prodotto in una zona in cui il contenu-

to dell'acqua sulla sezione si possa redistribuire, raggiungendo l'equilibrio (fig. 17.21). Ciò accade durante la permanenza nelle zone di stabilizzazione, che servono appunto a redistribuire le tensioni all'interno del prodotto, favorendo la migrazione delle molecole d'acqua attraverso la struttura della pasta.

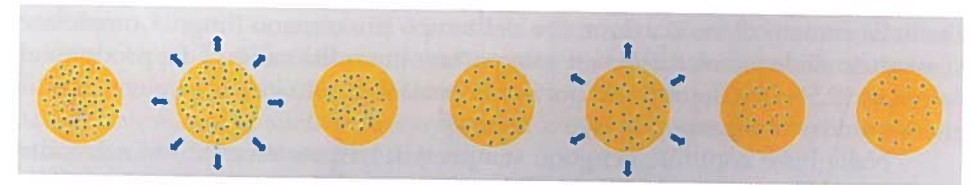


Fig. 17.21 - Distribuzione delle molecole di acqua durante l'essiccazione.

Le moderne linee hanno ridotto al minimo l'intervento umano durante il processo di essiccazione. Un momento particolarmente importante per ottenere un prodotto finito ottimo è la decisione dei valori di essiccazione: temperatura ed umidità della fase di incartamento e della fase di essiccazione definitiva.

I valori di essiccazione da prefissare possono variare secondo il tipo di apparecchiatura e la posizione degli strumenti (sonde): se l'aria all'interno dell'apparecchio di essiccazione da misurare è prelevata in aspirazione o in pressione, cioè dopo i termoventilatori. Si avranno così valori di prenotazione più bassi o più elevati a seconda della posizione delle sonde. Per avere idea del processo di essiccazione è sufficiente osservare i diagrammi (fig. 17.22). Da essi si evidenzia un andamento a gradini della temperatura durante il processo: ogni gradino corrisponde a una diversa zona del tunnel di essiccazione, con valori che variano da un massimo di 95°C fino ai 75°C, inoltre si può notare come l'umidità delle varie zone non scenda mai sotto il 60%.

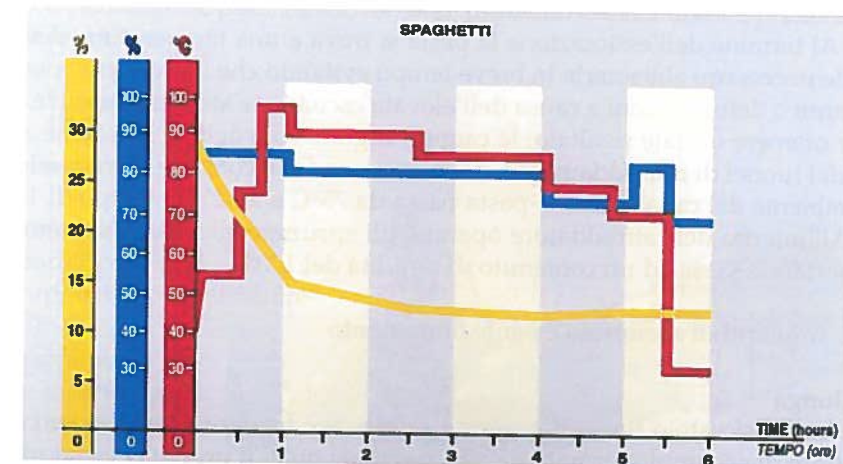


Fig. 17.22 - Diagramma di essiccazione per spaghetti.

Senz'altro si può affermare che il diagramma di essiccazione è unico per tutti i formati, soprattutto nella parte finale: per esempio nel caso di pasta corta il diagramma di essiccazione finale sia della pastina che dei formati più voluminosi è praticamente lo stesso.

La sicurezza del risultato si ottiene più dalle condizioni termo-igrometriche della camera di essiccazione che dal tempo più o meno lungo. Completare l'essiccazione deve voler dire non solo portare l'umidità residua del prodotto al valore di 12,5%, ma soprattutto portare la pasta a questo valore in pieno equilibrio e quindi stabilizzata.

Nelle linee continue vengono sempre più frequentemente utilizzate alte temperature che consentono di abbreviare il tempo complessivo di essiccazione, di ridurre proporzionalmente le dimensioni in lunghezza della linea di produzione e quindi anche il suo costo; inoltre l'alta temperatura garantisce una sterilizzazione del prodotto.

Con l'applicazione di alte temperature ed elevata umidità ambientale sin dalle fasi iniziali del processo di essiccazione, si ottiene una sterilizzazione pressoché totale, con la distruzione di stafilococchi, salmonella seftemberg, enterococchi, micrococchi, lattobacilli ed il parziale debellamento di corineiformi e difteroidi. La distruzione in due minuti degli stafilococchi impedisce, in particolare, la formazione di enterotossine assai pericolose per l'organismo umano che, una volta sviluppati, non sono distruttibili neppure nelle condizioni di essiccazione più spinte.

L'impiego dell'alta temperatura è ormai ampiamente diffuso, ma non ha modificato la tecnica di essiccazione della pasta che resta ancorata alle antiche regole e basata sull'umidità elevata. Soltanto un'umidità costante elevata può consentire l'impiego di alta temperatura e l'umidità resta l'elemento base dell'essiccazione perché ne garantisce l'esito.

Il calore, poco o molto che sia, è il mezzo che fa evaporare l'acqua superflua dal prodotto, così come l'aria di ventilazione è il veicolo che trasmette il calore più uniformemente possibile in ogni punto dell'essiccatoio e quindi su tutto il prodotto; inoltre l'aria in movimento conserva meglio il grado di umidità necessario, evitando fenomeni di condensazione.

Al termine dell'essiccazione la pasta si trova a una temperatura elevata e si rende necessario abbassarla in breve tempo evitando che il prodotto possa subire danni o deformazioni a causa dell'elevata escursione termica che deve subire. Per ottenere un tale risultato, le canne vengono convogliate su catene all'interno del tunnel di raffreddamento, dove, con una forte corrente d'aria prelevata dall'ambiente del capannone, la pasta passa da 75°C a 22°C nel tempo di 10 minuti. All'interno del raffreddatore operano gli spruzzatori che atomizzano l'acqua, portando l'aria ad un contenuto di umidità del 100%.

17.3.3. Impianti di accumulo e confezionamento

Pasta lunga

Dall'essiccatoio finale il prodotto può essere trasferito, sempre su canne, nel settore di accumulo formato da vari piani nei quali il prodotto viene conservato in attesa del confezionamento. La velocità di riempimento dei vari piani è determinata dal numero delle canne che escono dalla galleria di essiccazione,

mentre la fase di scarico è controllata dalla sega-sfilatrice, che viene programmata per uno sfilaggio della produzione di 24 ore in 8 o in 16 ore. All'uscita della sega sfilatrice il prodotto è trasportato automaticamente alle macchine confezionatrici. Il confezionamento è normalmente realizzato in pacchetti trasparenti di materiale termosaldabile. In questo caso si usano macchine confezionatrici del tipo "form-fill-seal" complete di dispositivi elettronici di controllo e regolazione del peso. Dopo il confezionamento della pasta, i sacchetti passano alla sezione di incartonamento automatico. Mediante piani a rulli i cartoni, chiusi, arrivano al palettizzatore, poi i pallet verranno messi in magazzino secondo l'ordine stabilito dal sistema di smistamento adottato.

Pasta corta

L'accumulo viene effettuato in sili la cui capacità di stoccaggio è normalmente prevista per 8 o 16 ore di produzione, con la possibilità di accumulare e quindi scaricare formati diversi. Le confezionatrici, se organizzate su varie linee, permettono di impacchettare più formati diversi contemporaneamente. La potenzialità di confezionamento installata consente di confezionare in 8 o 16 ore tutta la produzione delle 24 ore. Dalle confezionatrici i pacchetti trasparenti di materiale termosaldabile vanno alle cartonatrici-nastratrici. Da qui i cartoni vengono convogliati al palettizzatore automatico e quindi immagazzinati.

17.4. LA LINEA COMPLETA

Oltre alle linee per pasta secca esistono svariate tipologie di linea produttive che sono state studiate negli anni per assecondare i gusti di consumatori in tutto il mondo. Per ovvi motivi di trattazione, si decide di riportare sinteticamente la struttura delle linee complete per diverse tipologie di pasta. Si inizia descrivendo quelle già viste nelle sue parti ossia per pasta secca lunga e corta, per procedere poi con le lasagne e pasta fresca, fornendo anche un cenno su linee per cous cous e piatti pronti.

17.4.1. Linee per pasta secca

Pasta lunga

- 1) Pressa con testata lineare;
- 2) Stenditrice;
- 3) Gruppo recupero sfridi freschi;
- 4) Essiccatoio di pre-incarto pasta lunga;
- 5) Robot per carico automatico carrelli pasta lunga.

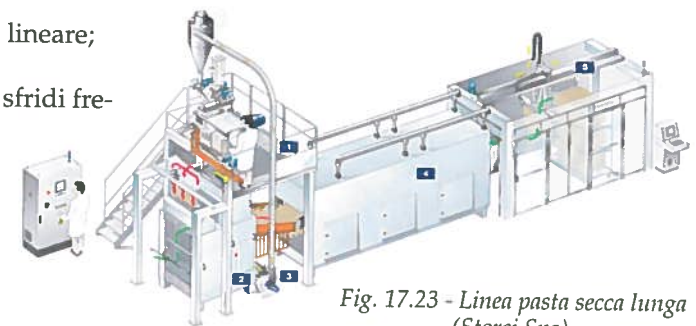


Fig. 17.23 - Linea pasta secca lunga (Storci Spa).

Pasta corta, nidi e lasagne

- 1) Alimentatori telai;
- 2) Niditrice – lasagnatrice;
- 3) Pressa con testata circolare;
- 4) Trabatto di pre-incarto pasta corta con passaggio telai interno;
- 5) Impilatore automatico telai.

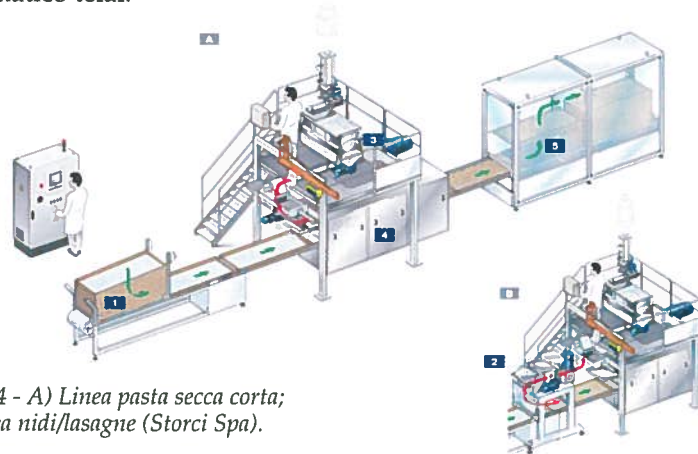


Fig. 17.24 - A) Linea pasta secca corta;
B) Linea nidi/lasagne (Storci Spa).

17.4.2. Linee per pasta fresca

Pasta fresca ripiena

- 1) Sistema di dosaggio e premiscelazione, sistema d'impasto
- 2) Sistema di distribuzione automatico impasto alle sfogliatrici;
- 3) Sfogliatrici automatiche a singola o doppia uscita;
- 4) Macchine dei ravioli/capelletti o ravioli a doppia sfoglia;
- 5) Sistema automatico di triturazione e recupero sfridi;
- 6) Distributore vibrante;
- 7) Pastorizzazione;
- 8) Pre-asciugatura ad alta temperatura e raffreddamento;
- 9) Confezionamento MAP in camera bianca

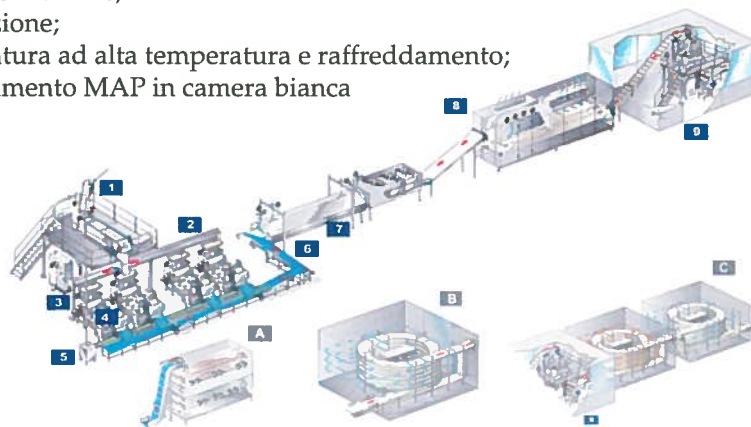


Fig. 17.25 - Linea pasta fresca ripiena; A) Opzione asciugatura ad alta temperatura e raffreddamento; B) Opzione surgelazione; C) Opzione doppia pastorizzazione (Storci Spa).

Pasta fresca laminata

- 1) Sistema di dosaggio e premiscelazione, sistema d'impasto
- 2) Sfogliatrici automatiche a vuoto totale;
- 3) Gruppi di calibrazione sfoglia speciali per fornitura speciale ruvida;
- 4) Pastorizzazione con zona finale di asciugatura;
- 5) Raffreddamento;
- 6) Macchina automatica per tagliatelle e lasagne impilate;
- 7) Sistema di trasporto tagliatelle e confezionatrici verticali MAP per tagliatelle;
- 8) Sistema di trasporto lasagne e termoformatrici per conf. MAP delle lasagne impilate.

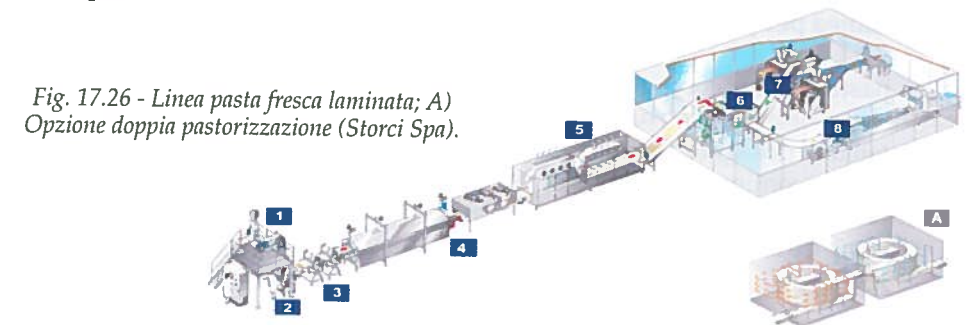


Fig. 17.26 - Linea pasta fresca laminata; A)
Opzione doppia pastorizzazione (Storci Spa).

Pasta fresca regionale

- 1) Sistema di dosaggio e premiscelazione, sistema d'impasto
- 2) Sistema di distribuzione automatico impasto alle formatrici;
- 3) Distribuzione vibrante;
- 4) Pastorizzazione;
- 5) Asciugatura ad alta temperatura e raffreddamento;
- 6) Confezionamento MAP.

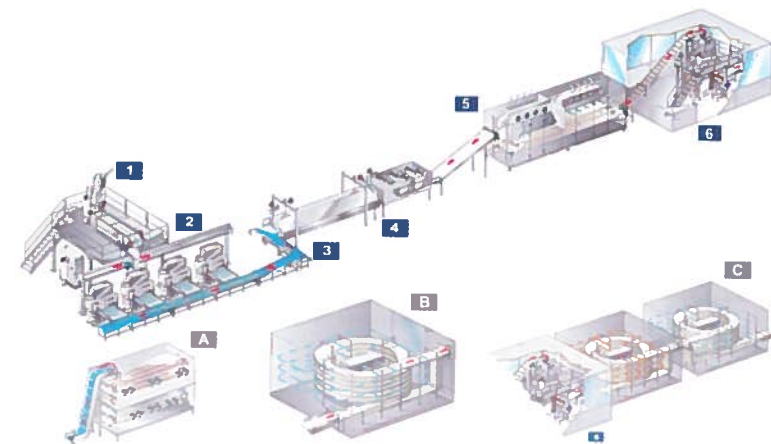


Fig. 17.27 - Linea pasta fresca regionale (Storci Spa).

17.4.3. Linea per couscous

- 1) Gruppo impasto con rouleuse;
- 2) Cuocitore;
- 3) Rotantino prodotto e essiccatoio rotante;
- 4) Raffreddatore;
- 5) Plansichter e trasporti prodotto e polveri;
- 6) Sili di stoccaggio prodotto finito;
- 7) Confezionamento (Storci Spa).

17.4.4. Linea per piatti pronti

Linea paste lunghe, corte e ripiene

- 1) Sistema di dosaggio e premiscelazione;
- 2) Estrusore continuo per pasta corta o lunga;
- 3) Impastatrice ribaltabile;
- 4) Sfogliatrice automatica a doppia uscita;

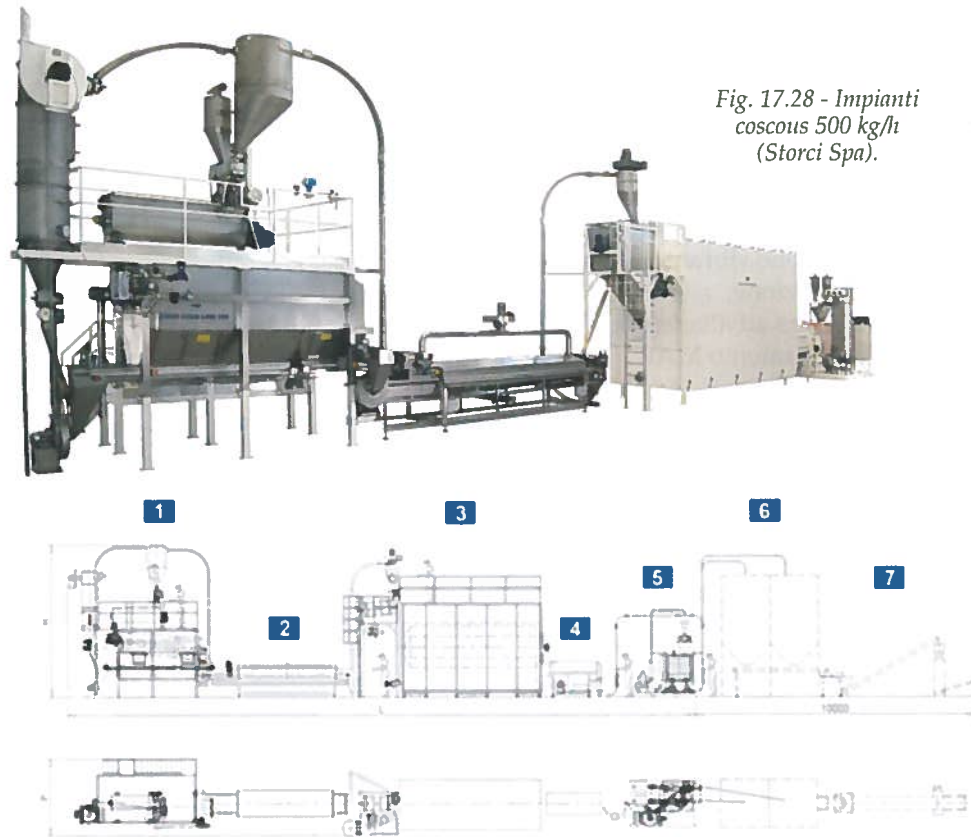


Fig. 17.28 - Impianti
couscous 500 kg/h
(Storci Spa).

Fig. 17.29 - Linea Couscous (Storci Spa).



Fig. 17.30 - Impianti per piatti pronti multiprodotto
(Storci Spa).

- 5) Raviolatrice a doppia sfoglia;
- 6) Sistema taglio e recupero sfridi;
- 7) Cuocitore continuo;
- 8) Lavaggio e raffreddamento prodotto;
- 9) Nastro elevatore pasta precotta e bilancia multi-teste per porzionatura prodotto;
- 10) Dispositivo per disimpilatura vaschette;
- 11) Serbatoi stoccaggio salse;
- 12) Dosatori salse;
- 13) Controllo peso;
- 14) Chiuditrice per confezionamento MAP.

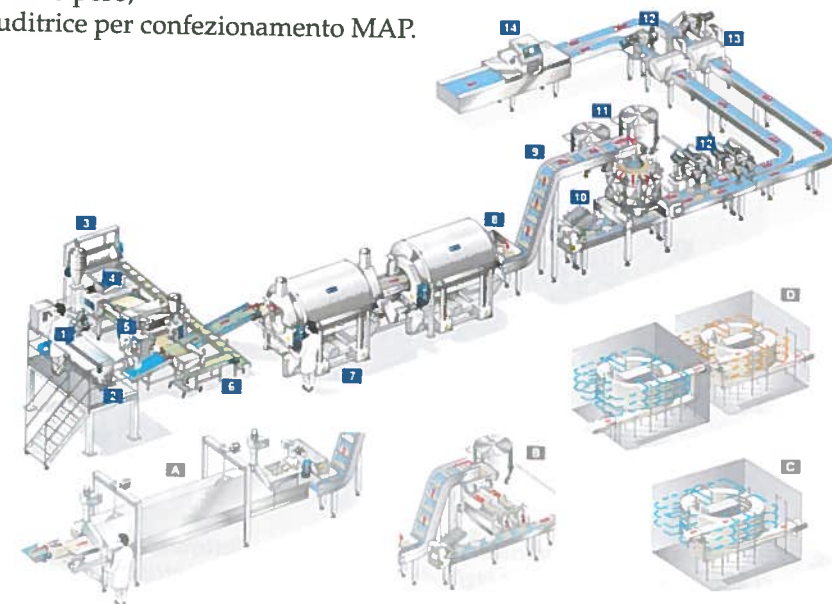


Fig. 17.31 - Linea paste lunghe, corte ripiene (Storci Spa).

Linea lasagne e cannelloni pronti, 600 vaschette/ora

- 1) Pressa discontinua a doppia vasca;
- 2) Gruppo di calibrazione e d'incisione longitudinale sfoglia;
- 3) Cuocitore continuo sfoglia;
- 4) Raffreddamento e lavaggio sfoglia;
- 5) Dispositivo di taglio trasversale sfoglia;
- 6) Serbatoi stoccaggio salse;
- 7) Dosatori salse;
- 8) Sistema ruotante con deposito manuale lasagne nella vasca.

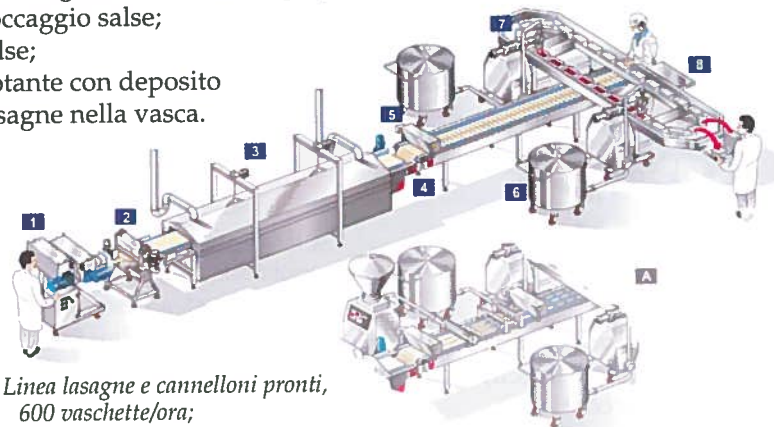


Fig. 17.32 - Linea lasagne e cannelloni pronti, 600 vaschette/ora;
A) Applicazione gruppo di formatura, riempimento e taglio dei cannelloni precotti (Storci Spa).

Linea lasagne e cannelloni pronti, 1200/2400 vaschette/ora

- 1) Sistema di dosaggio e premiscelazione;
- 2) Sistema d'impasto;
- 3) Sfogliatrice automatica sottovuoto;

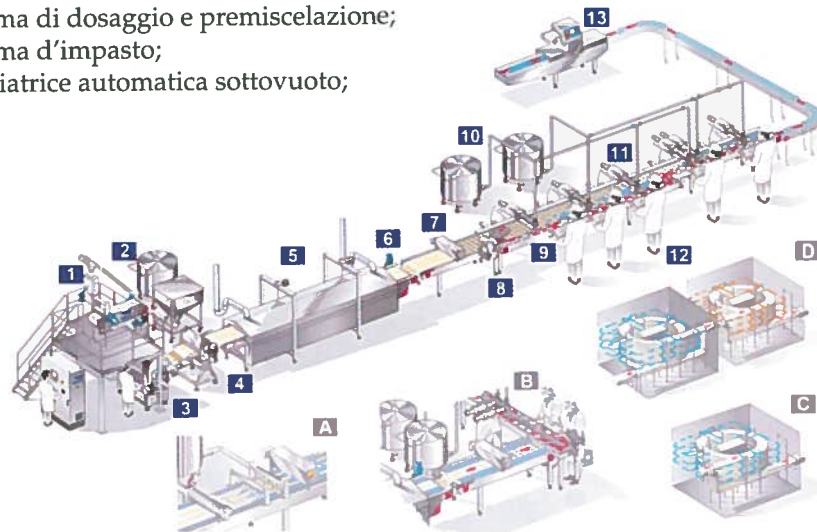


Fig. 17.33 - Linea lasagne e cannelloni pronti, 1200/2400 vaschette/ora; A) Opzione applicazione gruppo di formatura, riempimento e taglio dei cannelloni ripieni precotti; B) Opzione disposizione linea di tipo "rotativo" (1200 vaschette/ora) C) Opzione surgelazione; D) Opzione doppia pastorizzazione (Storci Spa).

- 4) Gruppo di calibrazione e d'incisione longitudinale sfoglia;
- 5) Cuocitore continuo sfoglia;
- 6) Raffreddamento e lavaggio sfoglia;
- 7) Dispositivo di taglio trasversale sfoglia;
- 8) Dispositivo per disimpilare vaschette;
- 9) Nastro trasporto lasagne;
- 10) Serbatoi stoccaggio salse;
- 11) Dosatori salse;
- 12) Operatori per deposito manuale lasagne nelle vaschette;
- 13) Chiuditrice vaschette.

Linea lasagne e cannelloni pronti, fino a 4500 kg/ora

- 1) Sistema di dosaggio e premiscelazione;
- 2) Sistema d'impasto;
- 3) Sfogliatrice automatica sottovuoto;
- 4) Gruppo di calibrazione e d'incisione longitudinale sfoglia;
- 5) Cuocitore continuo sfoglia;
- 6) Raffreddamento e lavaggio sfoglia;
- 7) Cuocitore continuo;
- 8) Dispositivo per disimpilare vaschette;
- 9) Nastro trasporto lasagne;
- 10) Serbatoi stoccaggio salse;
- 11) Dosatori salse;
- 12) Sistema robotizzato per deposito automatico lasagne nelle vaschette;
- 13) Chiuditrice vaschette;
- 14) Metal detector.

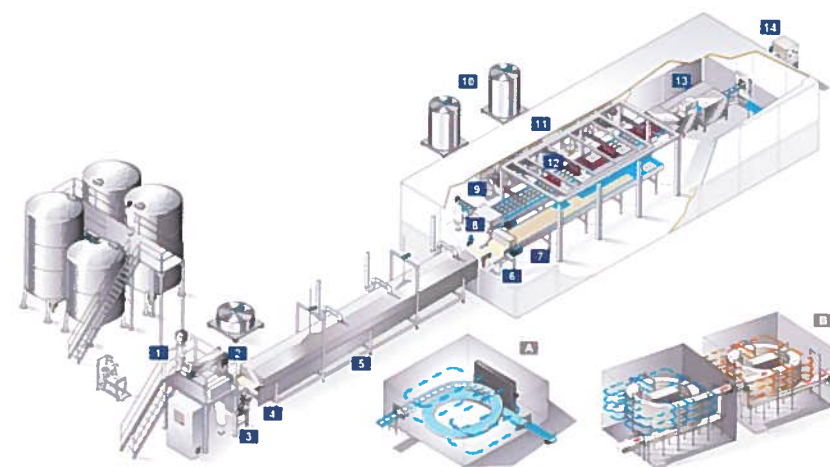


Fig. 17.34 - Linea lasagne e cannelloni pronti, fino a 4500 kg/ora; A) Opzione spirale di raffreddamento o surgelazione; B) Opzione doppia pastorizzazione (Storci Spa).

17.5. BIBLIOGRAFIA

- Associazione delle industrie del dolce e della pasta italiane; sito disponibile a: <http://aidepi.it/>; ultimo accesso il 08/06/2017.
- Cantarelli C., Mercier C. 1987. Pasta e prodotti estrusi. Aspetti tecnologici e nutrizionali. Ed. Tecniche Nuove.
- Cibo&Cibo; sito disponibile a: <http://www.ciboecibo.it/>; ultimo accesso il 09/06/2017.
- Cibo360; sito disponibile a: <http://www.cibo360.it/>; ultimo accesso il 08/06/2017.
- Clic Medicina; sito disponibile a: <http://www.clicmedicina.it/>; ultimo accesso il 08/06/2017.
- Federazione Italiana dell'industria Alimentare; sito disponibile a: <http://www.federalimentare.it/>; ultimo accesso il 10/06/2017.
- Istituto Nazionale di Documentazione, Innovazione e Ricerca Educativa; sito disponibile a: <http://www.indire.it/>; ultimo accesso il 10/06/2017.
- Pasta Equipment, Special Pasta Installation; sito disponibile a: <http://www.pastaequipment.it/>; ultimo accesso il 09/06/2017.
- Pasta L'oro di Gragnano; sito disponibile a: <http://www.rodigragnano.it/public/>; ultimo accesso il 08/06/2017.
- Pasta Pirro; sito disponibile a: <http://www.pastapirro.it/>; ultimo accesso il 08/06/2017.
- Pasta.it; sito disponibile a: <http://www.pasta.it/>; ultimo accesso il 08/06/2017.
- Pavan Group, technology to feed a growing world; sito disponibile a: <http://pavan.com/>; ultimo accesso il 10/06/2017.
- Storci Spa; sito disponibile a: <http://www.storci.com/>; ultimo accesso il 09/06/2017.
- Sabban F., Serventi S., 2015. La pasta: Storia e cultura di un cibo universale. Editori Laterza
- Milatovic Ljubomir, Mondelli Gianni, 1990. La tecnologia della pasta alimentare. Chiriotti Editori.
- Mondelli G., 2008. Essiccazione statica della pasta. Tecnologia e pratica operativa. Avenue Media Ed.
- Shelke Kantha, 2016. Pasta and Noodles: A Global History. Ed. Reaction Book Ltd London.
- Kill Ron, Turnbull K. 2008. Pasta and Semolina Technology. Ed. Wiley-Blackwell ISBN: 978-0-470-99936-3
- Kulp Karel, 2000 Handbook of Cereal Science and Technology, Second Edition, Revised and Expanded. Ed. by CRC Press ISBN 9780824782948.

– PARTE QUINTA –

ELEMENTI DI ECONOMIA E MANAGEMENT DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

- ▶ Studi di fattibilità nell'industria alimentare.
- ▶ Valutazione degli Investimenti.
- ▶ Prospettive economiche sull'evoluzione dell'Industria Alimentare.

*Quando l'oro parla,
ogni eloquenza è senza forza*
Erasmus da Rotterdam

Le medesime imprese che fatte fuor di tempo sono state difficilissime o impossibili, quando sono accompagnate dal tempo e dall'occasione, sono facilissime.

Anonimo

STUDI DI FATTIBILITÀ NELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

Gli studi di fattibilità in campo industriale hanno lo scopo di focalizzare le problematiche connesse alla realizzazione di un impianto in modo da consentire ai progettisti di avviare le attività metaprogettuali e progettuali e ai committenti di verificare la validità economica dell'iniziativa.

Gli studi di fattibilità nel settore alimentare che, secondo l'economia classica, può considerarsi un settore maturo¹, riguardano:

- a) *Analisi e studi preliminari:*
 - ✓Aspetti tecnologici
 - ✓Analisi di mercato
 - ✓Determinazione della capacità produttiva
 - ✓Ubicazione e localizzazione dell'impianto industriale
 - ✓Distinta (scheda) di prodotto
- b) *Scelte progettuali:*
 - ✓Fabbricati industriali
 - ✓Impianti specifici
 - ✓Servizi generali d'impianto
- c) *Verifiche economiche (analisi di convenienza dell'investimento e proiezione della sua redditività nel medio termine).*

Riteniamo che l'esposizione di uno studio di fattibilità, condotto su un impianto completo con resa a magazzino di 15.000 b/h per la produzione di tè freddo in bottiglie da 1,5 l in PET, possa mettere in chiaro le principali problematiche che bisogna affrontare per rendere efficace ed esaustivo un tale studio anche nel caso di altri prodotti alimentari.

Ci riferiamo, per chiarezza espositiva, ad uno studio di fattibilità da noi condotto negli anni 2000 su un impianto per la produzione di the freddo. Tale studio, a parte i dati relativi all'analisi di mercato, conserva tuttora pienamente validità metodologica ed analitica.

¹ Anche se per la continua evoluzione dei gusti e per molti aspetti del confezionamento e dell'imballaggio è da ritenersi un settore decisamente innovativo.

18.1. STUDIO DI FATTIBILITÀ DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI TÈ FREDDO CONFEZIONATO IN VETRO

18.1.1. Studi preliminari

Aspetti di mercato

Cenni storici sul tè e sulla sua preparazione

La coltura della pianta del tè cominciò in Cina a partire dal IV secolo d.C. In Europa il tè venne introdotto nel XVI secolo; l'uso della bevanda cominciò a diffondersi solo nel secolo successivo, specialmente in Inghilterra.

La pianta del tè allo stato selvatico è un albero che può raggiungere l'altezza di 10 e, talvolta, 30 metri. Nelle coltivazioni viene però ridotta allo stato di arbusto alto da 1 a 3 metri per poter comodamente raccogliere le foglie e i teneri germogli, che sono le parti della pianta che vengono utilizzate.

La bevanda, ottenuta con l'infuso delle foglie, esercita un'azione leggermente eccitante sul sistema nervoso, aumenta la pressione sanguigna e favorisce la digestione.

Questi effetti sono dovuti in massima parte alla caffeina contenuta nelle foglie; essi vengono però annullati da una infusione prolungata; in questo caso la bevanda acquista un eccessivo sapore acidulo.

Un buon tè deve contenere almeno l'8% di tannino e non meno del 2% di caffeina. La preparazione del tè comporta numerosi trattamenti e manipolazioni, in gran parte eseguiti a mano nel centro aziendale della piantagione. Le operazioni variano secondo i luoghi e danno origine a diversi tipi di tè.

Il tè nero è ottenuto da foglie fatte fermentare ed è molto usato in Europa; il tè verde è costituito da foglie semplicemente seccate ed è richiesto dal gusto americano.

Nei paesi orientali viene consumato il tè *oolong* che può considerarsi intermedio fra il nero e il verde. In Oriente, e specialmente in Cina, viene confezionato un tè particolarmente profumato (tè *pouchong*); esso viene ottenuto alternando strati di tè con fiori profumati, i quali vengono poi tolti quando il tè ne ha assorbito il profumo.

La produzione del tè freddo

Per molti anni la bibita non gassata si è identificata quasi esclusivamente con lo storico marchio Billy, in cartone poliaccoppiato da 200 ml, prodotto quasi esclusivamente mirato al target dei bambini e giovanissimi: una nicchia di mercato trascurabile all'interno delle bibite analcoliche e con scarse opportunità di sviluppo.

I consumi e le produzioni di tè freddo erano perciò influenzati dall'andamento generale delle bibite non gassate, anche se questo prodotto si deve considerare relativamente antico.

Il mercato è stato infatti sviluppato in Italia negli anni settanta dalla Soc. Ferrero con *Estathè*, il tipico bicchiere in plastica monodose indirizzato so-

prattutto ai giovani. Ancora nel 1990, questo prodotto deteneva una quota del mercato totale del 40% in volume.

Lo sviluppo del mercato, anche se sarebbe più giusto parlare di rivitalizzazione, è stato favorito dall'entrata di diversi competitors e spinto dall'elevata attrattiva del settore: marchi importanti dell'alimentare come Van Den Berg Unilever (Lipton Ice Tea), Star, Del Monte (Tè Ati), già operanti nel settore dei tè in filtri, Parmalat, che ha esteso al tè freddo il suo know how nel campo dei succhi in cartone poliaccoppiato, S. Benedetto, una delle aziende più importanti nel mercato dei soft drink e acque minerali. Queste imprese hanno portato avanti una buona strategia di flankering, estendendo al mercato del tè freddo marchi già noti in altri settori.

Una crescita veloce per il tè freddo

Il mercato dei soft drink si presenta sicuramente più articolato e complesso rispetto al lontano passato. Ancora alla fine degli anni ottanta il consumo era caratterizzato in gran parte dalle bibite gassate tradizionali: cole e aranciate equivaevano da sole a quasi il 70% dei volumi; il quadro dell'offerta era fortemente incentrato sul predominio distributivo e pubblicitario di Coca Cola e sulla presenza di marchi nazionali consolidati come quelli di San Pellegrino e San Benedetto e comunque era trascurabile l'incidenza di aziende extrasettoriali. Non che vi sia stata una vera e propria rivoluzione nel settore, però qualche cosa è cambiato e il mercato in generale è diventato più dinamico.

La più consistente spinta alla domanda è venuta però da Sogeam che nel 1992 ha introdotto sul mercato il marchio Beltè, un tè con una confezione innovativa per il segmento: la bottiglia in PET da 1,5 litri. Il prodotto, nei gusti limone e pesca, ha puntato sull'elevato contenuto di servizio e su un posizionamento di prezzo conveniente: il risultato è quello che può essere considerato il principale fattore di successo nel mercato del tè freddo, vale a dire una forte espansione dei consumi familiari. Beltè è stato sostenuto da un'efficace comunicazione, che ha esaltato i plus del prodotto per il quale viene utilizzata acqua minerale e una pratica bottiglia per l'utilizzo familiare. Nel 1994 la gamma è stata allargata con Beltè senza zucchero in confezione da 150 cl e con una lattina da 25 cc.

È così che il segmento del tè freddo ha evidenziato nella prima metà degli anni novanta un andamento della domanda sorprendente, se paragonato a quello del comparto complessivo dei soft drink. I consumi di bibite analcoliche sono più che raddoppiati negli ultimi venti anni, arrivando a superare i 50 litri pro capite. Il focus del mercato, rappresentato dalle bibite gassate (2,6 miliardi di litri degli oltre 3 miliardi complessivi), aveva però fatto segnare ad un certo momento un forte rallentamento del tasso di crescita fino alla stagnazione del 1994 (-1% in volume nel canale alimentare). L'ice tea, che rientra nell'area delle bibite piatte, aveva viceversa registrato costanti incrementi a due o addirittura a tre cifre, con un tasso di crescita medio annuo, nel periodo 1990-1994, del 70% in volume: prima costituiva una fetta ridotta del mercato, alla pari di prodotti più o meno innovativi come le bibite piatte a base di frutta o gli sport drink, ma mentre queste due categorie mantennero una dimensione di nicchia (le bibite piatte alla frutta rappresentavano l'1% dei soft drink e gli sport drink, dopo anni di sviluppo subirono un brusco arresto nei

consumi), il tè era diventata in breve la bibita più consumata dopo cole, aranciate e sullo stesso livello dell'aggregato gassose-lemon-lime. Il fenomeno dell'ice tea riguardò d'altra parte l'intero mercato europeo dei soft drink. Nel 1994 la domanda di questa bevanda era aumentata in Europa del 30%.

I key factor del mercato

Vediamo di riassumere i fattori di successo e le dinamiche principali del mercato:

- 1) In primo luogo l'Italia è uno dei principali mercati, se non il primo, per consumo di tè freddo. Si tratta comunque di un business che ha assunto un'importante dimensione internazionale. Ciò spiega l'interesse dei grandi gruppi alimentari e delle bevande.
- 2) Il panorama competitivo si è ampliato con l'entrata di numerosi marchi; oltre ai già citati, sono da ricordare brand già importanti nel mercato del tè in filtri, come Twinings, Infrè, o aziende provenienti dal mercato dei succhi di frutta. Il fattore competitivo più influente sulle dinamiche di mercato è però probabilmente rappresentato dalla crescita delle marche commerciali, tenendo conto anche del fatto che oltre il 70% del tè freddo, in polvere e liquido, nel canale alimentare è veicolato attraverso la distribuzione.
- 3) Il fattore chiave di successo è stato, oltre all'estensione dei gusti, la progressiva diversificazione dei formati, che ha contribuito a riposizionare un prodotto maturo. In particolare l'introduzione di formati uso famiglia, nello specifico la bottiglia in PET da 1,5 litri, è stata l'innovazione, che dal punto di vista del packaging, ha avuto un rilevante successo.
- 4) Nel corso degli ultimi trent'anni si è assistito ad un progressivo processo di sostituzione tra le diverse bevande che ha penalizzato in particolare i consumi di vino: basti pensare che all'inizio degli anni sessanta questa voce aveva un peso pari circa al 75% della spesa delle famiglie per bevande, mentre ora l'incidenza è scesa intorno al 50%. Le modifiche nella composizione dei consumi delle bevande non sono legate tanto alle variazioni di reddito e prezzo, quanto al cambiamento strutturale connesso alle preferenze di stili di vita dei consumatori. Il risultato si condensa in un orientamento progressivo verso i prodotti a basso contenuto alcolico, come la birra o verso le bevande analcoliche. Le motivazioni di questo radicale cambiamento sono diverse e possono essere ricondotte a specifici mutamenti nel quadro dei consumi alimentari nazionali: destrutturazione dei pasti, evoluzione degli stili di vita e della stratificazione demografica, aumentata importanza da un lato della componente edonistica e dall'altro dell'attenzione agli aspetti salutistici.
- 5) Ha avuto una notevole influenza lo spostamento delle generazioni di consumatori più giovani verso le bevande non alcoliche. Da prodotto per bambini ed in seguito per un target più ampio, evoluto e salutista, il tè freddo è diventata una bevanda buona per tutti e per tutte le occasioni. Per altro, le spiccate caratteristiche di bevanda dissetante conferiscono al prodotto una marcata stagionalità: il 60% dei consumi è concentrato nel quadrimestre a cavallo dell'estate. Per quanto riguarda la ripartizione dei consumi per aree geografiche, il tè freddo si consuma soprattutto nel nord del Paese, mentre l'area me-

ridionale presenta una penetrazione ancora bassa del prodotto e dunque un ulteriore grande margine potenziale di crescita. Queste tendenze sono accelerate anche dal forte impegno in comunicazione delle imprese produttrici.

Analisi di mercato²

Dati statistici storici

Dopo aver preso in considerazione gli aspetti tecnologici e le motivazioni che hanno contribuito allo sviluppo del mercato del tè freddo, consideriamo i dati statistici che hanno caratterizzato questo mercato negli anni passati.

La ricerca sulle bevande analcoliche evidenzia come, a partire dagli inizi degli anni novanta, la produzione del tè freddo ebbe un considerevole incremento (tab. 18.I e fig. 18.1).

Basti pensare che nel quadriennio 1990-1995 tale produzione aumentò più del 100%, passando dai 165 milioni di litri ai 350 milioni di litri. Dal 1995 in poi, la maturazione del mercato portò ad un incremento di circa il 5% ogni anno, fino ad arrivare alla produzione di 410 milioni di litri nel 2000.

Anno	Litri prodotti (milioni)
1990	165
1992	200
1994	280
1996	350
1998	380
2000	410

Tab. 18.I - Produzione di tè.

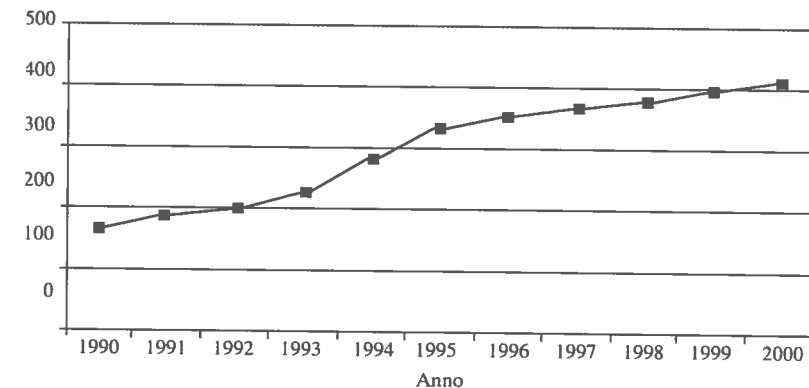


Fig. 18.1 - Trend di produzione di tè dal 1990 al 2000.

² Trattandosi di un'esemplificazione si è fatto riferimento all'anno 2000.

Nell'ambito dei "soft drink" la ripartizione dei consumi ha subito grandi mutamenti negli ultimi anni. In questo ambito la percentuale del tè è cresciuta a ritmi vertiginosi, in contrasto con le forti battute d'arresto che hanno subito altri prodotti come gassose, lime, limonate, acque toniche, chinotti e bibite piatte alla frutta. Infatti il tè, oggi, è la terza bevanda analcolica più consumata, alle spalle di cole ed aranciate, come è evidenziato dalla **tab. 18.II**.

Tipologia di soft drink	1980	1993	1995	1997	2000
Cola	30,9	36,8	36	33	33
Aranciata	31,7	30,1	24	24	24
Tè freddo	-	6,3	11,5	13	15
Gassosa	8,4	5,5	4	2,5	2
Lemon-lime	5,2	6,3	5,5	4,5	4
Limonate e pompelmo	7,2	4,3	4,3	4,5	4,5
Chinotto	6	2,5	3	3,5	4
Toniche	3,6	2,2	2,9	3,5	4
Sport drink	-	2,5	2	1,5	2,5
Bibite piatte alla frutta	-	2	1,5	1,2	2
Altre	7	1,5	5,3	8,8	5

Tab. 18.II - La ripartizione dei consumi di soft drink (in % di volume) al 2000.

Marchio	% in volume
Esthè	18
Ice Tea Lipton	14
Beltè	38
Parmalat	5,5
San Benedetto - Guizza	4,5
Tè Ati Del Monte	4
Nestea	3
Star	2
Altre	11

Tab. 18.III - Le quote di mercato nel tè freddo nel 1997.

È utile osservare che all'interno del mercato del tè esistono numerosi competitor che negli anni si sono spartiti le quote di mercato. Si riportano in **tab. 18.III** e **fig. 18.2** i dati relativi all'anno 1997; comunque le maggiori aziende hanno mantenuto fino ad oggi una certa stazionarietà nell'acquisizione di queste quote.

Il mercato al 1999³

Con un valore superiore ai 300 miliardi di lire (prezzi al dettaglio ed escluso il canale dei pubblici esercizi), il tè freddo ha oramai consolidato la sua posi-

³ Non era stato ancora introdotto l'Euro come moneta europea.

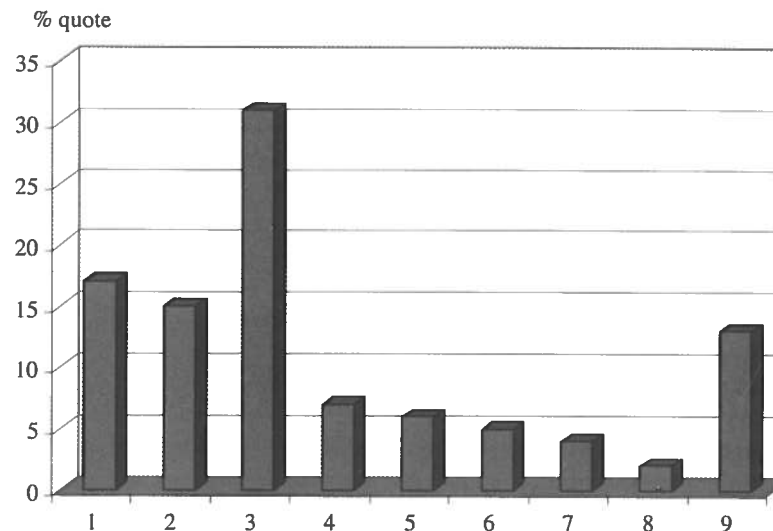


Fig. 18.2 - Quote di mercato del tè freddo nel 1997. 1) Esthè; 2) Ice Tea Lipton; 3) Beltè; 4) Parmalat; 5) San Benedetto - Guizza; 6) Tè Ati Del Monte; 7) Nestea; 8) Star; 9) Altre.

zione all'interno del mercato delle bevande analcoliche: con una quota percentuale in valore superiore al 13% è al terzo posto dopo il segmento delle cole e aranciate.

Attualmente, come detto, dopo anni di crescita media percentuale a due cifre, nei prossimi anni si prevede che i consumi di tè freddo incrementeranno a volume di un 5% medio annuo, cioè il prodotto entra nella fase della maturità⁴.

Nella situazione attuale, comunque, la continua espansione della domanda offre spazi di crescita a diversi competitor senza timore di un'elevata conflittualità caratteristica dei mercati maturi; anzi, in questa fase, un'aggressiva politica di marca delle principali imprese non può che contribuire ad allargare ulteriormente il mercato. Pertanto l'entrata di un ulteriore competitor all'interno del mercato sarebbe accolta favorevolmente dal mercato stesso, soprattutto se questo ingresso fosse anticipato da una campagna pubblicitaria in grande stile.

Sviluppi e tendenze nel mercato dei soft drink

Una caratteristica evolutiva di rilievo del mercato dei soft drink è che alla grossa crescita degli anni ottanta ha fatto riscontro una marcata contrazione del tasso di incremento della domanda nell'ultimo decennio *(eccezion fatta proprio per la produzione del tè e di pochi altri prodotti innovativi).

Il boom dei consumi era stato favorito dalla fase di crescita economica e dalla forte disponibilità alla spesa dei consumatori; inoltre, l'inflazione relativamente alta consentiva più facilmente all'industria dei soft drink di mantenere i prezzi al di sotto del tasso di inflazione. Un altro elemento importante nello

⁴ Ipotesi realmente verificatasi al 2005.

sviluppo della domanda è stata la diminuzione del prezzo medio per litro grazie alla diffusione dei contenitori in PET da 1,5 e 2 litri; in più la razionalizzazione dei prodotti e l'espansione delle grandi superfici distributive hanno portato a consumi pro capite elevati, che cominciano a far sentire i propri effetti. In questo senso bisogna per esempio sottolineare l'importanza dei fattori socio-economici e demografici e in particolare dell'invecchiamento della popolazione. È cresciuta la fascia dei consumatori più adulti, che presentano un consumo fisiologicamente inferiore rispetto alle fasce più giovani (per inciso, una nuova tendenza del mercato è quella verso i formati più piccoli, specialmente bottiglie in vetro e PET da 50 cl). Inoltre la cosiddetta *terza età* è quella che più risente della crisi economica e la più attenta al prezzo. Molti dei soggetti che rientrano in questa categoria e altri caratterizzati da un livello reddituale basso, possono essere definiti consumatori "value-for-money" e rappresentano il target preferenziale per l'area dell'hard discount. Questa formula distributiva ha assunto un peso considerevole nell'ambito delle bevande (si stima per il tè un'incidenza del 15% in valore sui consumi) e in parte identifica una fascia di nuovi consumatori che, grazie al prezzo estremamente competitivo, sono diventati acquirenti abituali.

Il fenomeno discount è diventato un fattore chiave anche nel mercato italiano, perché ha contribuito ad allargare ulteriormente il mercato, favorendo un acuirsi della concorrenza. In particolare, la grande distribuzione organizzata (GDO) ha spinto l'area dei primi prezzi, terreno favorevole soprattutto per le imprese minori. La minore disponibilità alla spesa del consumatore, o sarebbe meglio dire una maggiore attenzione al rapporto prezzo/valore percepito, ha penalizzato in termini di quote soprattutto il gruppo delle imprese maggiori. In questo scenario ha acquistato sempre più peso la competitività di costo, sotto il profilo di elementi quali le economie di scala, la gestione logistica, la riduzione dei costi di produzione dei contenitori.

Nel settore dei soft drink l'innovazione di packaging ha giocato un ruolo rilevante nello sviluppo del mercato del tè. Oggi è diventato questo il vero terreno di confronto per le aziende, visto che la bottiglia "uso famiglia" rappresenta i due terzi del mercato (questa confezione ha il prezzo medio più basso), anche se negli ultimi anni è da rilevare un aumento del confezionamento della lattina in alluminio da 25 cl. Infatti già oggi il tè freddo rappresenta il 50% delle bevande lisce vendute "in automatico". La distribuzione degli imballaggi del tè riferita all'anno 2000 è messa in evidenza in **tab. 18.IV** e **fig. 18.3**.

Tipologia di packaging	% in volume
Bottiglie	60
Monodose multipack	19
Cartone da 1 litro	10
Lattina	11

Tab. 18.IV - Il packaging del tè freddo.

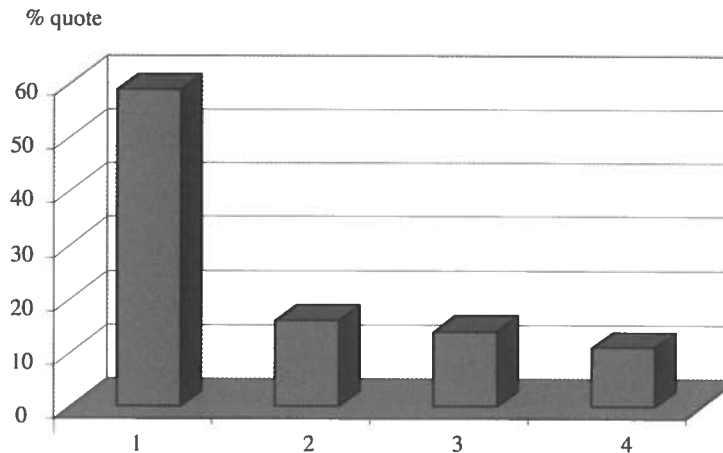


Fig. 18.3 - Il packaging del tè freddo. 1) Bottiglie, 2) monodose multipack, 3) cartone da 1 litro, 4) lattina.

Previsioni di mercato per i prossimi anni

È ora opportuno procedere alla determinazione della previsione dei consumi per i prossimi anni. Tale calcolo sarà infatti particolarmente importante per il dimensionamento dell'impianto produttivo. Dai valori che si otterranno, unitamente alle previsioni di penetrazione nel mercato, si riusciranno a determinare i volumi di produzione dell'impianto.

Un valido strumento previsionale è rappresentato dall'*analisi di regressione lineare*; questa permette di linearizzare l'andamento dei consumi nel tempo, cioè di determinare la seguente relazione:

$$P(t) = a + b \cdot t$$

dove:

- ✓ $P(t)$ è la previsione,
- ✓ a e b sono due coefficienti che vengono calcolati partendo dai dati di consumo storici, utilizzando il metodo dei minimi quadrati:

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^n (P_i - d_i)^2 \right\}$$

da cui si ricava:

$$b = \frac{\sum d_i \cdot t - \bar{d} \cdot \sum t_i}{\sum t_i^2 - \bar{t} \cdot \sum t_i}$$

$$a = \bar{d} - b \cdot \bar{t}$$

dove:

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i}{n}$$

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n}$$

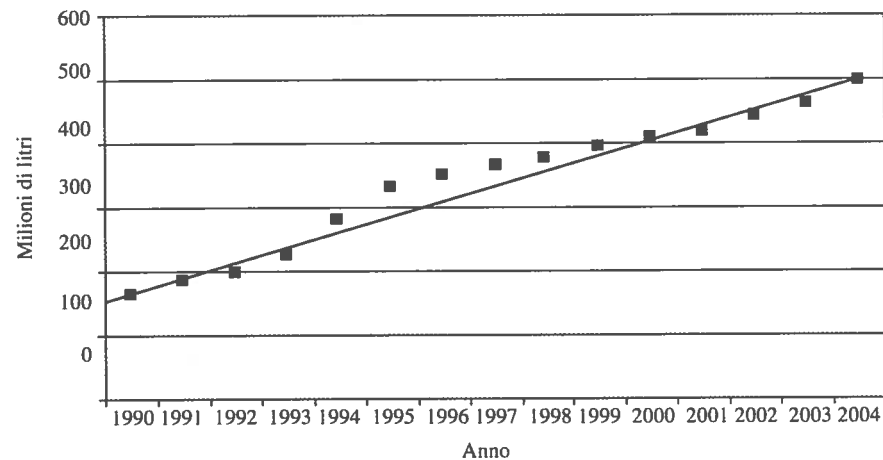


Fig. 18.4 - Previsioni di mercato del tè.

Considerando i dati dei consumi relativi agli ultimi 10 anni, si è ottenuta la fig. 18.25.

Da una prima analisi è però emerso come le previsioni non seguano troppo il trend degli ultimi anni. Per questo motivo si è preferito fare riferimento ai consumi degli ultimi 4 anni.

Seguendo un identico procedimento si è ottenuta la fig. 18.5.

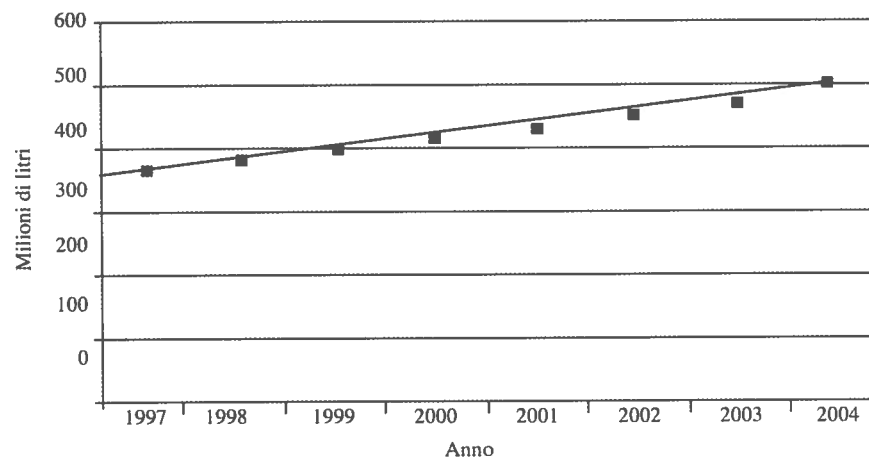


Fig. 18.5 - Previsioni di mercato del tè modificate.

18.1.2. Determinazione della capacità produttiva

Dall'analisi quantitativa di mercato così condotta, emerge come la previsione globale di produzione di tè (per il solo mercato nazionale) per l'anno 2000, ammonti a 406 milioni di litri e 500 nel 2004⁵.

Si ipotizza in questo studio di acquisire, con una nuova iniziativa, una quota di mercato pari all' 8-10% del totale.

Considerando un periodo di lavorazione compreso tra febbraio e ottobre, (tasso di stagionalità) si calcolano complessivamente circa n° 200 giorni effettivi di produzione. Considerando altresì 8 ore lavorative giornaliere si ottengono 1600 ore di lavoro l'anno.

Considerando a questo punto che l'efficienza dell'impianto produttivo non potrà essere del 100% a causa di possibili fermi macchina dovuti a guasti e alle susseguenti riparazioni e manutenzioni straordinarie e ad altre cause ostative, si ipotizza un'efficienza dell'80%.

Pertanto l'impianto per la produzione di tè dovrà essere dimensionato per una resa a magazzino di 15.000 bottiglie da 1,5 litri l'ora. Questa capacità produttiva classifica l'impianto produttivo di "medie dimensioni".

18.1.3. Ubicazione e localizzazione dell'impianto industriale

Scelta dell'ubicazione dell'impianto industriale

La scelta territoriale relativa all'impianto che si va a progettare è di fondamentale importanza, al fine di conseguire un buon andamento economico-finanziario dell'impresa. A tale scelta, infatti, sono legati numerosi fattori che occorre considerare prima di intraprendere un'attività industriale. Tali fattori sono detti fattori ubicazionali e sono di assoluta importanza.

La scelta dell'ubicazione dell'impianto si sviluppa su tre livelli:

1. Ubicazione
2. Localizzazione
3. Scelta del terreno o del sedime

La scelta dell'area geografica del territorio e del sito in cui allocare l'impianto industriale, sono fasi distinte e avvengono in tempi successivi.

Ubicazione

Per Ubicazione si intende l'identificazione dell'area geografica e del Paese di insediamento dello stabilimento industriale.

Si osserva anzitutto come l'Italia sia sicuramente una delle nazioni più idonee per la collocazione di uno stabilimento per la produzione di bevande, vista la disponibilità di materie prime, su tutte l'acqua, e la pluriennale esperienza che il nostro Paese ha acquisito nell'impiantistica di questo settore alimentare.

Il motivo di preferenza però va attribuito agli elevati consumi di tè freddo che si registrano ogni anno, essendo l'Italia uno dei principali mercati, se non

⁵ I dati consolidati del 2004 hanno confermato le previsioni.

già il primo, per consumo di tè freddo. Numerose joint ventures internazionali hanno, infatti, costruito nel nostro paese impianti di produzione e confezionamento di bibite, con ingenti investimenti pubblicitari e di distribuzione. Infine è da osservare come la felice e strategica posizione geografica della nostra penisola in Europa, consenta di esportare in molti Paesi europei senza particolari difficoltà logistiche.

Localizzazione

All'interno del paese scelto è necessario scegliere una zona (regione) ben precisa.

Questa ricerca è indispensabile per stabilire dove sia più conveniente collocare l'impianto industriale.

1) Distribuzione geografica dei consumi in Italia

In tab. 18.V si riportano i consumi di tè in Italia per area geografica, che evidenziano come essi siano concentrati al nord.

Area geografica	% in volume
Nord-est	37
Nord-ovest	29
Centro	21
Sud	13

Tab. 18.V - Distribuzione geografica dei consumi di tè in Italia.

2) Disponibilità delle materie prime

Localizzare l'impianto in prossimità delle fonti di rifornimento delle materie prime è una buona regola. Nel nostro caso la materia prima fondamentale è l'acqua. In particolare la nostra azienda sfrutterà acqua di pozzo. È da osservare come a fronte di una buona disponibilità di quest'ultima su tutto il territorio nazionale, le caratteristiche organolettiche variano notevolmente. Le acque di fonte che si prestano meglio per la produzione di tè sono quelle oligominerali, molto disponibili nell'Italia del Nord.

3) Vicinanza geografica al mercato di destinazione del prodotto

Il nostro interesse sarà inizialmente concentrato sul mercato nazionale; a tal riguardo occorre considerare due diverse strategie di marketing. La prima consiste nel puntare a conquistare quote di mercato là dove il mercato esiste già ed è tale che la sua vivacità è garanzia di una sicura penetrazione (prerogativa dell'Italia settentrionale). La seconda consiste nel puntare ad espandere il mercato del tè freddo in zone geografiche con forti potenziali di consumo (prerogativa dell'Italia centro-meridionale). La nostra azienda di giovane costituzione propenderà per la prima strategia, date le garanzie che questa offre per un'affermazione in tempi brevi.

4) Disponibilità di macchine e impianti per lo stabilimento.

Possibilità di assistenza tecnica

Questo fattore ubicazionale risulta importante anche se non decisivo. La disponibilità di tecnologie alimentari è concentrata nel centro-nord ed in particolare per quanto riguarda la produzione di macchine per il "food processing" in Parma. Nella città emiliana, infatti, si hanno molte industrie di livello mondiale che costruiscono linee complete per la produzione di qualsiasi prodotto alimentare e posseggono una grande esperienza, maturata anche grazie alle collaborazioni con aziende estere. Esse si propongono come *fornitori globali*, in grado di seguire tutte le fasi del processo produttivo, dalla materia prima al prodotto finito.

Queste aziende sono in grado di fornire impiantistica d'avanguardia, sistemi integrati per i controlli di produzione e un'assistenza completa e qualificata.

La vicinanza dell'impianto a tale zona diventa quindi un interessante fattore competitivo.

5) Disponibilità di efficienti vie di trasporto

La rete stradale e ferroviaria è estesa in quasi tutto il territorio nazionale, ma in Emilia si hanno nodi ferroviari di collegamento con importanti centri di consumo e commerciali come Milano, Torino, Genova, Bologna. Anche la rete stradale e autostradale qui è molto sviluppata, consentendo di raggiungere sia il mercato interno sia quello estero senza particolari difficoltà. In ogni caso è buona norma collocare l'impianto in una zona baricentrica rispetto alle aree di mercato, per poter ridurre i costi legati al trasporto e quindi per agevolare la distribuzione.

6) Disponibilità e specializzazione della manodopera

La disponibilità di manodopera è sufficiente in tutto il territorio nazionale, considerato anche il fatto che non è richiesta una disponibilità quantitativa, ma piuttosto grande specializzazione, essendo ormai quasi tutte le fasi di lavorazione completamente automatizzate. È da osservare che per quanto riguarda i costi specifici di manodopera, questi risultano pressoché uguali su tutto il territorio.

7) Disponibilità di fonti di energia adatte alla produzione

In questo caso, bisogna considerare unicamente la disponibilità di energia elettrica, che rappresenta l'unica fonte necessaria per il funzionamento delle macchine e delle apparecchiature.

Anche per questo fattore non vi sono particolari restrizioni di scelta.

8) Possibilità di utilizzare agevolazioni

Nell'ubicazione del nuovo stabilimento è importante considerare la programmazione regionale o nazionale, che condiziona fortemente la scelta della zona in cui installare l'impianto. È infatti necessario seguire gli orientamenti politico-economici in materia, ai quali spesso si accompagnano facilitazioni fiscali, contributi statali, finanziamenti a tassi di interesse agevolati. Da questo punto di vista vi sono zone sicuramente più favorite, che godono di maggiori vantaggi economici.

Scelta localizzativa

Riprendendo quanto già detto nel capitolo II, dopo aver elencato ed esaminato tutti i fattori rilevanti di localizzazione, bisogna passare alla scelta della regione di insediamento.

Normalmente in questa fase la scelta viene supportata da uno strumento decisionale basato su una metodologia a punteggio. Le fasi applicative della metodologia sono:

- Elencare tutti i fattori di fondamentale importanza per la scelta ubicazionale.
- Assegnare un peso ad ogni fattore elencato, che indica la sua influenza sulla scelta della zona geografica; tali pesi hanno origine dall'importanza di ciascun fattore rispetto ai costi totali di produzione; la loro somma deve essere uguale a 100.
- Assegnare un giudizio numerico, in relazione al fattore considerato, ad ogni alternativa geografica presa in considerazione.
- Calcolare i punteggi di ogni alternativa tramite la somma dei prodotti dei pesi per i relativi giudizi numerici.
- Scegliere la zona geografica con il punteggio più alto.

Procedendo con questa metodologia, si ottengono i risultati mostrati in **tab. 18.VI** in cui si riportano le varie voci e i giudizi corrispondenti.

Fattori	Peso	Giudizi Nord	Giudizi Centro-Sud
Materie prime	10	80	70
Manodopera	15	80	80
Mercato	20	90	80
Energia	10	80	80
Trasporti	15	85	80
Tecnologia	20	100	85
Agevolazioni	10	60	90
Totale	100	8475	8100

Tab. 18.VI - Risultati della metodologia adottata.

Come si può notare dai giudizi globali, la zona più idonea all'insediamento industriale, seppur di poco, risulta l'area nord italiana.

È necessario ora procedere alla scelta della regione e del sito dell'impianto industriale.

Scelta della regione

Una delle regioni leader nell'ambito dell'industria alimentare è senza dubbio l'Emilia Romagna; in particolare la provincia di Parma è denominata "food valley" per le numerose attività nel campo alimentare che la caratterizzano. Si decide quindi di scegliere il comune di Fiorenzuola D'Arda per l'installazione del nostro impianto.

I motivi di questa scelta sono i seguenti:

- Vie di trasporto di primaria importanza: via Emilia; autostrade quali la A1 (Milano-Bologna), la A21 (Piacenza-Torino), la A14 (Piacenza-BresciaBrennero); ed a pochi chilometri la A15 (Parma-La Spezia); la linea ferroviaria, che collega Fiorenzuola a città importanti come Bologna, Torino, Milano, Genova. Si nota anche come Fiorenzuola occupi una posizione quasi baricentrica nel nord Italia e questo fatto consente di trovarsi a brevi distanze dalle zone in cui il prodotto verrà distribuito (per quanto riguarda la parte di produzione indirizzata al consumo interno), avendo così grossi vantaggi sui costi di trasporto del prodotto finito.
- Abbondanza della materia prima in assoluto più importante, l'acqua, che è direttamente captabile dal sottosuolo, data la favorevole composizione geostigrafica della zona.
- Facile reperibilità di tecnici e operai specializzati nel settore alimentare.
- Elevata disponibilità di tecnologie specifiche e complementari.
- Buona disponibilità dei servizi a rete, quali il servizio idrico, il servizio elettrico, il servizio metano, il sistema fognario, il servizio telefonico, i servizi telematici.
- Presenza delle infrastrutture primarie, come ospedali, VV.FF., centri di formazione, palestre, centri ricreativi.

Scelta del sedime

L'inquadramento territoriale e fisico-ambientale del comune di Fiorenzuola d'Arda non può eludere la valutazione dell'aspetto idrografico della zona. Nella zona i corsi d'acqua di maggiori dimensioni sono il torrente Arda e il torrente Chiavenna, i quali tuttavia, per il loro carattere di pensilità (molto meno accentuato o assente nel torrente Chiavenna) rispetto alla pianura adiacente, non assolvono al compito di drenaggio delle aree di interfluvio, sensibilmente più depresse, che in genere vengono drenate dai corsi d'acqua minori, i quali si immettono nei corsi d'acqua principali nella bassa pianura, dove i dislivelli si attenuano sensibilmente.

Il territorio del Comune di Fiorenzuola è tuttavia attraversato da un reticolato idrografico ben sviluppato, rappresentato dai corsi d'acqua di provenienza appenninica, affluenti di destra del fiume Po, aventi tipico decorso subparallelo con orientamento prevalente rivolto a nord nord-est.

Sotto l'aspetto geologico il territorio del comune di Fiorenzuola è interamente impostato su depositi alluvionali quaternari dei torrenti Arda e Chiavenna e, per l'estrema porzione settentrionale, anche del fiume Po, sostanzialmente rappresentati da ghiaie, sabbie, limi e argille, la cui deposizione è avvenuta tra la fine del Pleistocene e l'Olocene inferiore.

Dalla relazione geologica del PRG variante '97 emergono dieci aree di nuova espansione urbanistica. Per queste aree sono state eseguite n° 7 prove penetrometriche dinamiche SCPT e statiche CPT al fine di eseguire una caratterizzazione fisico-meccanica del substrato, idonea a stabilire l'edificabilità di massima, così come specificatamente richiesto dalla Circ. R.ER. n. prot. 1288/83 relativa alla "metodologia da seguire nelle indagini geologiche a corredo dei piani urbanistici comunali".

Per il nostro insediamento, risulta adatta l'area 3 (Zona G) adibita ad impianti per attrezzature tecnologiche località Dugara.

L'area in località "Dugara" situata esternamente alla fascia di tutela in sinistra idrografica del torrente Arda è stata indagata tramite l'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica (SCPT n°1.3), che ha consentito di evidenziare la seguente successione litostratigrafico-resistenziale:

1° strato: è costituito da materiali fini, probabilmente limi e limi argillosi a bassa resistenza intercettati fino alla profondità di 1,8 m dal piano campagna. I valori di resistenza penetrometrica registrati sono piuttosto bassi, corrispondenti a valori medi di $N_{spt} = 3$ colpi e quindi ad una $Cu = 0,2$ kg/cm².

2° strato: come il precedente è costituito da materiali coesivi, ma sensibilmente più resistenti, caratterizzati da un numero di colpi $N_{spt} = 7$, pari a $Cu = 0,44$ kg/cm².

3° strato: è un orizzonte di transizione al sottostante 4° strato, estendendosi dalla base dello strato precedente fino alla profondità di m. 5,70, costituito da materiali mediamente più resistenti rispetto allo strato precedente, probabilmente per la presenza di sabbie e ciottoli alterati. Le resistenze penetrometriche registrate evidenziano valori medi di $N_{spt} = 12$ colpi, corrispondenti ad una $Cu = 0,75$ kg/cm².

4° strato: è costituito da ghiaie mediamente addensate, estendendosi fino alla profondità massima indagata, all'interno delle quali è tuttavia presente un'intercalazione limoso-sabbiosa, a bassa resistenza ($N_{spt} = 7$ colpi pari a $Cu = 0,44$ kg/cm²). Le resistenze penetrometriche registrate evidenziano valori medi di $N_{spt} = 18-20$ colpi, corrispondenti ad un angolo d'attrito interno $\sim = 32,4-33^\circ$.

Il livello della falda freatica è stato rilevato alla profondità di m. 7,5 dal p.c.; in riferimento al rilievo del marzo '97 l'area in esame ricade nella fascia con soggiacenza compresa nell'intervallo 4-6 m.

La formulazione del giudizio di fattibilità geologica di dettaglio per le azioni di piano, è stata desunta dalla valutazione incrociata degli elementi di carattere geologico-geomorfologico, geopedologico, idrogeologico, idraulico, e geotecnico, nonché dei fattori di utilizzo antropico del territorio, attuali e di previsione, prospettati dai progettisti dello strumento urbanistico. Per la valutazione della capacità portante del substrato che permette di classificare l'area 3 in loc. "Dugara" come un area di fattibilità con modeste limitazioni (classe 2).

La risorsa idrica

Nella **tab. 18.VII** si riporta la stratigrafia del campo pozzi S. Protaso a 150 m in linea d'aria dall'area interessata.

Tenuto conto della portata massima di acqua necessaria all'impianto in questione, pari a 25.000 l/h, sarà necessario realizzare un pozzo con una profondità prevista pari a metri 55. Il diametro per questo pozzo è stimato di 600 mm.

Nell'industria alimentare si richiede acqua che sia chimicamente ed igienicamente potabile, in quanto questa entra direttamente a far parte del prodotto finale. Non sono accettabili contaminazioni di nessun tipo. Le fal-

Profondità [m]	Caratteristica del terreno
0.0...20	Ghiaia con brevi strati di argilla.
20...22	Argilla marrone.
22...27	Strati di argilla e ghiaia (1° falda).
27...38	Argilla marrone limosa.
38 ... 41	Ghiaia grossa (2° falda).
41...45	Argilla marrone.
45...49	Ghiaia (3° falda).
49...51	Argilla
51...56	Ghiaia (4° falda).
56...61	Argilla grigia limosa.
61...66	Ghiaia e conglomerato.

La portata totale delle falde è particolarmente elevata.

Tab. 18.VII - Stratigrafia del campo pozzi San Protaso.

de di superficie sono spesso portatrici di inquinamento, anche molto nocivo, e soprattutto vedono mutare molto in fretta le caratteristiche della composizione chimica dell'acqua che se ora è potabile, potrebbe non esserlo più in pochi anni come in pochi mesi. Per evitare inammissibili rischi di natura chimica e biologica per la bevanda è stato scelto di attingere solo dalle falde più profonde, situate ad oltre 40 metri dal piano campagna, per poi sottoporre le sottostanti ad esami che tendano ad individuare le caratteristiche chimiche e batteriologiche dell'acqua in modo da poter determinare quali azioni correttive saranno necessarie per rendere l'acqua un elemento sicuro e adatto al ciclo tecnologico.

Per svolgere questa importante operazione si deve operare arrestando la perforazione ad ogni acquifero in modo da emungere solo da quello, per poterlo analizzare⁶.

Il rivestimento definitivo del pozzo sarà costituito da tubazioni in acciaio inox di diametri nominali differenti:

- da metri 0 a metri 35: Ø 500 mm in modo da contenere 2 pompe sommergibili di cui una in esercizio e una di riserva;
- da metri 35 a metri 55: Ø 250 mm.

L'intercapedine tra tubazione e parete del pozzo è da cementarsi per quanto riguarda il tratto da 0 a 40 metri, mentre il tratto sottostante resterà libero, e il tubo sarà dotato di feritoie a ponte e filtri per permettere l'ingresso dell'acqua, ma non di eventuali detriti trascinati. Per assicurare l'uniformità del manto drenante e della cementazione è necessario che la tubazione sia concentrica al preforo; per conseguire questo è necessario l'impiego di centratori e di un fondello da mettere alla base del tubo sul fondo del preforo. Per an-

⁶ Cfr.: Roberto Rizzo. Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande. Chiriotti Editori. Pinerolo (TO). 2005. Volume primo, capitolo sesto.
Cfr. capitolo quarto del presente volume.

dare a colmare l'intercapedine nella parte terminale della colonna di manovra, in corrispondenza del tratto filtrante, si utilizza del ghiaietto siliceo monogranulare capace di assicurare il migliore afflusso possibile e nel contempo in grado di trattene- re materiali sospesi.

Nella **fig. 18.6** si riporta lo schema del pozzo da costruirsi secondo le esigenze dell'impianto pre- scelto.

È utile osservare che dalla relazione geologica effettuata per conto del comune di Fiorenzuola d'Arda si deduce che la portata estraibile dal pozzo S. Protaso (studiato come paragone perché situa- to nelle immediate vicinanze della nostra area), ammonti a 20 l/s. Tale quantità, che risulta più che soddi- sfacente ai nostri fabbisogni di pro- duzione, ci pone nelle condizioni più incoraggianti per insediare la nostra azienda.

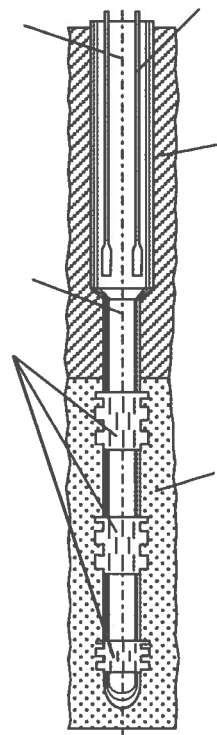


Fig. 18.6 - Progetto dei pozzi per lo stabilimento.

18.1.4. Fattibilità tecnologica. Distinta di prodotto

La ricetta del tè freddo

La ricetta utilizzata (**tab. 18.VIII**) si riferisce ad una bevanda tè al limone, ma il gusto può essere variato utilizzando altri tipi di aromi (come ad esempio l'aroma pesca).

Acqua	937,800 g
Acido citrico monoidrato	3 g
Vitamina C	0,300 g
Zucchero	90 g
Estratto tè	2,500 g
Aroma tè	0,150 g
Aroma limone	0,300 g
Succo limone limpido	0,34 g
Totale	1000 g

Tab. 18.VIII - La ricetta del tè freddo.

Scheda di prodotto

Contempla le caratteristiche relative al prodotto, alla confezione, all'imbal- laggio di distribuzione e a quello di trasporto.

Scheda prodotto

- **prodotto:** tè freddo
- **materie prime di base:** acqua, zucchero, estratto di tè, aromi
- **contenitore:** bottiglia in PET da 1,5 litri
- **chiusura:** capsula di plastica con guarnizione
- **imballaggio di distribuzione:** fardello termoretraibile da 6 bottiglie con maniglia adesiva
- **pallettizzazione:** europaletta (80 × 120) a strati incrociati + falda piano
- **cappuccio:** film estensibile avvolto + top in polietilene

Scheda contenitore

- **tipologia:** bottiglia
- **materiale:** PET
- **dimensioni:** diametro: 80 mm; altezza: 320 mm
- **abbigliamento:** etichetta in PET avvolgente
- **capacità:** 1,5 litri

Scheda imballaggio di distribuzione

- **tipologia:** fardello di forma parallelepipedo
- **materiale:** film PE termoretraibile
- **dimensioni:** 240 × 160 × 320 mm
- **numero di contenitori per fardello:** 6 bottiglie
- **peso complessivo:** circa 9 kg

Scheda imballaggio per il trasporto

- **tipologia:** europaletta
- **materiale:** legno
- **dimensioni:** 140 × 800 × 1200 mm
- **numero di fardelli per pallet:** 200 (5 × 5 × 8)
- **peso complessivo:** 1800 kg

18.2. FATTIBILITÀ TECNICA. SCELTE PROGETTUALI RELATIVE ALL'IMPIANTO INDUSTRIALE

18.2.1. Fabbricati industriali

Preparazione del capannone e dell'area industriale

I passi per la preparazione del sedime sono i seguenti:

- **Scavi e movimento terra:** scavo di sbancamento generale e trasporto del terreno a pubblica discarica e in parte, nelle aree verdi del lotto per la loro preparazione.
- **Inghiaiamiento dell'area** con misto naturale per uno spessore medio di 50 cm.

- **Opere di fondazione:** esecuzione di plinti in opera completi di scavo, getto del calcestruzzo magro, forniture e posa in opera di acciaio per armatura, cassetture e altre provvisioni.
- **Montaggio delle strutture prefabbricate** in elevazione composte da pilastri in calcestruzzo armato vibrato (CAV), travi e tegoli in cemento armato precompresso (CAP); esecuzione delle travi portapannelli in opera complete di scavo, getto del calcestruzzo magro, fornitura e posa di acciaio per armatura, cassetture.
- **Tamponamento** in pannelli prefabbricati in CAV di spessore di 20 cm alleggeriti con polistirolo di spessore di 10 cm, con finitura esterna in ghiaietto di fiume ($k=1 \text{ kcal/hm}^2\text{C}$). Tali pannelli sono poi rivestiti con vernici atossiche a base di resine epossidiche, atte al prolungato contatto con sostanze alimentari.
- **Manto di copertura e lattoneria:** copertura con lastre di alluminio grecato 7/10 complete di colmi, posate su listoni in legno; isolamento con doppio strato di lana di vetro (5+5 cm); posa di 2000 m² di lucernari composti da velario piano in policarbonato con lastra superiore in onda traslucida e rete anticaduta; canali e scossaline in acciaio inox 6/10 completi di raccordi ai pluviali inseriti nei pilastri prefabbricati.
- **Fognature:** esecuzione di scavo, posa di tubi in CAV per fognature smaltimento acque bianche (meteoriche).
- Esecuzione del sottofondo con ghiaia stabilizzata.
- Esecuzione del pavimento industriale in massello con spessore di 20 cm in calcestruzzo RCK 350 armato con doppia rete ~ 6/20/20 (diametro/passo/passo) con lisciatura meccanica con staggia vibrante e rivestimento a base di resine epossidiche nelle zone più critiche sotto l'aspetto igienico. Il pavimento è inclinato leggermente (0,5%) verso le griglie di smaltimento per facilitare la raccolta delle sostanze liquide depositate sullo stesso.
- Fornitura e posa di portoni industriali (6x6 m) di struttura metallica, tamponati con pannelli coibentati in alluminio, chiusura di tipo a libro, dotati di porta con maniglione antipanico.
- Fornitura e posa in opera di porte (1,20x2,30 m) per uscite pedonali e di sicurezza (ogni 30 m), dotate di maniglione antipanico. Fornitura e posa in opera di finestre realizzate con profilo estruso di alluminio sezione R40, sezione mm 45, anodizzate in argento, complete di vetri antinfortunistici 6/7 ed ogni accessorio per il buon funzionamento, con apertura a vasistas.
- Sistemazione area esterna: stesura manto bituminoso, recinzione del lotto con pannelli in cemento armato prefabbricati.
- Esecuzione in opera della palazzina uffici, di dimensioni pari a 30x15 m di 2 piani (interpiano 3,5 m).

Nell'eseguire l'interno del capannone industriale bisogna seguire tutte le norme e prassi igieniche (ad esempio: smussando gli angoli tra parete e parete e tra parete e pavimento, limitando l'utilizzo di infissi, ricoprendo le superfici con materiale liscio, facilmente lavabile e disinfettabile). Bisogna anche utilizzare materiali esteticamente gradevoli, specialmente per il rivestimento esterno. Il capannone sarà quindi composto da 3 navate da 26 metri l'una, con i pilastri in senso longitudinale (campata) distanti 10 metri l'uno dall'altro.

18.2.2. Impianti specifici e processo tecnologico

Diagramma tecnologico

Nelle figg. 18.7, 18.8 e 18.9 vengono illustrati i diagrammi di flusso concernenti le fasi del processo produttivo.

Si sono distinti tre segmenti:

1. Imbottigliamento (fig. 18.7),
2. Produzione sciroppi (fig. 18.8),
3. Imballaggio, che va dalla etichettatura alla palettizzazione (fig. 18.9).

Impianto d'imbottigliamento

La tecnologia industriale offre due possibili tecniche di imbottigliamento per il tè:

- riempimento a caldo;
- riempimento a freddo.

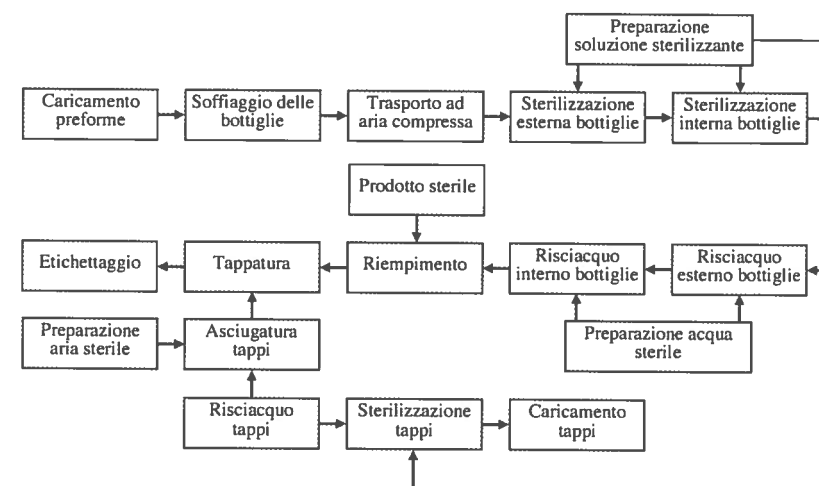


Fig. 18.7 - Diagramma dell'imbottigliamento.

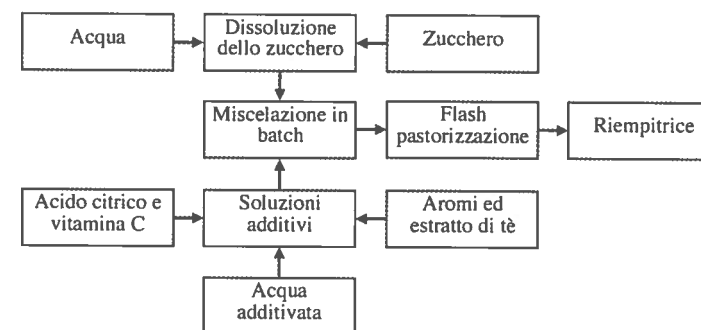
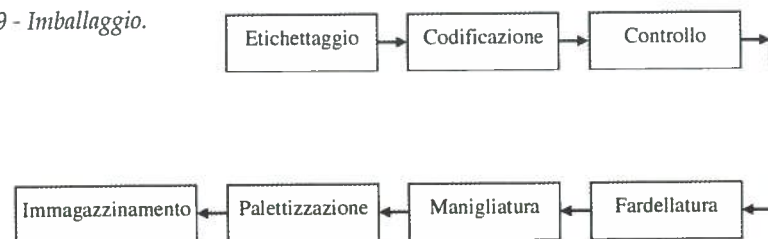


Fig. 18.8 - Operazioni nella sala sciroppi per preparare le bevande.

Fig. 18.9 - Imballaggio.



La prima tecnica è caratterizzata dal fatto che la sterilizzazione del prodotto viene effettuata con un riempimento del liquido a caldo. Le bottiglie di PET, opportunamente sagomate ed in alcuni casi ricristallizzate⁷, vengono bonificate dalla stessa temperatura del liquido d'ingresso (superiore agli 80°C). È questa la tecnica utilizzata per l'imbottigliamento ad esempio di alcune bevande funzionali.

Questa tecnica presenta però un inconveniente che assume risvolti sgraditi. L'uso del calore, infatti, altera inevitabilmente le caratteristiche organolettiche e nutrizionali del prodotto ed è per questo motivo che sempre più si tende al riempimento asettico a freddo. In questo caso per il confezionamento vengono utilizzati bottiglie, liquido e tappi di chiusura sterili, già al momento del riempimento.

D'altra parte le tecnologie dell'hot filling, utilizzate per bevande particolari, quali succhi di frutta, tè, sport drink, comportano alti costi operativi in termini energetici. È previsto perciò l'imbottigliamento asettico che permette il riempimento a temperatura ambiente, l'eliminazione del tunnel di pastorizzazione e di raffreddamento l'utilizzo di bottiglie in PET one-way non resistenti al calore.

La tecnologia espressa da questo sistema è tanto avanzata da non rendere indispensabile la presenza di soffiatrici in linea per la sicurezza igienica del contenitore. Grazie, infatti, al trattamento completo di sterilizzazione a cui sono sottoposti, sia il contenitore sia il tappo di chiusura, il sistema è in grado di trattare in buona sicurezza anche bottiglie stoccate a magazzino in normali condizioni di protezione ambientale. Nel nostro caso però si opterà per la presenza di una soffiatrice in linea per elevare ulteriormente il livello di sicurezza igienica e semplificare la logistica interna della linea.

Il prodotto da imbottigliare verrà stabilizzato con i procedimenti classici, quali la flash pastorizzazione o filtrazione; l'imbottigliamento sterile verrà eseguito in un ambiente a contaminazione controllata.

Configurazione dell'impianto

Le macchine principali dell'impianto (sterilizzatrice, sciacquatrice, riempitrice e tappatrice) sono in configurazione block (fig. 18.10). Il riempimento e

⁷ Cfr. Roberto Rizzo. Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande. Chiriotti Editori. Volume quarto, capitolo quarto: i contenitori in PET, in PE e in PP.

di tappatura avvengono in classe 100 e a flusso laminare. Le zone sensibili delle macchine sono protette dall'ambiente esterno mediante isoterma. Il block è installato in area protetta in classe 1000.

All'ingresso della "zona bianca" le bottiglie vengono sottoposte ad una sterilizzazione esterna passando in un tunnel dove dall'alto (attraverso ugelli) viene spruzzata una soluzione sterilizzante.

Quindi i contenitori passano alla sterilizzatrice e alla sciacquatrice, che sono macchine di tipo rotativo con ugello spruzzatore mobile e valvole a setto on-off (no bottle-no spray), comandate elettropneumaticamente. Un sistema speciale "spray detection" verifica ad ogni giro la funzionalità degli ugelli spruzzatori.

Indi la bottiglia entra nella riempitrice, di tipo volumetrico, con misuratori di portata e serbatoio asettico del prodotto indipendente. Durante il riempimento non si verifica nessun contatto fra bottiglia e valvola di riempimento.

L'ultima operazione, infine, è la tappatura; alla tappatrice i tappi di chiusura giungono dopo essere stati sterilizzati: i tappi sono messi a contatto completo per tutta la loro superficie con la soluzione sterilizzante e, quindi, in un canale di discesa vengono poi effettuati il risciacquo e l'asciugatura.

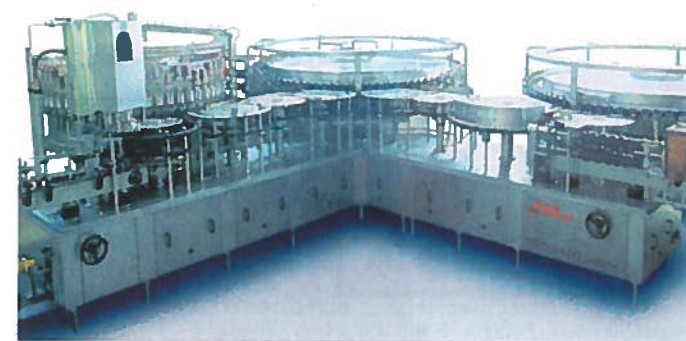


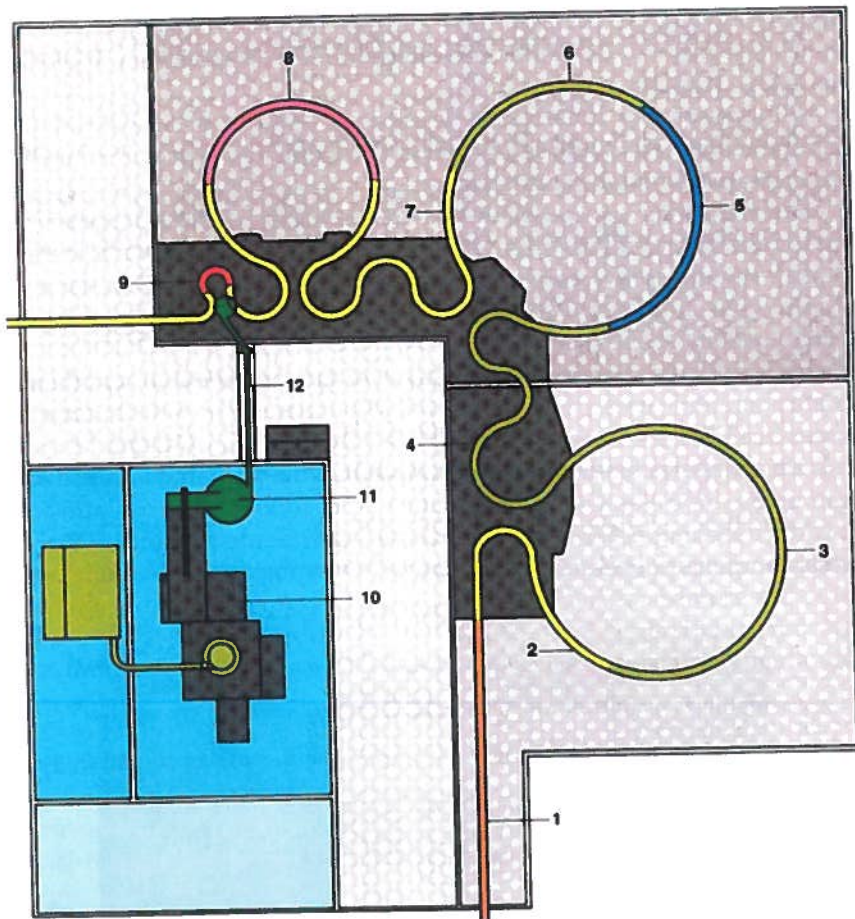
Fig. 18.10 - Le macchine dell'impianto di confezionamento.

La sterilizzazione del sistema è prevista con soluzione di acido peracetico per la sterilizzatrice e la sciacquatrice e con acqua surriscaldata per la riempitrice. I gruppi di preparazione dei liquidi di servizio, quali la soluzione sterilizzante e l'acqua sterile, sono parte integrante del sistema.

È infine importante che i basamenti di tutte le macchine siano rigorosamente e interamente in acciaio inox e poggiino su piedini rialzati, per evitare che si verificino annidamenti di microrganismi tra gli eventuali interstizi e per ridurre al minimo le possibili corrosioni del materiale, data l'aggressività delle sostanze con cui vengono a contatto queste strutture.

La linea d'imbottigliamento/confezionamento

La macchina "master" dell'impianto sarà una soffiatrice e le bottiglie soffiate saranno trasportate alla zona bianca mediante un sistema di trasporto pneumatico.



- | | | |
|------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. Tunnel di sterilizzazione esterna bottiglia | 5. Risciacquo interno bottiglia | 9. Tappatura |
| 2. Capovolgimento bottiglia | 6. Sgocciolamento | 10. Sterilizzazione tappi |
| 3. Sterilizzazione interna bottiglia | 7. Riposizionamento bottiglia | 11. Tramoggia tappi sterili |
| 4. Risciacquo esterno bottiglia | 8. Riempimento | 12. Risciacquo/asciugatura tappi |

Fig. 18.11 - Configurazione dell'impianto all'interno della camera bianca.

Nella zona bianca avverranno le operazioni di sterilizzazione, risciacquo, riempimento e tappatura.

In uscita dalla zona bianca verranno eseguite le operazioni di controllo, di abbigliamento e di imballaggio in film termoretraibile. Le bottiglie verranno poste in colli da 6 contenitori (3x2) e mediante una manigliatrice automatica verrà poi applicato al fardello un nastro adesivo trasparente che fungerà da maniglia.

Infine è previsto un palettizzatore per il posizionamento dei fardelli sulle palette ed un avvolgitore a film estensibile che avrà la funzione di compattare la palette stessa e preservarla dalle insidie ambientali.

La palette confezionata sarà pronta ad essere trasportata e/o stivata in magazzino.

Il soffiaggio delle bottiglie

È opportuno ricorrere alla produzione in linea delle bottiglie in quanto, questa scelta impiantistica, oltre a garantire un'elevata igienicità del contenitore (seppure non assoluta), consente di produrre bottiglie in quantità tali da soddisfare istantaneamente ai fabbisogni produttivi.

L'avvio delle macchine soffiatrici è estremamente facile, cominciando le operazioni automaticamente e progressivamente non appena la temperatura per il riscaldamento delle preforme è stata raggiunta.

Il rilevamento delle preforme in ingresso e delle bottiglie in uscita avviene per mezzo di un computer programmabile. Il controllo della temperatura e il computer programmabile saranno dislocati sul pannello di comando a fianco della macchina, in posizione molto ergonomica.

All'uscita della soffiatrice le bottiglie vengono trasportate alla sciacquatrice mediante convogliatori pneumatici (fig. 18.12).

Dal canale in cui fluisce l'aria ventilata (180 m/min), viene fornita una propulsione tale da poter mettere in sequenza una gran quantità di bottiglie (coda). Normalmente un ventilatore standard motorizza 10 m di trasportatore. Ciascuno ventilatore è poi separato da tutti gli altri mediante appositi piatti divisorii sistemati nel condotto.

Il sistema di trasporto include un sistema di misurazione del flusso di bottiglie. Tale unità è necessaria in quanto questo sistema di trasporto non convoglia le bottiglie né ad una velocità costante né a flusso costante.

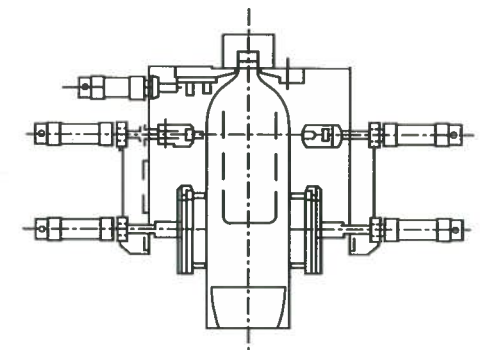


Fig. 18.12 - Le spazzole.

I ventilatori sono costituiti da turbine ad elica; la loro dimensione dipende dalla lunghezza del trasportatore, dal tipo di bottiglia e dalla velocità di trasporto. Per il nostro caso si fa riferimento ad un ventilatore della potenza di 2,2 kW. Ogni ventilatore è azionato da un inverter per avere la massima flessibilità per il controllo della linea. Infatti la linea è dotata di una serie di fotocellule collegate ad un PLC le quali mandano segnali al motore del ventilatore (che possiede tre velocità) al fine di evitare urti tra le bottiglie o addirittura brusche fermate delle stesse.

Il ventilatore è dotato di due tipi di filtri: prefiltro e filtro assoluto.

Ci sono tre prefiltri per ogni ventilatore. Essi hanno la funzione di filtrare i corpuscoli più grossi. Non possono essere puliti, per cui una volta sporchi devono essere cambiati. Sono detti prefiltri perché, posti all'inizio dell'ingresso dell'aria in turbina, preservano il filtro assoluto da un rapido intasamento. La loro rottura non compromette il buon filtraggio per la presenza in mandata del filtro assoluto.

Il filtro assoluto che ha diametro di circa 0,1 mm può invece essere lavato in loco e non ha bisogno quindi di sostituzione una volta sporcato.

Sterilizzazione e risciacquo delle bottiglie

È richiesto che la sterilizzazione (fig. 18.13) della bottiglia avvenga in più fasi.

La bottiglia entra in camera bianca attraverso un tunnel di sterilizzazione di classe 10000 dove, mediante appositi ugelli, viene spruzzata la soluzione sterilizzante che abbatte la carica microbica esterna. Il trasporto avviene con trasportatori table-top.

La bottiglia procede in posizione verticale con il collo rivolto verso l'alto fino all'ingresso della giostra di sterilizzazione interna, dove apposite pinze afferrano il collo del contenitore capovolgendolo e posizionandolo in asse con degli ugelli opportunamente sagomati (fig. 18.14), che penetrano all'interno del contenitore, spruzzando a pressione il liquido sanificante. Quando è necessario il trattamento con due fluidi diversi, ogni postazione è dotata di due ugelli, che ricevono il flusso dal distributore posto al centro della macchina.



Fig. 18.13 - La sterilizzatrice.



Fig. 18.14 - Il capovolgimento della bottiglia.

Questa prima fase dura circa 3-4 secondi, periodo di tempo nel quale viene esercitata all'interno della bottiglia un'azione sia di carattere chimico-biologica che di carattere meccanica, dovuta alla pressione del getto di 3-4 atmosfere. Quindi per evitare che all'interno restino apprezzabili tracce di sterilizzante si ha una breve pausa per permettere alla bottiglia di scolare. Al termine della giostra si ha il riposizionamento originario della bottiglia e quindi inizia il risciacquo esterno e interno con una sciacquatrice di tipo rotativo, in cui la bottiglia di plastica, ancora una volta viene presa per il collo da una pinza e ribaltata per il trattamento con liquido a pressione. Il risciacquo del contenitore rimuove i residui della soluzione sterilizzante e neutralizza ulteriormente eventuali residui che i primi getti non hanno eliminato. Il risciacquo avviene con acqua con caratteristiche chimico-fisiche eccellenti, a bassa durezza, pura microbiologicamente e con temperatura non particolarmente elevata (massimo 20 °C) per inibire lo sviluppo di

microrganismi. Il risciacquo interno dura 2-3 secondi con acqua è a pressione di 3-6 atmosfere. Successivamente nella giostra, la bottiglia permane per un periodo di 1-2 secondi per permettere la fuoriuscita dell'acqua residua. Poi la pinza, ripone la bottiglia nella posizione originaria e la consegna ad una serie di stelle in uscita, le quali la portano all'ingresso della riempitrice.

In genere il sistema può trattare bottiglie di diverse dimensioni, con le opportune attrezzature di cambio formato; la regolazione in altezza delle giostre avviene a mezzo di un motore elettrico.

Nella soluzione "block" prescelta, il passaggio delle bottiglie dalla sciacquatrice alla riempitrice avviene tramite una serie di stelle di trasferimento con trasporto positivo.

Sulla macchina è installato un sistema per il recupero dei liquidi utilizzati, onde ridurre i consumi ed essa è dotata di pannellature antinfortunistiche fisse lungo il perimetro e di pannelli trasparenti apribili con finecorsa di sicurezza sul frontale dell'operatore.

Le caratteristiche principali della sciacquatrice sono:

- tempi di trattamento variabili entro limiti molto ampi;
- possibilità di cicli operativi su misura;
- possibilità di trattamento con bassi consumi, grazie all'inserimento di sistemi di recupero;
- elevata efficienza di risciacquo;
- cambio di formato semplice ed eseguibile in breve tempo;
- possibilità di trattare bottiglie con ampia gamma di forma e di dimensione;
- pinza di presa adatta a contenitori in materiale leggero e pesante (plastica e vetro);
- meccanica semplice ed affidabile;
- possibilità di trattamenti multipli con fluidi diversi fra loro, a freddo e a caldo;
- possibilità di collegamento monoblocco con riempitrici;
- possibilità di ugello spruzzatore penetrante nella bottiglia;
- possibilità di accoppiare più giostre per trattamenti di risciacquo particolarmente prolungati;

Il riempimento

Il riempimento è una delle fasi più delicate di tutto il processo di imbottigliamento dei liquidi. Le tecniche di riempimento dei liquidi non gasati sono diverse da quelle usate per i liquidi gasati, anche se queste ultime sono applicabili anche ai liquidi non gasati. Il riempimento dei liquidi non gasati può avvenire:

- per gravità a pressione ambiente;
- per gravità a sovrappressione (o depressione).

La scelta dell'uno o dell'altro sistema dipende dalla natura del liquido, dalla sua densità e dalla sua viscosità. È chiaro che il sistema per depressione è più rapido che non quello per gravità a pressione ambiente, ma sollecita moltissimo il liquido ed è perciò più adatto ai liquidi densi e viscosi, mentre è inadatto per liquidi particolarmente schiumosi o delicati rispetto al contenuto aromatico. Proprio per questo motivo il riempimento, nel nostro caso, verrà effettuato per gravità.

Nel riempimento per gravità il liquido in campana ha la stessa pressione (atmosferica) di quello in bottiglia e il battente utile per il riempimento è h (battente idraulico).

La riempitrice

Le macchine per il riempimento automatico (fig. 18.15), almeno sotto l'aspetto meccanico e cinematico, sono del tutto simili, sia che vengano trattati liquidi gasati, sia che vengano trattati liquidi non gasati.

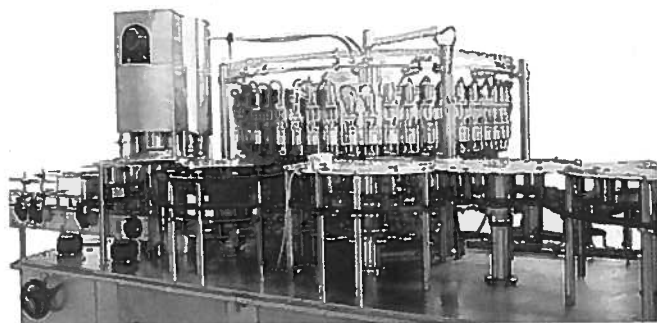


Fig. 18.15 - La riempitrice.

Su un basamento monolitico in acciaio inox sono fissati gli organi e la struttura portante della macchina. Gli azionamenti del moto fanno capo ad un riduttore a vite senza fine, con due uscite ortogonali. Quella parallela all'albero d'ingresso fornisce il movimento all'incastellatura mobile solidale con i vari rubinetti di riempimento. L'incastellatura mobile è appoggiata alla struttura fissa per mezzo di un cuscinetto a sfere o a strisciamento con lubrificazione forzata. L'altro albero del riduttore, attraverso una serie di cinematismi alloggiati in una bacinella a tenuta, trasmette il moto agli organi di entrata e di uscita delle bottiglie.

Il liquido da imbottigliare viene addotto attraverso un distributore rotante multiplo a tenuta. L'alimentazione elettrica ad eventuali sistemi di regolazione solidali con la campana, è fornita da un collettore a spazzole.

L'insieme degli organi di entrata e di uscita con relative guide, costituiscono l'attrezzatura di banco.

Il distributore rotante (fig. 18.16)

Il cuore della macchina per i liquidi non gasati, come è per il nostro caso, è costituito dal rubinetto. Prima di descrivere il rubinetto però è opportuno ripercorrere il tragitto effettuato dal liquido. Esso giunge alla riempitrice dal basso attraverso una tubazione di grande diametro e con curve di largo raggio, che consentono una circolazione del prodotto a ridotta velocità, con conseguente bassa turbolenza. Il fluido viene addotto ai rubinetti in rotazione attraverso un distributore anch'esso rotante.

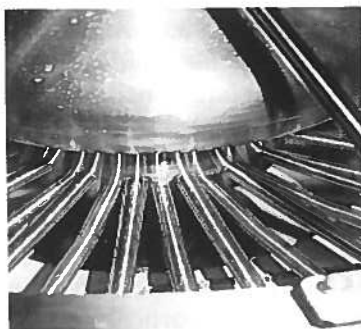


Fig. 18.16 - Particolare del distributore rotante.

Questo distributore, molto più semplice rispetto a quello usato per i liquidi gasati, ha un funzionamento di immediata comprensione: attorno alla parte terminale del tubo ruota un manicotto cilindrico superquadro (di diametro maggiore rispetto l'altezza). La tenuta è data da guarnizioni particolarmente resistenti all'usura da strisciamento e all'azione corrosiva degli acidi generalmente contenuti nella bevanda o nelle soluzioni di sanificazione.

Da questa corpo cilindrico (distributore), partono i condotti che alimentano direttamente i rubinetti all'estremità della giostra.

L'energia elettrica a bassa tensione (<110 V) per l'azionamento di servocomandi o sonde è addotta mediante spazzole ed anelli portati dallo stesso distributore.

Il rubinetto

Il rubinetto utilizzato per il riempimento è di tipo volumetrico, azionato da una elettrovalvola ed è ben rappresentato in fig. 18.17.

Esso è costituito da una sola valvola che viene comandata dai segnali di un elaboratore posto a monte. Il liquido, infatti, arrivando per gravità, a velocità variabile, da un condotto proveniente dal distributore rotante, attraversa un magnete con indotto e vi genera una forza elettromotrice autoindotta (Legge di Lenz). L'elaboratore di rubinetto "leggendo" questi valori di forza elettromotrice integra il flusso istantaneo di liquido che attraversa il magnete, effettuando una misura della portata d'ingresso nel rubinetto. Una volta che la quantità di fluido corrispondente alla capacità del contenitore abbia attraversato il magnete, viene dato alla valvola il comando di chiusura. È importante sottolineare che ogni valvola è dotata di una scheda elettronica che riceve i segnali (infrarossi) dell'operazione da effettuare da una centralina, collegata direttamente all'elaboratore principale programmabile.

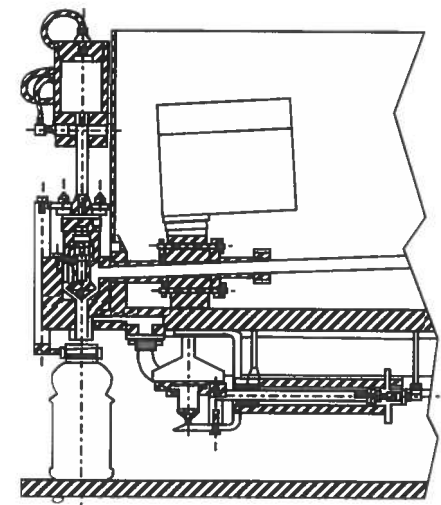


Fig. 18.17 - Rubinetto volumetrico.

Sono anche da menzionare numerose soluzioni costruttive particolarmente interessanti come:

- il sistema pneumatico che avvicina la bottiglia (afferrata per il collo, e non spinta da un cilindro alzabottiglie) al rubinetto;
- il sistema di sanificazione (del tipo cleaning in place) con false bottiglie che, attraverso un apposito comando dal quadro elettronico, vengono direttamente posizionate all'uscita del rubinetto, dando origine ad un percorso chiuso a recupero.
- un tubo indipendente di alimentazione del prodotto, direttamente dal collettore centrale, eliminando così ogni tipo di serbatoio anulare;
- completa assenza di membrane o molle (a contatto con il prodotto), e di punti di ristagno per prodotto o sanificante, che massimizzano la sanificabilità della stessa valvola;

La riempitrice è controllata da un quadro di comando macchina in acciaio inossidabile, contenente tutti gli strumenti di controllo, i pulsanti di marcia ed arresto, i selettori operativi, il visualizzatore digitale indicante la velocità di funzionamento della macchina e le spie luminose di segnalazione. Inoltre un pulsante di emergenza consente il rapido e automatico arresto della macchina.

I sistemi di sicurezza della macchina sono costruiti con riguardo all'analisi dei rischi prevista dalla normativa UE.

Sul piano superiore del basamento del monoblocco trova alloggiamento anche una struttura in grado di ospitare qualunque tipo di capsulatrice/tappatore.

La tappatura

Quando le bottiglie escono dalla riempitrice è fondamentale, per evitare possibili inquinamenti del fluido, che vengano immediatamente tappate. I tappi utilizzati sono le cosiddette capsule a vite, da preferire per le bottiglie di grandi dimensioni il cui contenuto viene consumato in più riprese.

Le tappatrici più moderne, macchine rotative come le riempitrici, con le quali sono in monoblocco, constano dei seguenti elementi:

- attrezzatura di banco e colonna di tappatura;
- tamburo con cilindri avvittanti;
- tramoggia o magazzino tappi;
- discenderia tappi;
- piatti poggia-bottiglie;
- cinematismi.

I tappi, caricati nella tramoggia (interna al tunnel di sterilizzazione tappi), per mezzo di un disco rotante vengono disposti in posizione verticale in gole obbligate attraverso le quali passano nella discenderia e da questa nelle apposite sedi dei cilindri avvittanti.

Le bottiglie, introdotte dalla stella d'ingresso si dispongono, mediante una stella concentrica con il piatto e sincronizzata con la precedente, in corrispondenza dei cilindri il cui asse viene a coincidere perfettamente con quello delle bottiglie. La rotazione del piatto di appoggio bottiglie è solidale con quella del tamburo portacilindri i quali, rispetto a questo, sono dotati di un moto relativo verticale conferito da una camma di adeguato profilo.

La discenderia delle capsule finisce in prossimità della gola della testa del cilindro ad una distanza tale da consentire alla stessa bottiglia di richiamare la chiusura e di portarla sotto il cilindro.

Questo, come già detto, è guidato da una camma il cui profilo prevede l'innalzamento del cilindro in corrispondenza dell'ingresso e dell'uscita della bottiglia dal piatto e l'abbassamento durante la fase di tappatura. Con la parte superiore del cilindro è solidale il corpo di avvittamento che termina con la testa tappante (è anche dotato di moto rotazionale trasmesso a mezzo di un ingranaggio fisso). La tappatura quindi avviene tramite l'abbassamento del cilindro e la sua contemporanea rotazione che permette l'avvittamento della capsula.

Per quanto riguarda le capsule queste devono essere sterilizzate prima di arrivare nella tramoggia. Questa sanificazione avviene in un tunnel dove i tappi, provenienti dai magazzini, vengono sterilizzati e quindi risciacquati.

Con l'operazione di tappatura le bottiglie terminano il loro cammino nella zona igienicamente protetta o bianca e vengono indirizzate alle susseguenti operazioni tramite nastri trasportatori table-top⁸.

L'etichettaggio

Dopo la fase di tappatura il contenitore viene etichettato.

L'etichettatrice (fig. 18.18) utilizzata nel nostro impianto sarà un'automatizzata rotativa (o a giostra) da bobine in continuo, nella quale sono state integrate tutte le caratteristiche considerate essenziali per l'applicazione di etichette in continuo ad alta velocità ed alta efficienza.

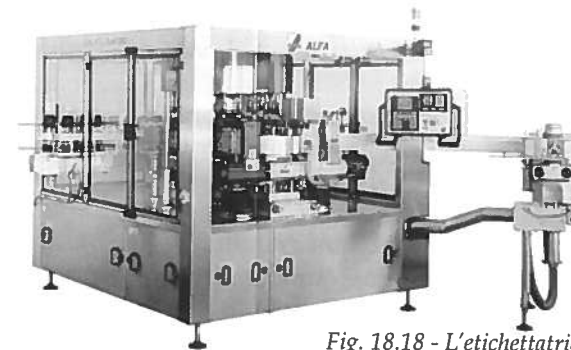


Fig. 18.18 - L'etichettatrice.

La macchina è in grado di trattare differenti tipologie di contenitori e una grande varietà di materiali etichetta, con velocità di produzione da 10.000 a 65.000 bph e lunghezze di etichetta comprese tra 165 e 520 mm. Il funzionamento è molto semplice: le bottiglie che arrivano su un nastro trasportatore vengono distanziate da una coclea d'ingresso e mediante una stella vengono trasferite su appositi piatti girevoli posizionati sulla giostra. Qui avvengono le operazioni di incollaggio

⁸ Non infrequente è l'utilizzo di capsule presterilizzate, che con adeguate precauzioni, alimentano direttamente la capsulatrice. Cfr. Roberto Rizzo. Scienza e tecnologia delle acque minerali e delle bevande. Chirioti Editori. Pinerolo (TO). 2006. Volume quinto. Capitolo tredicesimo.

dell'etichetta (in PET) che avvolge il contenitore per tutta la sua circonferenza. Da una bobina, l'etichetta prima passa attraverso i tamburi di taglio e quello di presa-etichetta, poi attraverso quello spandicolla, che trasferisce un velo di colla sulla parte interna, quindi viene applicata sulla bottiglia. Il contenitore, posto sul piattello, inizia a ruotare avvolgendo l'etichetta. Infine c'è la fase di stiratura mediante spazzole di stiramento e l'uscita della bottiglia o altro contenitore dalla macchina mediante una stella, che lo riposiziona sul trasportatore di uscita a nastro.

La struttura portante è costituita da un robusto basamento in esecuzione anti-vibrazione ed anti-rumore; il basamento stesso è ricoperto in acciaio inox ed è trattato con finitura anticorrosione in tutte le parti a contatto con il prodotto. È dotata di carterature antinfortunistiche a protezione totale e di un sistema centralizzato di lubrificazione a grasso.

Le altre caratteristiche della stazione di etichettaggio possono essere così riassunte:

- costruzione modulare di tutti i componenti, per rapida sostituzione in caso di manutenzione o modifica (es. utilizzo di differente materiale etichette);
- solida costruzione: meccanismo di trasmissione della stazione ad ingranaggi, scatolato e lubrificato in bagno d'olio. Lubrificazione forzata degli elementi critici;
- minima complessità, con un ridotto numero di parti in movimento;
- trattamento per alta resistenza all'abrasione di tutte le superfici di contatto;
- alta precisione di taglio: motorizzazione indipendente del rullo di trascinamento etichette con motore passo-passo e controllo elettronico dedicato;
- tamponi del cilindro di trasferimento etichette a sgancio rapido per facilitare la manutenzione o la variazione del materiale costitutivo delle etichette;
- autocalibrazione, con possibilità di reset, di tutte le variabili gestite dal pannello operatore;
- sistema di regolazione rapido degli accessori di cambio formato: semplicità e minore tempo di re-start in produzione;
- variazione automatica e continua della velocità di produzione a mezzo inverter;
- funzionamento automatico della macchina tramite PLC;
- controllo mediante display interattivo e quindi ridotta necessità della presenza dell'operatore.

Il confezionamento

Dopo il controllo del livello, del tappo e dell'etichetta, fatta da un'apposita stazione compatta di controllo, le bottiglie vengono confezionate in fardelli con film termoretraibile (nel nostro caso 3x2).

Questa operazione è effettuata con una confezionatrice (fig. 18.19), che opera a ciclo continuo senza barra saldante a lancio di film, basata sulla tecnologia ad assi indipendenti sincronizzati elettronicamente. Il ciclo di funzionamento della macchina ha tre fasi:

1. formazione dei fardelli;
2. avvolgimento di questi in film termoretraibile;
3. passaggio nel tunnel di termoretrazione (180°C).



Fig. 18.19 - La confezionatrice (SMI).

Gli aggregati e le caratteristiche della macchina sono:

- il telaio autoportante con porte scorrevoli che facilitino gestione e manutenzione;
- la gestione degli assi con motori "brushless";
- il controllo e la sincronizzazione degli stessi con un microprocessore che permette flessibilità e semplificazione delle tarature;
- l'assenza di catene di trasmissione e di collegamento fra gli assi con conseguente riduzione del rumore macchina;
- componenti autolubrificati;
- il cablaggio elettrico effettuato con cavi precablati e pretestati;
- il collegamento dei cavi ad isole di distribuzione disposte sulla macchina in punti di facile accesso per la manutenzione.

Questa macchina sarà a doppia pista con cambio formato elettronico, dispositivo questo che riduce i tempi di cambio formato a pochi minuti. Inoltre è possibile confezionare in solo film, film più falda, o film più vassoio in cartone ondulato prodotti quali: bottiglie, vasetti, lattine, fardelli e altri contenitori. Fra gli accessori principali richiesti si evidenziano: il sovrappositore di vassoi, il sistema di gestione del film stampato e l'evacuazione automatica dei prodotti dal tunnel di termoretrazione in caso di mancanza di energia elettrica.

In fig. 18.20 sono mostrati alcuni particolari della macchina confezionatrice.



Fig. 18.20 - Particolari della confezionatrice.

La manigliatrice

All'uscita dalla confezionatrice, i fardelli devono essere "manigliati", cioè ad essi deve essere applicato un nastro adesivo trasparente abbinato ad un'etichetta ("maniglia") con il compito di facilitarne l'asporto e il trasporto da parte dei consumatori.

Quest'operazione viene effettuata da una macchina di costruzione semplice e di facile accessibilità (fig. 18.21): la manigliatrice.



Fig. 18.21 - La manigliatrice.

La sicurezza, la manutenibilità e l'accessibilità della macchina sono agevolate da:

- protezioni antinfortunistiche in alluminio secondo le norme CE;
- trasmissioni principali racchiuse entro vani ispezionabili protetti da carter in acciaio inox;
- velocità regolabile tramite inverter;
- facile regolazione per un veloce e facile cambio formato;
- semplici e ridotte operazioni di manutenzione;
- visibilità del prodotto lungo tutto il processo di lavorazione;
- elevata flessibilità che permette di lavorare più prodotti e gestire più cambi formato;
- movimento alterno dello sfogliatore cartoncini;
- variazione elettronica della lunghezza delle maniglie;
- arresto automatico della macchina con segnalazione di fine cartoncini e/o nastro adesivo;
- possibilità di regolare la macchina in base ai diversi tipi di pacco. All'uscita della macchina vi è un controllo sulla presenza delle maniglie sul nastro adesivo e sui fardelli.
- controllo di processo a microprocessore avente le seguenti funzioni:
 - a) modificazione diretta dei parametri;
 - b) controllo della produzione;
 - c) memoria degli eventi;
 - d) monitoraggio in tempo reale dello stato macchina;
 - e) guida delle funzioni al video;
 - f) possibilità di stampa dei parametri macchina;
 - g) possibilità di comunicazione dello stato macchina ad altro sistema esterno.

Le velocità minime e massime sono rispettivamente 40 e 70 confezioni per minuto su pista singola e di 80 e 120 cpm su pista doppia.

La palettizzazione

All'uscita della manigliatrice i fardelli vengono addotti, tramite un trasporto a nastro, al palettizzatore, dove vengono sistemati in strati sulle palette per facilitarne l'immagazzinamento e il trasporto alla grande distribuzione. Questa operazione consiste nel disporre su vari strati i fardelli sopra le palette; tra uno strato e l'altro viene inserita una falda.

Nel caso in esame le macchine più adatte risultano essere quelle a palette mobile con alimentazione dall'alto e disposizione in linea (per l'ottimizzazione dello spazio occupato).

I movimenti, realizzati con motorizzazioni elettromeccaniche, dovranno essere controllate mediante PLC, il quale, oltre a gestire tutte le attività collegate al funzionamento della macchina, segnala anche eventuali malfunzionamenti. Il PLC richiesto è quello di ultima generazione, che possiede un visualizzatore di messaggi in lingua, ed è dotato di rapida ricerca guasti, funzioni di help in linea ed indicazioni relative alle manutenzioni da svolgere sulla base delle ore lavorate. Il colloquio tra uomo e macchina è effettuato tramite una pulsantiera locale che, oltre a fornire indicazioni complete in tempo reale, consente l'esecuzione in manuale delle operazioni previste dalla macchina.

L'ampia pedana di servizio, posta a livello di scarico, consente all'operatore di tenere sotto controllo tutte le fasi di lavoro: dall'alimentazione del prodotto e preparazione dello strato, fino al deposito sulla palette.

I controlli nella linea di produzione

Il cuore di ogni linea di imbottigliamento è senza dubbio il segmento riempimento-etichettaggio. Dal buon andamento delle queste operazioni ivi eseguite dipende la prestazione dell'intera linea di imbottigliamento. In questo segmento ha luogo anche una combinazione di processi molto sofisticati, meccanici ed elettronici, a velocità di produzione molto elevata. Occorre quindi premunirsi contro eventuali inconvenienti che potrebbero insorgere.

Una riduzione dei tempi di fermata, e di conseguenza un risparmio economico, è possibile con processi produttivi di riempimento elettronici e sistemi di etichettaggi monitorizzati. Il controllo quindi che si andrà ad eseguire sulla linea dovrà soddisfare alle seguenti esigenze:

- ispezione della qualità delle bottiglie/contenitori finiti e scarto immediato dei difettosi;
- immediato arresto della macchina nel caso di continui e ripetuti errori;
- indicazione credibile della causa degli errori;
- statistica chiara e dati grafici concernenti la produzione e le eventuali cause di errori, al fine di realizzare un controllo effettivo dei processi ed una manutenzione preventiva efficace.
- facilità d'uso e possibilità di stampare i risultati o comunicarli mediante rete interna;
- operazioni libere da ostacoli.

Il sistema completo consiste in un'unità di controllo centrale con i sensori necessari. Questa unità di controllo (fig. 18.22) sarà installata vicino alla linea di produzione e sarà di facile accesso mediante l'uso di un pannello di comando.

Il monitoraggio per la riempitrice consiste nei seguenti controlli:

- ispezione del livello del liquido con sistemi di rilevamento ottico;
- monitoraggio delle valvole di riempimento mediante rilevamento statistico degli errori;
- arresto automatico della valvola di riempimento in caso di ripetuti errori;
- rilevazione ed espulsione delle bottiglie rotte e di quelle a loro vicine;

Il monitoraggio per la tappatrice:

- ispezione mancanza tappo;
- controllo dell'avvitamento del tappo;
- monitoraggio della chiusura delle bottiglie mediante la statistica dei difetti;
- espulsione delle bottiglie rimaste troppo a lungo aperte sulla linea, con conseguente eccesso di ossigeno al loro interno;

Il monitoraggio successivo all'etichettatrice prevede invece un sensore ottico per ogni etichetta apposta.

Il trattamento dell'acqua per la bevanda - Il trattamento ad osmosi inversa

Negli ultimi anni si è imposto nel trattamento delle acque per bibite il sistema ad osmosi inversa, che risulta essere una valida alternativa ai classici processi a calce-soda e a resine a scambio ionico.

Le motivazioni che hanno spinto in questa direzione sono molteplici:

- la demineralizzazione è praticamente completa (98%); tale acqua esalta i sapori propri dei componenti delle bevande;
- il costo d'esercizio risulta essere molto basso e particolarmente competitivo con i costi delle altre tecnologie in uso (1 kW di potenza per m³ di acqua);
- l'acqua prodotta è batteriologicamente pura;

Per tali motivi si è scelto di adottare tale trattamento.

Le fasi del trattamento

L'acqua estratta dal pozzo, abbisogna di trattamenti di potabilizzazione e di demineralizzazione prima di essere impiegata come acqua di processo. Le fasi che caratterizzano questi trattamenti sono nell'ordine le seguenti:

- Clorazione
- Filtrazione
- Declorazione
- Trattamento ad osmosi inversa
- Stoccaggio
- Trattamento a raggi UV (prima del premix)



Fig. 18.22 - Fase del controllo.

La prima operazione consiste in un procedimento di clorazione mediante l'aggiunta di ipoclorito di sodio (NaClO), che dopo circa 10-15 minuti di contatto garantisce un buon grado di sterilizzazione dell'acqua, grazie all'aggressività degli ioni O⁻ che vengono liberati e che uccidono i microrganismi presenti.

Successivamente, dopo aver eseguito una sedimentazione delle sostanze colloidali (particolarmente dannose per le operazioni che avvengono a valle), si esegue una filtrazione mirata a trattenere i carbonati rimasti all'interno dell'acqua, indi si procede mediante una filtrazione su carboni attivi, necessaria per assorbire e trattenere il cloro in eccesso.

A questo punto si esegue il trattamento ad osmosi inversa. Essa consiste nell'applicare una pressione al fluido (pari a circa 9-10 bar) maggiore della pressione osmotica, costringendo il solvente (l'acqua) ad attraversare una membrana semipermeabile. Si ottengono in questo modo due fluidi, di cui uno detto "concentrato", ricco di sali minerali (pari al 25% del fluido in ingresso) mentre l'altro risulta essere acqua demineralizzata (rimanente 75% del fluido entrante) pura al 98% circa.

Quest'ultima viene poi stoccata in serbatoi che hanno anche la funzione di sopperire alle punte di richiesta a valle (polmone).

Quindi l'acqua trattata prima di lasciare la sala di trattamento viene sottoposta un ulteriore procedimento battericida con raggi UV, per prevenire eventuali reinquinamenti, sempre possibili a causa delle lunghe soste nelle tubazioni e nei serbatoi di stoccaggio.

A questo punto l'acqua risulta essere pronta per essere miscelata con gli ingredienti e successivamente con lo sciroppo di zucchero talvolta già aromatizzato.

La sala sciroppi

Adiacente alla zona di imbottigliamento è situata la *sala sciroppi* (fig. 18.23), denominata così in quanto è qui che viene prodotto lo "sciroppo" che, miscelato all'acqua trattata, dà origine al prodotto finito (tè).



Fig. 18.23 - La sala sciroppi.

All'interno di questo reparto le operazioni fondamentali che vengono compiute sono nell'ordine le seguenti:

- dissoluzione dello zucchero;
- miscelazione di tutti gli ingredienti costituenti la ricetta;
- flash pastorizzazione del prodotto finito;
- trasporto del prodotto finito alla riempitrice.

Prima di procedere alla descrizione di queste operazioni occorre accennare al fatto che la sala sciroppi prevede la dissoluzione dello zucchero a batch, in esecuzione a freddo, completa di ciclo di pastorizzazione con recupero energetico e C.I.P. di sanificazione automatico. La scelta è giustificata dal fatto che per la dimensione aziendale, la produzione batch risulta più semplice ed economica rispetto a quella a ciclo continuo. Tale scelta peraltro introduce semplificazioni impiantistiche soprattutto nell'operazione di miscelazione.

La dissoluzione dello zucchero

La prima operazione è quella del contatto acqua-zucchero in contenitori opportunamente dimensionati. Lo zucchero infatti, arriverà dai fornitori in sacchi da 50 kg, allo stato granulare.

La dissoluzione è realizzata a freddo in serbatoi in acciaio inox muniti di agitatori. Questi serbatoi hanno un boccaporto superiore per l'immissione dello zucchero che viene addotto mediante un sistema a coclea. Il tank è altresì provvisto in basso di due attacchi, uno dei quali per l'alimentazione dell'acqua, l'altro per l'uscita dello sciroppo.

Il dosaggio dell'acqua è automatico e certo grazie ad una elettrosonda che comanda la chiusura di una elettrovalvola posta sulla tubazione di ingresso dell'acqua. L'elettrovalvola si chiuderà una volta raggiunta la densità desiderata che nel nostro caso sarà di 60° Brix (controllata mediante rifrattometri elettronici).

All'uscita dal serbatoio una pompa spinge lo sciroppo attraverso un filtro a cartuccia (con portata di 15000 litri all'ora) e successivamente all'interno di un altro serbatoio in serie con il primo, che funge da polmone contro eventuali arresti o interruzioni di alimentazione a monte.

La miscelazione

All'uscita dal serbatoio polmone lo sciroppo viene spinto da una pompa ai tre serbatoi di stoccaggio in cui avviene la miscelazione. Ognuno dei tre serbatoi ha una capacità di 20.000 litri (che costituisce la quantità di prodotto da produrre all'ora) ed in ognuno, ad intermittenza, giungono tutti gli ingredienti costituenti il prodotto finito, nelle quantità previste dalla ricetta.

Per ottenere questo ci si serve di una *piastra multivie* che mette in comunicazione separatamente i serbatoi di stoccaggio con la condotta dello sciroppo prima e successivamente con la condotta che trasporta l'acqua, gli aromi, la vitamina C e l'acido citrico.

La fase di miscelazione-dissoluzione vera e propria avviene mediante l'azionamento degli agitatori nei rispettivi serbatoi.

È da notare che l'acqua che arriva, spinta da una pompa, è già stata addi-

zionata degli aromi ed estratti (contenuti in un piccolo serbatoio) e della vitamina C ed acido citrico (contenuti in un altro serbatoio).

La piastra multivie è dotata di numerose valvole. Una valvola mette in collegamento ogni serbatoio di stoccaggio contenente prodotto già miscelato con il pastorizzatore a piastre, e contemporaneamente un'altra valvola consente il riempimento di un altro serbatoio appena svuotatosi.

La pastorizzazione dello sciroppo (fig. 18.24)

Mediante l'ausilio di una pompa, il prodotto miscelato, prima di essere inviato alla riempitrice, subisce un trattamento di flash-pastorizzazione che, grazie alle elevate temperature raggiungibili, consente la distruzione pressoché totale della flora microbica.

In particolare il fluido perviene ad un piccolo serbatoio e qui, tramite l'utilizzo di un'altra pompa, attraversa un gruppo pastorizzatore-raffreddatore a piastre, con recupero energetico fino al 90%.

Il liquido ad una temperatura di circa 20°C giunge al primo scambiatore (il fluido scaldante è costituito dal fluido di ritorno già pastorizzato e che si deve raffreddare) ed esce ad una temperatura di circa 75°C. Successivamente attraversa un altro scambiatore dove, per mezzo di vapore, la temperatura s'incrementa raggiungendo i 90°C, effettuando la pastorizzazione. Il riscaldamento avviene in un periodo di tempo di circa 30 secondi, non sufficienti a influire sensibilmente sulle caratteristiche organolettiche della bibita. Infine la fase di raffreddamento permette di arrivare alla temperatura di uscita di circa 10°C.

Una volta eseguito questo processo, indispensabile per la sterilizzazione del prodotto, si esegue una filtrazione con un filtro a cartuccia con portata di 20.000 litri/ora. Per prevenire spiacevoli effetti per improvvisi arresti della riempitrice e permettere un funzionamento continuo del gruppo di pastorizzazione, è stato previsto un serbatoio polmone sterile tra il filtro e la pompa di spinta alla riempitrice.

L'unità C.I.P. (fig. 18.25)

Le apparecchiature descritte devono essere periodicamente pulite e rese sterili per prevenire l'azione dei microrganismi dannosi, che sempre si annidano là dove vi è la presenza di sostanze alimentari a base di acqua (pabulum).

Per effettuare questa operazione è previsto l'utilizzo di un'unità monoblocco "CIP unit" a recupero, con gestione automatica dei cicli di lavaggio, controllo della concentrazione, della temperatura e dei tempi di contatto.

Lo scopo base di questa operazione è quella di lavare e sterilizzare tutte le

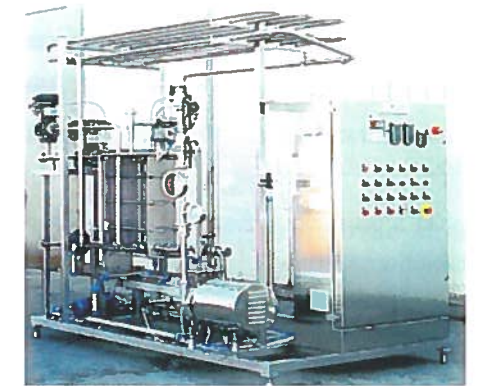


Fig. 18.24 - Il pastorizzatore.

parti a diretto contatto con il prodotto. Il ciclo di lavaggio prevede un passaggio con acqua calda (10 min), quindi viene impiegata una soluzione di soda al 2% ed infine un risciacquo con acqua (calda o fredda).

Definizione del piano delle pulizie

Nell'ambito dell'industria alimentare è di estrema importanza definire accurati piani di pulizia dei macchinari e dei locali al fine di ottenere un prodotto caratterizzato da elevati standard igienico-sanitari.

Questo aspetto ha assunto negli ultimi anni una particolare rilevanza in virtù di numerose leggi e norme in ambito nazionale ed Europeo. Un prodotto, realizzato in ambienti rispondenti alle più severe norme igieniche, dà garanzia di elevata qualità e di attenzione nei confronti della salute del consumatore.

Buoni risultati igienici vengono ottenuti attraverso una corretta programmazione della produzione e l'impiego di adeguati macchinari. Per quanto riguarda la produzione è necessario prevedere soste ad intervalli regolari durante le quali effettuare le pulizie delle parti a contatto con il prodotto ed operazioni quotidiane di pulizia degli ambienti. Per i macchinari invece è importante optare per costruttori che includano nei loro progetti misure e accorgimenti specifici per facilitare la pulizia e la sanificazione in loco del macchinario stesso.

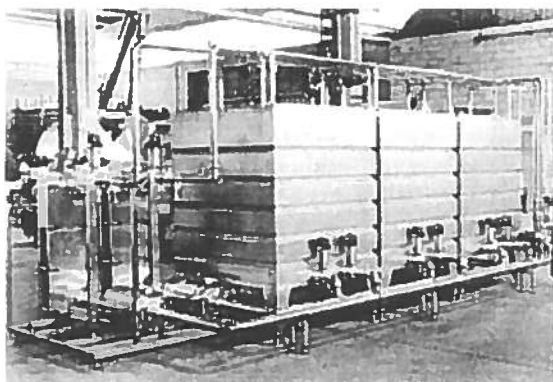


Fig. 18.25 - L'unità CIP.

Programmazione delle soste per la pulizia

Le esigenze di pulizia che si hanno all'interno della linea di produzione sono soddisfatte da:

- Operazioni di pulizia dei locali e degli spazi esterni.
- Operazioni di pulizia della linea e degli altri mezzi di esercizio.

Ambienti interni ed esterni: le sale ospitanti le macchine e gli spazi esterni necessitano di pulizie quotidiane di tipo manuale, volte sostanzialmente alla rimozione di rifiuti, scarti e perdite, che potrebbero accumularsi nelle strutture e quindi essere fonte di contaminazione microbica, nonché ostacolo alla circolazione di mezzi e personale.

Linea di trasformazione e riempimento asettico: in questa sezione dell'impianto vi

sono esigenze diversificate a seconda dei macchinari; in particolare le macchine come sterilizzatori e riempitrice asettica richiedono pulizia e sanificazione più frequenti in quanto sono in continuo contatto con il liquido da confezionare.

In virtù delle esigenze esposte si è prevista una programmazione della produzione che, oltre a tenere conto degli obiettivi di mercato da conseguire, tenga conto dell'aspetto sanificazioni e pulizie, prevedendo una serie di soste opportunamente intervallate.

Si sono programmate tre soste alla settimana per la pulizia e la sanificazione del circuito prodotto della durata di circa 2 ore ciascuna. Tale piano concilia l'aspetto igienico con quello economico-produttivo.

Le operazioni riguardano:

1. Pulizia e sanificazione del circuito del prodotto
2. Pulizia esterna delle macchine
3. Pulizia dei locali e degli ambienti esterni.

Per ciascuna tipologia di intervento vengono impiegate tecniche ed agenti sanificanti di natura diversa:

- *Pulizia e sanificazione del circuito prodotto (C.I.P).* Vengono fatti circolare all'interno delle tubazioni:
 - Na(OH)
 - HNO₃
 - Acqua
 - Vapore
- *Pulizia esterna dei macchinari.* Per questo tipo di operazione vengono utilizzate idropultrici con acqua in pressione addizionata con tensioattivi e antisettici a base di iodio.
- *Pulizia locali ed aree esterne.* Per questo tipo di operazione vengono utilizzate idropultrici con acqua in pressione che esercita un'azione di rimozione e raccolta dei residui depositati a terra. Non è richiesta per i locali una particolare azione sanificatrice ed antisettica, in quanto il prodotto circola in circuiti isolati dall'esterno.

Procedura C.I.P.

I lavaggi dei circuiti del liquido vengono eseguiti con i sistemi CIP (Cleaning In Place). Si tratta di impianti costituiti da particolari contenitori per i diversi tipi di detergenti-sanificanti (soda, acido nitrico e acqua per i risciacqui), pompe, scambiatori di calore per portare i detergenti alle temperature desiderate ed un microprocessore che consente il rispetto delle sequenze, dei tempi e delle temperature prefissate.

Requisiti fondamentali del sistema CIP:

- Il progetto e l'installazione di un sistema CIP devono essere condotti ed eseguiti da uno staff specializzato, seguendo norme specifiche indicate in specifici manuali. La mancata applicazione di tale procedura può essere fonte di problemi.
- Se il processo prevede trattamenti con somministrazione di calore, allora la sequenza CIP deve essere diversa per i macchinari che precedono e quelli che seguono il trattamento a caldo.

- Ogni tubazione deve essere immediatamente identificabile se contenente prodotto grezzo, prodotto sterile o soluzione di lavaggio. Deve essere inoltre indicato il verso di percorrenza in tali tubazioni.
- Deve esserci una netta separazione fisica tra tubi in cui circola prodotto e tubi in cui circola soluzione di lavaggio. Una semplice valvola non basta per isolare i circuiti.
- L'aria usata per far fuoriuscire prodotto dalle tubazioni deve essere oil-free opportunamente filtrata.

Linee progettuali dell'impianto

- Il sistema CIP deve includere:
 - strumenti per la misura della temperatura del detergente di ritorno,
 - segnalatori acustici per livelli limite di temperatura;
 - segnalatori acustici per concentrazione limite del detergente;
 - segnalatori acustici per livelli limite di detergente nel tank;
 - strumenti idonei a mantenere il flusso richiesto.
- Il sistema deve poter essere bloccato temporaneamente qualora non siano riscontrati i parametri corretti.
- Qualora un impianto o una macchina alimentare non sia stata progettata prevedendo un sistema CIP, esso deve essere affidato ad uno staff esperto.
- Il diametro dei tubi del sistema di pulizia deve essere costante. Qualora non sia così, il flusso deve essere dimensionato sul diametro maggiore.
- I collegamenti tra tubature devono essere saldati.
- Le valvole in un circuito CIP devono poter essere pulite in loco.
- Devono essere evitati punti morti. Dove questo non sia possibile, la loro lunghezza non deve superare 1,5 volte la lunghezza del tubo.
- Le pompe devono essere dimensionate per assicurare un flusso minimo di 1,5 m/s nel tubo più largo.
- Ogni sistema di spruzzatura deve essere tale da coprire l'intera superficie e deve poter essere rimosso con facilità per essere pulito.
- Ciascun serbatoio per detergenti deve essere dimensionato per contenere abbastanza detergente da pulire il circuito più largo.

Materiali di pulizia e monitoraggio dell'efficienza

- Deve essere assicurato che i detergenti siano adatti al loro proposito. La scelta dei prodotti chimici deve considerare la natura del prodotto alimentare, la temperatura di pulizia, la durezza dell'acqua, la sensibilità alla corrosione dell'impianto, i rischi per la sicurezza e degli eventuali problemi di stoccaggio.
- L'efficienza microbiologica dell'impianto deve essere regolarmente accertata attraverso l'analisi dell'acqua dopo che questa è stata utilizzata per l'ultimo risciacquo.
- L'acqua di risciacquo deve essere soggetta a ripetuti controlli chimici per testare l'assenza di detergenti residui.
- I parametri di tempo, temperatura e concentrazione devono essere registrati ad ogni ciclo di lavaggio.

Controlli periodici delle operazioni

- Gli strumenti che indicano il livello nei serbatoi devono poter essere controllati e mantenuti al fine di poter operare correttamente.
- I termometri devono essere tarati su di uno standard convenuto almeno ogni 6 mesi.
- Occorre verificare giornalmente l'efficacia dei detergenti e la loro efficacia mediante sistemi conduttimetrici.
- I filtri dell'aria vanno periodicamente sostituiti: è necessario che la loro posizione e i sistemi di montaggio ne facilitino al massimo l'apposizione e la rimozione.
- Bisogna poter controllare l'eventuale presenza di corpi solidi nella linea del detergente.
- Occorre effettuare un costante controllo visivo di tubazioni e pompe per evidenziare eventuali perdite e/o fessurazioni.
- Guarnizioni e tenute devono poter essere facilmente sostituite prima del trattamento CIP.

Manutenzione pianificata

- Devono essere facilitati al massimo i controlli periodici per evidenziare:
 - funzionalità dello spruzzatore
 - residui di soluzione detergente
 - danni fisici all'impianto
- Controlli degli scambiatori a piastre per evidenziare rotture e fori.
- Controllo visivo delle superfici interne dei recipienti rivestiti.

Nella **fig. 18.26** si riporta un esempio delle fasi che caratterizzano un C.I.P. Lo schema di processo indicato è del tutto generale e può essere applicato in maniera diversa a seconda dei macchinari e dei servizi a disposizione.

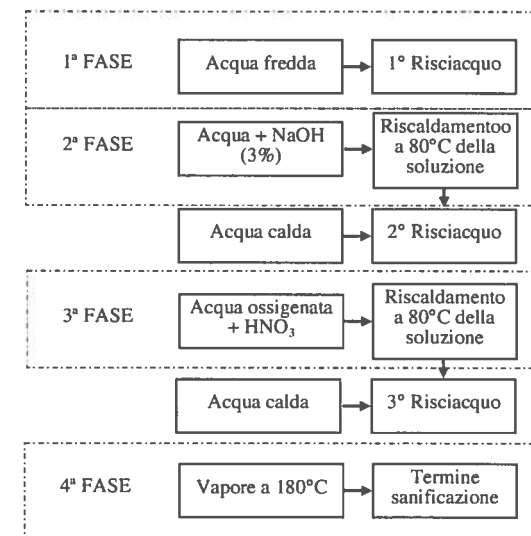


Fig. 18.26 - Fasi di un C.I.P.

Inoltre è possibile estendere il processo a più elementi dell'impianto oppure ad una sola macchina. Tuttavia quanto indicato rappresenta una soluzione sicuramente valida ed efficace per macchine inserite in una linea di imbottigliamento/confezionamento.

In aggiunta a quanto già contenuto nel diagramma di processo, occorre ricordare che la soluzione sanificante, prima basica e poi acida, viene di solito fatta sostare all'interno del circuito in maniera da aumentarne l'efficacia.

Tempi tipici del processo possono essere:

- Sosta NaOH a 80°C per 60 minuti;
- Sosta HNO₃ a 80°C per 10 minuti;
- Tempo complessivo del processo: 120 minuti circa.

18.2.3. I servizi generali d'impianto

Di seguito vengono descritti i servizi generali d'impianto necessari al funzionamento dell'intero complesso.

Essi riguardano la produzione e la distribuzione di tutti i servomezzi e i fluidi che entrano in gioco nel processo produttivo, ma che non entrano a far parte del prodotto finale. Inoltre tali servizi possono essere dedicati anche ad impianti di sicurezza, come il servizio antincendio, o alla salvaguardia dell'ambiente, come l'impianto di trattamento delle acque reflue, dei reflui gassosi e dei residui solidi.

In rapida e sintetica esposizione essi sono:

- Servizio vapore tecnologico
- Servizio acqua (potabile e ad uso industriale).
- Servizio trattamento acque reflue.
- Servizio antincendio.
- Servizio elettrico.
- Servizio illuminazione.
- Servizio aria compressa.
- Metano.
- Trattamento reflui gassosi.
- Isola ecologica per raccolta e pretrattamento residui solidi.

I servizi vengono dimensionati sulla base dei fabbisogni che possono essere desunti dalle tabelle che seguono; come esempio di dimensionamento numerico-analitico del servizio verrà approfondito quello relativo al vapore tecnologico.

Nelle **tabb. 18.IX e 18.X** sono riportati rispettivamente i consumi per ciascuna macchina diretta e indiretta.

Il Servizio Vapore

Il servizio vapore è un servizio generale d'impianto atto a produrre e fornire la quantità di vapore necessaria alle utenze. Esso è costituito dai seguenti componenti:

- Un generatore di vapore (che fornisce il vapore nelle condizioni termodinamiche prossime a quelle di utilizzo).

Macchina	Potenza [kW]	Acqua di rete [m ³ /h]	Acqua deminer. [m ³ /h]	Acqua trattata [m ³ /h]	Aria compressa [Nm ³ /h]	Aria steriliz. [Nm ³ /h]	Aria glicolata [Nm ³ /h]	Vapore [kg/h]
Soffiatrice	216			9	125			
Trasportatori ad aria	48							
Riempitrice asettica	20	18	11		50	10		3876
Alimentatore capsule	1,1				150			
Etichettatrice hot melt	14				450			
Termofardellatore	60				450			
Quadro nastri	28				250			
Controllo di livello	1				50			
Star blend	27			50	250			
Lubrificazione nastri	1,1				250			
Gruppo filtr. aria	40				150		20	180
Gruppo preparaz. prodotto	64			150	150			150
Codificatore	1,1				50			
Manigliatrice	3				350			
Palettizzatore	15				350			
Gruppo surr. acqua	32				250			
Gruppo schiumatura	12			12	18			
Gruppo steriliz. tappi	4				550			
Elevatore capsule	3				250			
Totale	393	18	11	221	4143	10	20	4206

Tab. 18.IX - Richiesta di servomezzi da parte delle utenze.

- Una rete di distribuzione (costituita dalle tubazioni, dal valvolame, dai riduttori di pressione, dagli scaricatori di condensa e dal pozzo caldo).
- Una serie di utenze a vapore (sterilizzatori, pastorizzatore, riempitrice asettica, gruppo acqua sterile, gruppi filtrazione aria zona bianca e gruppo preparazione prodotto).

Prima di procedere nella descrizione particolareggiata dei singoli elementi, si ritiene opportuno soffermare l'attenzione sul tipo di combustibile scelto per il funzionamento dei generatori. Esso, infatti, risulta essere determinante sia per la scelta del generatore sia per l'eventuale impiego di sistemi per la riduzione dell'inquinamento atmosferico.

I requisiti che un combustibile per caldaie deve possedere sono:

Tipo di fluido	Consumo per fase di lavoro		
	Lavaggio	Steril. Imp.	Produzione
<i>Sterilizzatore prodotto</i>			
Vapore	1550 Kg/h	1500 Kg/h	3600 Kg/h (8 bar)
Condensa	1500 Kg/h	1550 Kg/h	2100 Kg/h
Acqua di raffreddamento a 18°C		27 m³/h	49 m³/h
Acqua di rete			3 m³/h
Acqua di rete			2 m³/h
Circ. acqua glicolata (4°-9°C)	23 m³/h		69 m³/h
Ingresso prodotto			21 m³/h
Ricircolo C.I.P.			21 m³/h
Aria			30 m³/h
<i>Gruppo acqua sterile</i>			
Vapore		600 Kg/h	600 Kg/h
Condensa		600 Kg/h	600 Kg/h
Acqua di raffreddamento a 18°C		10,5 m³/h	
Acqua di raffreddamento a 18°C			10,5 m³/h
Acqua demineralizzata			5 m³/h
Vapore			150 Kg/h
Condensa			150 l/h
Acqua demineralizzata			0,5 m³/h
Aria			12 Nm³/h
Aria			20 Nm³/h
<i>Gruppo azoto/aria sterile</i>			
Vapore		250 kg/h	150 kg/h
Condensa		250 l/h	150 l/h
Aria			50 Nm³/h
Azoto			5 Nm³/h
<i>Gruppo trattamento aria camera bianca</i>			
Circ. acqua glicolata (4°-9°C)	85000 l/h	85000 l/h	85000 l/h
Circ. acqua glicolata (4°-9°C)	20000 l/h	20000 l/h	20000 l/h
Vapore a 2 bar	180 Kg/h	180 Kg/h	180 Kg/h
Condensa	180 Kg/h	180 Kg/h	180 Kg/h
Vapore	30 Kg/h	30 Kg/h	30 Kg/h
Vapore	80 Kg/h	80 Kg/h	80 Kg/h
Vapore	60 Kg/h	60 Kg/h	60 Kg/h
Condensa	30 l/h	30 l/h	30 l/h
Condensa	80 l/h	80 l/h	80 l/h
Acqua			12 m³/h
Aria			18 Nm³/h
<i>Gruppo aria per riempitrice</i>			
Aria			20 Nm³/h

Tab. 18.X - Richiesta di fluidi di riscaldamento, raffreddamento e aria compressa a 8 bar da parte del segmento asettico.

- Basso livello di inquinanti ambientali.
- Basso costo (determinato sia dall'economicità del combustibile, sia dall'eventuale impiego di sistemi antinquinamento).
- Facilità di approvvigionamento.

In base alle caratteristiche sopra espresse si è optato per il gas naturale (gas metano), in quanto il livello di inquinamento da esso prodotto è di scarsa entità, tale comunque da non richiedere l'impiego di alcun sistema di trattamento dei fumi; il prezzo è contenuto, ma soprattutto è fondamentale la facilità di approvvigionamento, in quanto l'azienda in progetto è situata nei pressi di un metanodotto, essendo localizzata in un'area adibita a zona industriale. Si risolvono con questo combustibile anche i problemi di stoccaggio del combustibile (non essendo esso necessario); tuttavia bisogna disporre di una cabina di decompressione in quanto il metano è trasportato ad una pressione compresa tra i 24 e i 75 bar nelle linee ad alta pressione dell'ente erogatore. In genere comunque il problema è di scarsa entità in quanto nelle aree industriali le aziende comunali del gas provvedono ad installare cabine per la decompressione del gas ad un valore di media pressione, che è il valore utilizzato in campo industriale, compreso tra gli 0.05 ed i 5 bar. Una cabina di decompressione in genere è costituita da due rami in parallelo entrambi corredati da due valvole (una in ingresso ed una in uscita), un filtro, un riduttore di pressione ed una valvola di sicurezza; prima dell'uscita dalla cabina il metano passa attraverso un misuratore di portata che ha la funzione di contatore. La cabina inoltre deve essere chiusa da una porta metallica e deve essere recintata per evitare l'accesso ai non addetti.

La centrale termica

È il locale in cui sono installate le caldaie e i loro periferici. Nel caso dello stabilimento in progetto la centrale viene posta in prossimità delle due utenze a maggiore richiesta di vapore (hot-break ed evaporatore) e ad una distanza comunque ridotta dalle altre utenze vapore. Essa è costruita in materiale refrattario rivestito di cemento armato, presenta un numero di prese per l'aerazione pari ad 1/10 della superficie coperta ed è esente da serramenti per 1/5 della medesima, secondo le norme di sicurezza indicate nel D.Lgs. 626/94. Dovrà contenere due caldaie a tubi di fumo, una rete di distribuzione dell'acqua proveniente dal locale di trattamento acque, la rete per la presa dell'aria comburente, il collegamento con la cabina di decompressione per l'alimentazione del metano combustibile. Lo spazio è tenuto abbondante per eventuali installazioni future ed è stato dimensionato tenendo conto dei vincoli spaziali di rispetto imposti dalle normative di sicurezza (il soffitto deve essere ad almeno 2 metri dalla parte più alta della caldaia e lateralmente deve esserci uno spazio pari ad almeno 1,5 m tra una caldaia e l'altra).

Il pozzo caldo

Rappresenta il serbatoio di raccolta delle condense calde di ritorno dalle utenze. Esso è posto in quota ad una altezza pari a 6 metri; questa scelta presenta due vantaggi non trascurabili: innanzi tutto garantisce un battente sufficiente alla pompa che alimenta la condensa di recupero alla caldaia; in se-

condo permette una riduzione del titolo della condensa sulla rete di ritorno riducendo di conseguenza le perdite del vapore residuo (rimasto nelle condense stesse) con ovvia riduzione del reintegro d'acqua per l'alimentazione della caldaia. La quota del pozzo non deve comunque essere tale da causare il rientro delle condense nelle utenze stesse. Deve essere previsto anche un sistema di reintegro per l'acqua d'alimentazione alle caldaie, proprio in prossimità del pozzo.

Le tubazioni

Secondo la scelta fatta esse costituiscono una rete di distribuzione a pettine. Si è optato per la posa in opera interrata in cunicoli ad una profondità di 0,8 metri dal livello del suolo. Esse si dipartono da opportuni collettori, nei quali avviene la diramazione nei nodi a prese multiple. Sono inoltre installate non in piano, ma leggermente inclinate e con più riprese, ciascuna dotata di pozzetto di drenaggio per lo scarico delle condense formatesi nella veicolazione del vapore. Devono inoltre essere coibentate per un migliore mantenimento della temperatura del vapore e per evitare inopportuni cambiamenti di fase. Le prese del vapore per le utenze sono rigorosamente posizionate nella parte alta della tubazione al fine di sfruttare al meglio la bassa densità del vapore.

I riduttori di pressione

Si fa utilizzo di questi dispositivi in quanto le utenze alimentate dalle caldaie funzionano con pressioni diverse del vapore. Occorre perciò passare dalla pressione del vapore in rete alla pressione del vapore all'utenza. I riduttori scelti sono del tipo auto-servoazionati a diaframma e pilota con presa di pressione interna. La struttura di questi riduttori è quella tipica con due valvole di intercettazione (una all'ingresso ed una all'uscita), un filtro, una valvola riduttrice di pressione ed un ramo di by-pass.

Gli scaricatori di condensa

L'obiettivo di questi dispositivi è quello di permettere un regolare efflusso delle condense verso i collettori di raccolta della rete di condensa stessa. Le condense, infatti, sono pericolose qualora ristagnino nei pressi dell'utenza poiché riducono drasticamente lo scambio di calore e generano il fenomeno dell'invaso di vapore, ovvero la condensa creatasi, riducendo lo scambio di calore, causa un abbassamento di temperatura che produce nuova condensa fino all'allagamento dell'utenza con conseguente cessazione dello scambio di calore. Il principio di funzionamento degli scaricatori è di funzionare da valvola che si chiude quando è attraversata da vapore e si apre nel momento in cui il vapore si trasforma in condensa. Per gli scopi delle nostre utenze si è optato per gli scaricatori del tipo termodinamico a disco.

La rete condense

È formata da tutte le tubature che portano la condensa verso il pozzo caldo. Sono tubazioni che devono sopportare pressioni inferiori rispetto a quelle del vapore, ma comunque sono percorse da liquido in pressione.

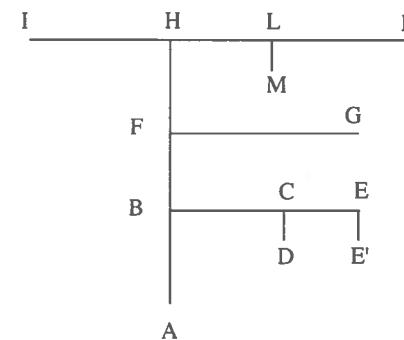


Fig. 18.27 - Lay-out linea distribuzione vapore.

Resta, infine, da ricordare che gli impianti termici sono sottoposti a controllo di severe normative per la sicurezza regolate dagli enti ISPESL (Istituto Superiore Prevenzione e Sicurezza sul Lavoro), ASL (Azienda Sanitaria Locale) o altri enti certificati. Le verifiche da essi eseguite riguardano il controllo dei progetti, dei lay-out d'impianto, dell'acqua d'alimento delle caldaie e dell'installazione.

Dimensionamento della rete di distribuzione

I dati di progetto necessari per il dimensionamento del sistema di distribuzione del vapore sono la geometria della rete (ubicazione delle utenze e lunghezza dei vari tratti), le portate circolanti e le pressioni alle utenze.

La fig. 18.27 rappresenta uno schema classico della rete di distribuzione.

In tab. 18.XI si riportano i dati relativi alle lunghezze e alle portate nei singoli tratti e le pressioni alle utenze.

Il fine del dimensionamento è quello di determinare i diametri ottimali sotto l'aspetto funzionale ed economico dei vari tratti di tubazione.

Tratto	Lunghezza[m]	Portata di vapore[kg/h]	Pressioni utenza [bar]
A-B	20	11016	8
B-C	15	6620	8
C-D	5	6600	8
C-E	12	20	8
E-E'	5	20	8
B-F	20	4396	8
F-G	20	600	8
F-H	20	4396	8
H-L	10	4216	8
L-M	6	340	8
L-N	12	3876	8
H-I	15	180	8

Tab. 18.XI - Lunghezze e portate nei singoli tratti e le pressioni alle utenze.

Per raggiungere questo risultato si è utilizzato il nomogramma riportato in fig. 18.28, che viene impiegato applicando la seguente procedura:

1. Si entra da un lato con le pressioni all'utenza.
2. Si entra da un altro lato con le perdite di carico ammissibili.
3. Si manda un retta orizzontale (a partire dalla pressione all'utenza) che interseca il fascio di rette rappresentante i valori delle portate nel punto corrispondente alla portata nel tratto in esame.
4. Dal punto trovato si manda una retta verticale che interseca una retta orizzontale, precedentemente tracciata a partire dal valore di perdita di carico ammissibile con cui si è entrati nel nomogramma al punto 2.
5. Si trova così il punto rappresentante il diametro necessario a garantire tale portata e lo si approssima al diametro nominale appena superiore.

La perdita di carico ammissibile è un valore consigliato, dipendente dalla pressione all'utenza, oltre il quale non conviene spingersi.

Nel caso in questione si hanno i valori di perdita di carico ammissibile riportati in tab. 18.XII.

Nei calcoli si sono trascurate le variazioni di quota geodetica delle tubazioni, trattandosi di un fluido a bassa densità.

Dalla procedura si ottengono i risultati raccolti nella tab. 18.XIII.

Pressione all'utenza	Perdita di carico ammissibile [m/100m]
10	1
8	0,83
4	0,65

Tab. 18.XII - Perdite di carico ammissibile.

Tratto	Lunghezza[m]	Portata di vapore [kg/h]	Pressioni utenza [bar]
A-B	20	11016	125
B-C	15	6620	125
C-D	5	6600	125
C-E	12	20	15
E-E'	5	20	15
B-F	20	4396	100
F-G	20	600	50
F-H	20	4396	100
H-L	10	4216	100
L-M	6	340	40
L-N	12	3876	90
H-I	15	180	30

Tab. 18.XIII.

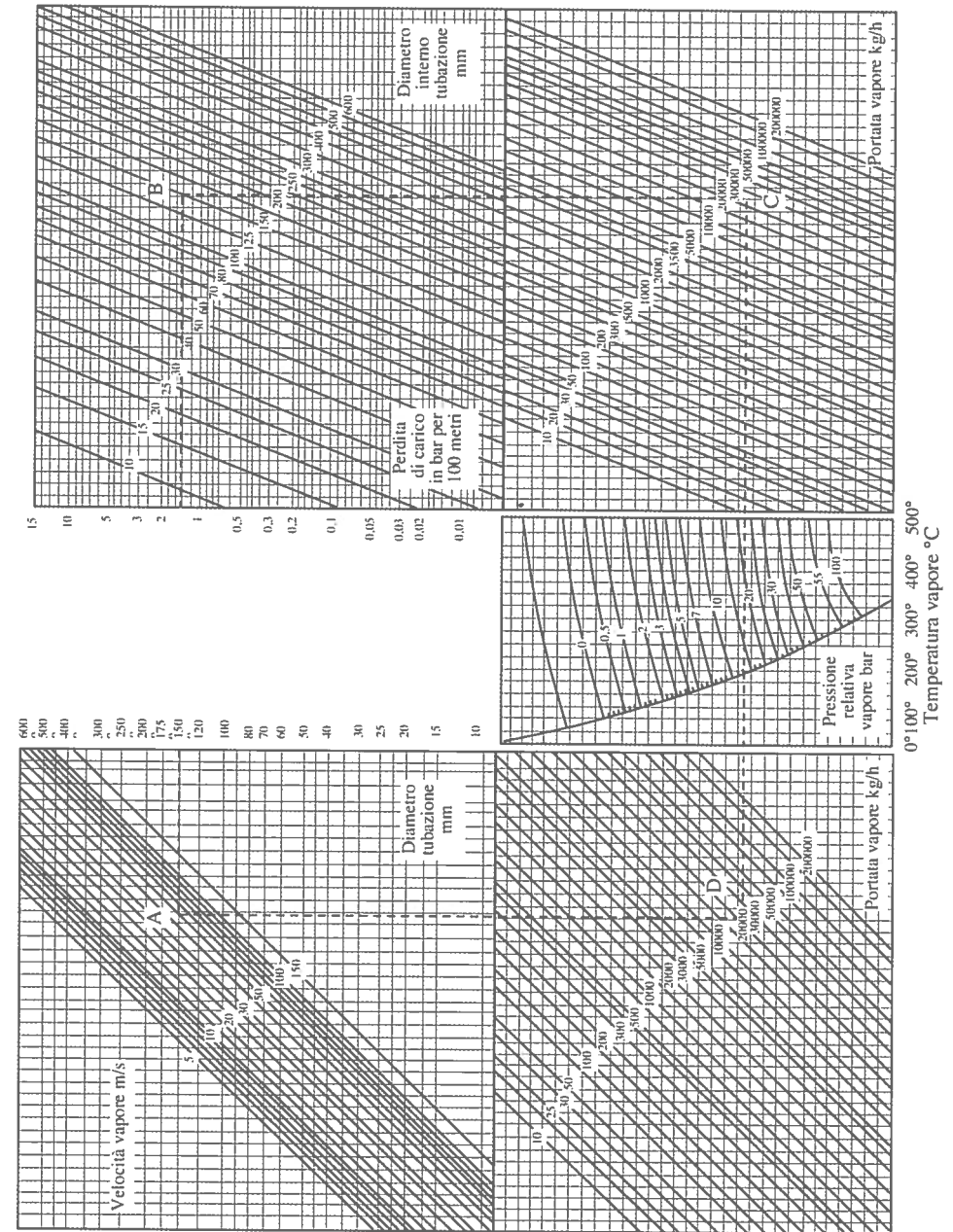


Fig. 18.28 - Nomogramma dimensionamento tubazioni adduzione vapore.

Scelta delle caldaie

Effettuati i dimensionamenti delle reti di distribuzione e di condensa è possibile effettuare la scelta delle caldaie. Il valore di portata totale che l'impianto richiede si ottiene sommando le richieste delle varie utenze, giungendo alla conclusione che l'azienda necessita di circa 12000 [kg/h] di vapore. Si è pertanto ritenuto ragionevole installare due caldaie con produzione di 8000 [kg/h] di vapore ciascuna. Questa scelta è stata operata come soluzione di compromesso tra sicurezza ed economicità: a regime entrambe le caldaie funzioneranno parzializzate ad una percentuale accettabile, mentre in caso di panne di una delle due non si avrà blocco della produzione, in quanto è comunque garantita una quantità sufficiente di vapore per il funzionamento parzializzato delle utenze vapore. La doppia caldaia si rende molto utile all'avviamento quando, per una rapida messa a regime delle utenze, è richiesto un funzionamento al massimo di entrambe le caldaie per tutta la durata del transitorio.

Le caldaie scelte, in grado di garantire una portata di vapore a pieno regime di 8000 [kg/h] di vapore, avranno un contenuto d'acqua di 13000 litri, una potenza di 30 kW ad una pressione di bollo di 12 bar; il loro ingombro sarà 3000x6000 mm.

Servizio acqua per uso industriale

L'acqua utilizzata negli impianti industriali per produzioni alimentari può avere una duplice finalità:

- Essere usata come acqua potabile nei servizi igienici, nelle docce, nei lavabi, nelle fontanelle ed in alcune utenze particolari che possono richiedere appunto acqua potabile.
- Essere usata come acqua industriale (uso tecnologico) in tutte le utenze in cui sono richiesti grandi quantitativi di acqua senza che essa debba necessariamente essere potabile, anche se è consigliabile che lo sia.

Di seguito ci si limita ad analizzare l'acqua per uso industriale.

La disponibilità dell'acqua è uno dei fattori più importanti nella scelta del luogo in cui effettuare l'insediamento del complesso industriale. Sono infatti notevoli i quantitativi di acqua impegnati in un'industria alimentare (mediamente un litro per kg di bevanda). Nell'impianto in questione la portata richiesta dall'impianto, che ammonta a 200 m³/h, viene captata direttamente dai due pozzi interni allo stabilimento.

Per trattare ora il problema legato alla distribuzione delle acque di tipo industriale, si rende necessario definire le utenze che impiegano acqua:

- *Lavaggio*: per pulizie e sanificazioni.
- *Transfert di calore*: in questo caso l'acqua riceve calore dal vapore e lo trasmette al prodotto da trattare.
- *Fluido condensante*: nel condensatore degli evaporatori dei raffreddatori.
- *Utenze obbligate*: tra esse c'è l'impianto antincendio.

L'acqua che arriva dal pozzo viene convogliata verso un serbatoio sopraelevato (o in un'autoclave) che svolge funzione di accumulo in quanto, essendo pressoché costante la richiesta d'acqua da parte delle utenze durante l'intera giornata, diventa necessario assicurare la fornitura anche nel caso di fermo

dei pozzi. L'alimentazione del serbatoio avviene dall'alto e sulla sommità è previsto uno sfioro per il troppo pieno. Se a questo serbatoio è collegato l'impianto antincendio è opportuno che l'altezza del serbatoio sia tale da garantire un'adeguata pressione a tutti gli idranti. Dal pozzo alle utenze si dirama poi una rete a pettine costituita da tubi in acciaio in grado di resistere a pressioni dell'ordine di 8-12 atm.

Resta da sottolineare che prima di essere inviata alle utenze, l'acqua viene sottoposta ad un trattamento di clorazione, che avviene nella apposita struttura prevista nel plant lay-out dell'impianto.

Impianto di trattamento delle acque reflue

Le acque di scarico prima di essere smaltite nella rete fognaria pubblica devono essere trattate in un impianto di depurazione ubicato all'interno dell'area dello stabilimento. Le acque residue di un'industria alimentare che necessitano di trattamento sono soprattutto quelle in uscita dai pastorizzatori e quelle di lavaggio dei tank di preparazione e conservazione degli sciroppi e degli alimenti.

L'inquinamento idrico indotto è un aspetto da non trascurare nelle industrie alimentari e dell'imbottigliamento. Se infatti le sostanze scaricate con l'acqua sono di natura totalmente e rapidamente biodegradabile (zuccheri, acidi organici), per la loro demolizione ad opera della microflora spontanea dei corsi d'acqua è indispensabile il consumo di ossigeno disciolto nell'acqua del ricettore, con la conseguenza che al di sotto di certi valori di tale parametro, qualsiasi forma di vita acquatica superiore viene ostacolata e l'equilibrio biologico del corpo idrico ne risulta alterato. L'autodepurazione naturale del corso d'acqua nel quale l'effluente industriale si riversa è seriamente compromessa dalla quantità del carico organico immesso. Quando nel ricettore l'ossigeno disciolto (peraltro in quantità molto bassa, dell'ordine di qualche mg/l) è insufficiente alla richiesta della materia organica immessa, le sostanze organiche subiscono demolizioni di tipo anaerobio con produzione di composti maleodoranti, che determinano situazione di anossia e talvolta raggiungono concentrazioni tali da essere tossici.

Valutare il grado di inquinamento delle acque industriali è particolarmente difficile, in quanto esso dipende da numerosi parametri. Tuttavia l'esperienza mostra che le acque reflue provenienti da impianti di imbottigliamento/confezionamento alimentari hanno concentrazioni di BOD₅⁹ pari a 400/500 mg/l.

L'impianto di depurazione deve essere in grado di trattare la quantità d'acqua impiegata nell'arco della giornata, di ridurre del 70% il BOD₅ a monte dell'impianto, di fornire un'acqua con una quantità di materiali sedimentabili ≤ 2 mg/l e con pH tra 5,5 e 9,5.

La natura biodegradabile delle sostanze inquinanti, l'assenza di sostanze tossiche, le alte portate in gioco e le conseguenti concentrazioni relativamente basse, orientano la scelta di depurazione verso impianti biologici aerobici; solu-

⁹ BOD₅ = domanda biochimica di ossigeno da parte delle sostanze organiche contenute nell'acqua suscettibile di fermentazione naturale (ossia biodegradabili). La reazione di tali sostanze con l'ossigeno dell'aria avviene lentamente, per questo ci si riferisce ad un valore di BOD dopo 5 giorni di ossidazione (BOD₅).

zioni diverse, come il trattamento anaerobio, trovano fondamentali controindicazioni nel volume, nella concentrazione e nella stagionalità dello scarico; il trattamento chimico fisico di coagulazione e sedimentazione trova il suo limite da un lato nell'impossibilità di raggiungere i parametri previsti, dovendo operare con flocculanti chimici su inquinanti solubili non flocculabili come gli zuccheri, e dall'altro nella difficoltà crescente di trovare una destinazione per l'elevata massa di fango non stabilizzato, e a sua volta inquinante, che si ottiene.

Il trattamento biologico tende ad eliminare o quanto meno a ridurre a valori trascurabili il tenore delle materie organiche rapidamente degradabili. Per la realizzazione di tale trattamento si fa ricorso a letti batteriologici. L'acqua in precedenza filtrata è fatta scorrere per strati sottili su un letto di ciottoli, di pozzolana o scorie. Dopo un certo tempo si sviluppa nello strato una flora batterica (letti biologici) che assicura la degradazione attiva delle materie organiche che si trovano nell'acqua.

Una linea tradizionale di trattamento depurativo delle acque di scarico di uno stabilimento come il nostro deve pertanto prevedere:

- *Impianto di filtrazione fine*, ottenibile ad esempio con i filtri con vagli da 0,75 a 1 mm.
- *Trattamento biologico aerobico* in colture disperse (fanghi attivi); per la fornitura di ossigeno sono validi i sistemi di aerazione forzata, come turbine di superficie o aeratori sommersi.
- *Sedimentazione* in vasca di decantazione, dove avviene la separazione dei fanghi che si depositano sul fondo, da dove vengono raccolti a mezzo di un'apposita travata raschia fanghi.
- *Trattamento di stabilizzazione* del fango attivo di recupero.

Servizio antincendio

I danni provocati dagli incendi negli stabilimenti industriali, calcolati nel loro complesso, sono elevatissimi. Infatti, oltre ai danni diretti causati dall'incendio, occorre considerare quelli dovuti alla conseguente mancata produzione, spesso più elevati dei primi.

Vi è quindi necessità di evitare o ridurre gli uni e gli altri mediante l'adozione di opportuni mezzi di prevenzione e protezione. I possibili provvedimenti preventivi sono:

- Impiego di strutture incombustibili e resistenti al fuoco.
- Rispetto di distanze di protezione tra fabbricati e impianti e fra gli stessi ed elettrodotti, recinzioni e strade.
- Intervento a livello progettuale sulle lavorazioni e sui magazzini per realizzare condizioni di massima sicurezza.
- Attuazione di adeguate ventilazioni degli ambienti di lavoro.
- Adozione di impianti elettrici a regola d'arte.
- Messa a terra degli impianti anche per evitare la formazione di cariche elettrostatiche.
- Protezione contro le scariche atmosferiche.
- Predisposizione di un piano di intervento in caso di emergenza.
- Ispezioni periodiche di controllo delle condizioni di sicurezza nelle varie parti dell'impianto.
- Informazione e formazione del personale.

- Simulazione di situazioni di incendio ed esercitazioni per fronteggiarle.
- Eliminazione di carichi di incendio concentrati.

Fra i provvedimenti, per lo spegnimento e la circoscrizione dell'incendio si annoverano:

- Uscite di sicurezza e pronte segnalazioni di pericolo per garantire maggiore sicurezza alle persone.
- Spegnere o contenere l'incendio mediante adeguati impianti antincendio.
- Frazionamento dei rischi, distanziando fra loro i locali più pericolosi.

Per gli aspetti legislativi si rimanda al DM del 10 marzo 1998, relativo ai criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro in cui sono presenti rischi di incendio. Esso è in attuazione al disposto dell'articolo 13, comma 1, del decreto legislativo 19 settembre 1994 n. 626, che stabilisce i criteri per la valutazione dei rischi di incendio nei luoghi di lavoro ed indica le misure di prevenzione e di protezione antincendio da adottare al fine di ridurre l'insorgenza di un incendio e di limitarne le conseguenze, qualora esso si verifichi.

Qui di seguito si riportano alcuni criteri da seguire per il dimensionamento della rete di distribuzione dell'acqua antincendio.

L'acqua è il mezzo più efficace di intervento contro l'incendio di materiali combustibili solidi che danno luogo alla formazione di braci. In genere si prevedono una rete antincendio esterna allo stabilimento (interrata) ed una rete antincendio interna (aerea): di solito, tali reti sono ad anello, con collegamenti trasversali nel caso di reti interne. Le reti, sia aeree che interrata, sono realizzate con gli stesi tubi impiegati per le tubature dell'acqua industriale, anche perché l'impianto antincendio è alimentato con acqua industriale contenuta in un serbatoio alimentato a sua volta dai pozzi.

Il tipo di impianto antincendio molto utilizzato nelle industrie delle bevande e alimentari in genere è quello a idranti, piuttosto che quello a springler. Questa è la soluzione più sicura, purché sia garantita una pressione minima prestabilita e un'adeguata riserva di acqua cui attingere in caso di incendio. L'anello esterno della rete antincendio è costituito da una tubazione interrata posta ad una distanza di 5-15 metri dal fabbricato. A tale tubazione vengono allacciati di norma idranti dotati di uno o due attacchi DN 70 del tipo sottosuolo, cioè installati in pozzetti sotto il piano di campagna oppure sopra suolo a colonna, entrambi denominati UNI 70. Tali idranti sono distanziati in relazione al grado di protezione richiesto e al raggio d'azione utile degli stessi; il raggio d'azione dipende dalla lunghezza del tubo flessibile, dalla pressione dell'acqua e dal diametro del bocchello della lancia. Nello stabilimento in studio si è deciso di porre gli idranti UNI 70 del tipo sopra suolo a 50 metri l'uno dall'altro. È consigliabile inoltre prevedere un idrante in corrispondenza di ogni ingresso nel fabbricato, in modo che risulti agevole accedere con le tubazioni flessibili. Gli idranti previsti all'interno del fabbricato sono in genere di tipo UNI 45 a cassetta con manichetta a lancia. L'allacciamento alla rete è effettuato mediante derivazione con tubo e valvola di intercettazione di diametro non inferiore a 50 mm. La cassetta contenente la manichetta e la lancia viene murata oppure fissata su colonne o pareti, in posizione ben visibile e non ingombrante, a 1,2/1,3 m dal piano di calpestio. Anche per questi idranti la distanza reciproca va scelta in relazione alla lunghezza del tubo flessibile, alla pressione dell'acqua e al diametro di bocchello della lancia. Nel caso dello stabilimento da progettare si pongono gli

idranti ad una distanza di 40 metri l'uno dall'altro. Considerando che l'impianto appartiene alla classe normale di rischi di incendio, occorre prevedere una portata complessiva di 1500 l/min. Per la sala caldaie ed il magazzino dei prodotti sanificanti, locali aventi rischi di incendio maggiore, si prevedono estintori a polvere, posti anche in altri punti dello stabilimento, secondo le direttive dei vigili del fuoco.

Servizio aria compressa

I principali elementi costitutivi di un impianto per aria compressa sono un compressore oil free, un raffreddatore-essiccatore, uno scaricatore di condensa e un serbatoio dal quale si diparte la rete di distribuzione alle utenze.

Per le normali esigenze di linea, che richiedono aria compressa a 6-7 bar, l'impianto di essiccamento è previsto per tutta l'aria prodotta, almeno fino ad un punto di rugiada di 2-3°C, salvo poi essiccare l'aria destinata a particolari utenze fino a -20°C. È consigliabile prelevare l'aria al di fuori della sala compressori, al fine di non provocare depressioni nella sala stessa e risparmiare sul riscaldamento dell'aria ambiente. È importante che l'aria aspirata sia pulita e priva di impurità solide e gassose, poiché polvere e gas corrosivi sono particolarmente dannosi. Inoltre per ottenere la massima efficienza dei compressori, occorre che l'aria sia la più fredda possibile, diminuendo il tal modo il suo volume specifico e rendendo più basso il lavoro di compressione occorrente per una stessa massa d'aria. I compressori dell'impianto devono essere dotati ognuno di una condotta di aspirazione munita di filtro e di una presa d'aria con silenziatore. Il gruppo di aspirazione dell'aria deve essere comunque dimensionato in modo che la caduta di pressione sia bassa, per non ridurre troppo la portata del compressore. Normalmente il filtro viene sistemato il più vicino possibile al compressore e può essere del tipo a labirinto umettato d'olio o a tessuto di panno. La sala compressori deve essere abbondantemente ventilata al fine di ridurre nella stagione estiva eccessivi riscaldamenti provocati da motori e compressori.

Il lay-out della sala compressori va studiato in maniera da:

- garantire attorno ad essi uno spazio sufficiente per i lavori di montaggio e manutenzione;
- consentire di potenziare in futuro la sala con altre unità;
- permettere l'esclusione di uno o più compressori senza interrompere il funzionamento degli altri.

Nello studio della sistemazione planimetrica della sala compressori è necessario considerare la rumorosità dei compressori: tali macchine superano spesso i livelli sopportabili dall'uomo; vanno pertanto presi i seguenti provvedimenti:

- Adozione di silenziatori all'aspirazione.
- Chiusura delle macchine in cabine costruite in materiale fonoassorbente.
- Isolamento dei compressori in un'apposita sala dove gli addetti entrano solo in caso di necessità, utilizzando adeguati mezzi di protezione individuali.

Dalla sala compressori l'aria compressa passa nella rete di distribuzione: a valle di ogni compressore si installano una saracinesca ed una valvola di non ritorno. La rete di distribuzione è in genere di tipo a maglie, cioè ad anello chiuso, con collegamenti trasversali intercettabili per mezzo di valvole installate alle estremità. I tubi sono normalmente in acciaio al carbonio zincato internamente ed esternamente. Raramente sono in acciaio inox.

Al fine di evitare occlusioni dovute all'umidità dell'aria, si realizza la rete con pendenza compresa fra lo 0,2% e lo 0,5% nel senso del moto dell'aria.

Tutte le prese d'aria per le utenze partono dalla parte superiore del tubo di alimentazione, allo scopo di non prelevare la condensa eventualmente accumulata nelle tubazioni; per fare in modo che la condensa venga eliminata, nelle parti basse della rete vengono installati gli scaricatori di condensa che scaricano quest'ultima in fogna attraverso condotti sifonati.

Nella sala compressori è installato anche un *surpressore* a pistoni a secco che eleva la pressione da 8 a 40 atm per l'alimentazione delle soffiatrici. L'aria ad alta pressione avrà un serbatoio con rete di distribuzione separata, distinta e distinguibile rispetto a quella a bassa pressione.

Stabilire con precisione la portata complessiva di aria compressa richiesta da tutti gli impianti non è semplice, in quanto oltre ai consumi dei singoli macchinari occorrerebbe considerare le portate richieste da attuatori, pompe ed altre utenze specifiche. Sommando i consumi dei singoli macchinari nel nostro caso si ottiene un consumo complessivo di 4300 Nm³/h. Poiché questo dato non è sicuramente definitivo e completo, si tiene cautelativamente come consumo di progetto quello di 6000 Nm³/h. Si è optato per una coppia di compressori in grado di fornire singolarmente 30000 Nm³/h a 10 bar. L'impiego di due unità capaci di fornire una portata superiore a quella effettivamente richiesta dipende dalla necessità di garantire un costante funzionamento ed eventualmente dalla possibilità di espandere lo stabilimento. Ciascuna unità è completa di essiccatori e refrigerazione. Il surpressore avrà una portata di 30000 Nm³/h.

Impianto Elettrico

In Italia la produzione di energia elettrica è regolata dalla legge 1643 del 6 dicembre 1962 e dalle successive modifiche e integrazioni, e dal DPR n° 342/18 marzo 1965, che demandano all'ENEL la produzione e la distribuzione dell'energia stessa¹⁰. Le tensioni di fornitura dell'energia elettrica da parte dell'ENEL sono:

- Bassa tensione, BT, per piccole utenze (fino a circa 100 kW)
- Media tensione, MT, per medie utilizzazioni (fino a circa 4-5 MW)
- Alta tensione, AT, per grandi utilizzazioni.

¹⁰ I più recenti riferimenti legislativi per la produzione e la vendita di energia elettrica che sono anche d'interesse per l'impianto che andrà realizzato sono:

- Legge 9 gennaio 1991, n. 9 (S. O. alla GU 16 gennaio 1991, n. 13). Norme per l'attuazione del nuovo piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali.
- Comitato Interministeriale dei Prezzi, Deliberazione 29 aprile 1992 (in G. Uff. n.109 del 12 maggio 1992). Prezzi dell'energia elettrica relativi a cessione, vettoriamento e produzione per conto dell'Enel, parametri relativi allo scambio e condizioni tecniche generali per l'assimilabilità a fonte rinnovabile. (Provvedimento CIP n. 6/1992)
- Legge 14 Novembre 1995, n. 481. Norme per la concorrenza e la regolazione dei servizi di pubblica utilità. Istituzione delle Autorità di regolazione dei servizi di pubblica utilità.
- Decreto Legislativo 16 marzo 1999, n. 79 (Decreto Bersani). "Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica". (GU n. 75 del 31 marzo 1999).

L'impianto studiato ricade nella seconda categoria e quindi l'energia sarà fornita in media tensione, per trasformarla poi in bassa tensione prima dell'utilizzo con un solo stadio di trasformazione. La fornitura di energia elettrica viene generalmente pagata con tariffa binomia, cosiddetta in quanto tiene conto di due fattori: la potenza impegnata (€/kW) e l'energia consumata (€/kWh). Viene inoltre applicata una penale per consumi a fattore di potenza <0,9. La tariffa binomia avvantaggia utilizzatori il cui assorbimento di energia è quasi costante nel tempo e comunque non soggetto a variazioni rilevanti.

Gli impianti elettrici sono soggetti ad una rigida normativa nazionale e comunitaria, che rivolge un'attenzione molto elevata ai problemi di sicurezza e di salute dei lavoratori. Tali norme, inoltre, sono in continua evoluzione, anche al fine di unificare internazionalmente le regole della buona tecnica e dell'antinfornistica in campo elettrico.

I cardini di tale normativa sono:

- Gli apparecchi elettrici ed elettronici vanno eseguiti seguendo le norme CEI.
- La progettazione deve essere affidata a tecnici iscritti ad albi professionali e l'esecuzione effettuata da imprese iscritte al Registro regolato per la legge.
- La ditta esecutrice deve fornire una certificazione sul lavoro svolto e sui materiali impiegati.

Tornando agli aspetti più tecnici, poiché è necessario trasformare l'energia dalla media alla bassa tensione (15 kV/380 V), occorre prevedere una cabina di trasformazione. Il trasformatore da installare per avere a disposizione l'energia richiesta dall'intero stabilimento, deve avere una potenza nominale di 750 kVA. Per motivi di sicurezza e di affidabilità (ma anche per avere un certo margine di espansione della richiesta) si sono previsti 2 trasformatori a secco di 800 kVA di potenza, disponendo la cabina di trasformazione in posizione baricentrale rispetto ai reparti. Inoltre in cabina va installato un trasformatore da 20 kVA per alimentare l'impianto di illuminazione, i servizi di emergenza e le utenze continuative. I locali in cui sono installati i trasformatori devono soddisfare la normativa antincendio ed avere dimensioni tali da consentire le operazioni di manutenzione e la sostituzione delle macchine o l'installazione di altre macchine. Occorre inoltre prevedere una ventilazione naturale o forzata che impedisca aumenti inaccettabili della temperatura provocati da perdite e dissipazioni di potenza dei trasformatori. La ventilazione naturale si ottiene prevedendo un'apertura per l'entrata dell'aria esterna nella parte bassa del locale ed un'apertura per l'uscita dell'aria calda nella parte alta della parete opposta.

Dopo la trasformazione le utenze devono essere alimentate da una rete di distribuzione, che deve essere economica ed affidabile. La scelta della tipologia del sistema è un compromesso fra esigenze economiche e servizio d'impianto, con una particolare attenzione alla maggiore affidabilità possibile. La distribuzione dell'energia elettrica può essere fatta con cavi o a blindo. I primi hanno costi più contenuti e sono più facilmente installabili, mentre le seconde consentono di effettuare derivazioni senza modifiche della linea o con la linea in tensione.

Nonostante la maggiore flessibilità della seconda soluzione, è opportuno optare per la prima, decisamente più economica.

Il progetto della linea di distribuzione dell'energia deve essere fatto in modo da avere:

- Equilibrio dei carichi sulle fasi.
- Basse cadute di tensione nei conduttori (per circuiti di illuminazione <3%, per circuiti di alimentazione delle macchine <4%).
- Suddivisione, con misure separate, dei carichi luce da quelli di forza motrice, causa la diversa tassazione.
- Apparecchiature di protezione lungo i singoli circuiti, quali fusibili, interruttori automatici, relé di tensione, isolamento, al fine di evitare anormali condizioni di funzionamento.

Infine è necessario prevedere un gruppo elettrogeno, azionato da un motore Diesel di derivazione automobilistica, corredato di apparecchiature che consentano l'immediato intervento al mancare della tensione e la commutazione sulla rete privilegiata entro 2÷3 minuti. Nel caso dello stabilimento da progettare è opportuno optare per un gruppo da 350 kVA, per potere alimentare le utenze più critiche in caso di blackout.

Impianto di illuminazione

L'illuminazione di un locale industriale riveste particolare importanza per il benessere dei lavoratori, per ridurre la percentuale di infortuni e per migliorare la qualità della produzione. Infatti, nei locali dove si ha uno scarso livello di illuminazione si riscontra un progressivo senso di stanchezza degli operatori, più elevate percentuali di infortuni e maggiori scarti delle lavorazioni.

Questo aspetto è particolarmente meritevole di attenzione riguardo allo stabilimento studiato, in cui si lavora 24 ore su 24 ed in cui l'illuminazione ha un ruolo fondamentale, nelle aree in cui si effettua la cernita e il controllo visivo del prodotto in lavorazione.

In Italia la prescrizione tecnica più nota è la UNI 10380/1994. Da questa si ricava che per l'industria alimentare si deve provvedere ad un illuminamento medio pari a 330 Lux. Ai fini della progettazione, l'illuminamento iniziale di progetto si ottiene moltiplicando quello medio per un fattore di deprezzamento pari a 1.25 per tenere conto dell'invecchiamento e dell'insudiciamento dei corpi illuminanti. Importante è anche la scelta del tipo di lampada, fatta in base a numerosi criteri, tra i quali, fondamentale per la zona di imbottigliamento, è la precisa percezione dei colori da parte degli operatori. Per questo motivo l'impianto è opportuno che venga costruito utilizzando lampade fluorescenti tubolari, costituite da un tubo di vetro ricoperto all'interno di polveri foto-luminescenti, in cui si produce un arco di vapore di mercurio a bassa pressione. I pregi di tale tipo di lampada sono: buona efficienza, possibilità di ottenere luci con ottima resa di colori, lunga vita (da 6000 a 12000 ore), costo contenuto, luminanza modesta, tempo di accensione molto breve. I difetti sono: necessità di un alimentatore e di uno starter, potenza limitata (il che comporta un numero elevato di tubi per conseguire forti livelli di illuminazione).

Per quanto riguarda l'impianto di illuminazione dei piazzali e delle vie di

circolazione interne si utilizzano lampade a vapori di mercurio ad alta pressione con ampolla fluorescente, che sono le più adatte a questo scopo.

Di grande importanza è la manutenzione degli impianti di illuminazione. Il livello luminoso all'interno degli edifici decresce progressivamente a causa dell'accumulo di polvere ed altre sostanze sulle superfici riflettenti degli apparecchi illuminanti, nonché su pareti e soffitti dei locali: inoltre il flusso luminoso emesso dalle lampade diminuisce col tempo. L'efficienza nel tempo dell'impianto è assicurata dai seguenti interventi:

- Pulizia di lampade.
- Tinteggio periodico di pareti e soffitti.
- Sostituzione delle sorgenti luminose.

La cadenza di questi interventi dipende dal tipo di apparecchio illuminante, dall'ambiente nel quale è collocato, dal tipo di fonte luminosa adottato. Tra i fattori che contribuiscono a facilitare la manutenzione si ricordano la standardizzazione, l'intercambiabilità e l'accessibilità del corpo illuminante, la programmazione degli interventi.

Le linee che alimentano l'impianto di illuminazione devono essere verificate non solo per la portata di corrente ammissibile, ma anche dal punto di vista della massima caduta di tensione (massimo 3% della tensione nominale). La rete di illuminazione sarà alimentata con una tensione di 220 V; nel proporzionamento delle linee si attribuisce una caduta di tensione del 2-2,5% sulla linea principale fra cabina e quadro di comando e dello 0,5-1% sulle linee derivate. È opportuno che il rifasamento del carico luce fino al valore contrattuale di 0,9 sia fatto direttamente sull'apparecchio d'illuminazione per ridurre la corrente sulle linee.

Come già accennato in precedenza, nei luoghi in cui un black-out dell'illuminazione artificiale provochi situazioni di pericolo, occorre prevedere un'illuminazione di emergenza. Il relativo impianto, nello stabilimento da progettare, sarà alimentato dal gruppo elettrogeno, anche se potrebbe essere alimentato da batterie al piombo o al nichel-cromo progettate per un minimo di quattro anni di funzionamento normale. Gli apparecchi di illuminazione impiegano lampade fluorescenti tubolari simili a quelle dell'impianto principale. Quando sono posti in corrispondenza delle uscite di sicurezza, gli apparecchi devono essere corredati da pittogramma normato.

18.3. VERIFICA DI CONVENIENZA E FATTIBILITÀ ECONOMICA

Per concludere gli studi di fattibilità è necessaria un'analisi di tutte le voci dei costi d'impianto e dei costi di esercizio al fine di valutare la convenienza economica dell'investimento.

Per una prima valutazione potrà essere utilizzato il metodo del *Break even point* attraverso il quale si potrà determinare la quantità minima da produrre, affinché i costi siano eguagliati dai ricavi (fig. 18.29).

È bene innanzitutto distinguere i costi fissi dai costi variabili: i primi sono costi che non variano al variare del volume di produzione, mentre i secondi variano al variare dei volumi di produzione.

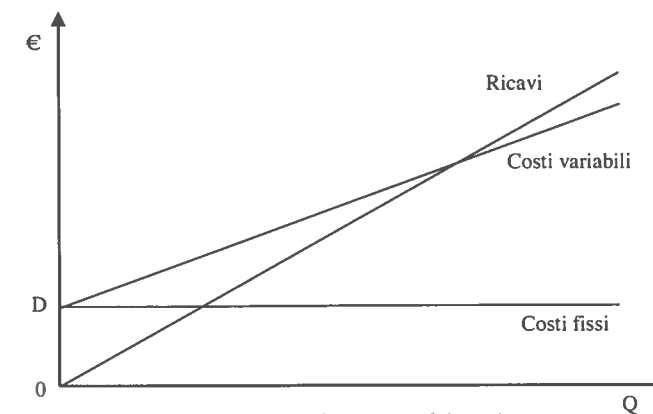


Fig. 18.29 - Diagramma dei costi.

Tra i costi variabili vi sono:

- *Le materie prime*: acqua, zucchero, aromi e altri ingredienti.
- *La mano d'opera diretta*: lavoro prestato direttamente dai dipendenti sulla linea d'imbottigliamento/confezionamento.
- *I materiali di confezionamento e d'imballaggio*: contenitori in PET, tappi, etichette, imballaggi secondari ecc.

Voci di costo	Costo di impianto ^(*) (migliaia di euro)
Terreno (20000 m ²)	45
Opere edili	250
Camera bianca ed utilities	100
CIP camera bianca	125
Installazione impianto imbottigliamento	90
Nastri trasportatori	400
Confezionamento e palettizzatore	275
Soffiatrice	1500
Impianto trattamento acque	100
Sala scioppi	200
Caldaia e Pompe	200
Servizio Elettricità	175
Servizio Aria compressa	75
Servizio Antincendio	25
Piping	100
Servizio smaltimento acque reflue	125
Carrelli (n° 4)	40
Palette 1200x800 (20000)	200
Totale	4025
^(*) Al 2002	

Tab. 18.XIV - Costi di impianto.

Oggetto	Importo complessivo	Tasso annuo	Quota imputabile all'anno
Impianti tecnologici	3640	10%	364
Servizi ausiliari	944	7%	66,08
Opere edili	2945	4%	117,8
Totale	7529		547,88

Tab. 18.XV - Tabella degli ammortamenti annuali (migliaia di €).

- *Le spese generali variabili*: telefono, mezzi di comunicazione e simili.
- *L'energia elettrica*: utilizzata direttamente per la linea di produzione.
- *I combustibili*: gas naturale soprattutto.
- *I materiali di consumo*: lubrificanti, prodotti di trattamento delle acque e simili.

Tra i costi fissi vi sono:

- *Addetti indiretti*: assicurazioni, vigilanza, movimentazioni e altri.
- *Spese generali*: materiali di consumo quali olio lubrificante, prodotti per la sanificazione, assicurazioni ecc.
- *Energia elettrica indiretta*: illuminazione interna ed esterna, servizi generali di impianto.
- *Ammortamenti*: quota di ammortamento imputata all'esercizio per macchinari (macchine per la linea d'imbottigliamento, impianti sala sciropi e trattamento acque, ecc), servizi ausiliari (caldaie, compressori, servizi antincendio, servizi elettricità, piping, ecc), ed opere edili (terreno, edificio produzione, uffici, magazzino, pozzi, trattamento acque reflue ecc).

Per calcolare gli ammortamenti (tab. 18.XV) è necessario conoscere il costo di impianto, cui concorrono le voci riportate nella tab. 18.XIV.

Il diagramma della redditività

I risultati più sopra acquisiti possono venir riportati in un grafico, detto *diagramma della redditività* o anche *diagramma del punto di rottura (break-even chart)*, del *punto morto* o del *punto di equilibrio* nel quale in ascisse si indicano i volumi di produzione in unità opportuna, eventualmente anche i termini monetari (come potrà convenire in caso di produzione diversificata indicandone il valore), e in ordinate i costi ed i ricavi attesi (per analisi preventiva) o raggiunti (per analisi consuntiva).

Per la costruzione di tale diagramma in sede di preventivo si dispone del valore dei costi e ricavi ottenuto dall'analisi previsionale svolta per un determinato volume di produzione, generalmente uguale alla producibilità dell'impianto. Per l'assetto produttivo scelto in sede progettuale, si può ritenere con buona approssimazione che i costi per materie principali e secondarie varino in maniera lineare al variare del volume di produzione e lo stesso può dirsi per i costi di manodopera e per le spese generali variabili.

Le spese generali fisse per il prescelto assetto produttivo resteranno costanti al variare della produzione. I ricavi, nell'ipotesi che le quantità prodotte dall'impianto che si andrà a progettare non siano tali da influire sull'an-

damento dell'offerta e quindi da provocare riduzioni di prezzo, potranno anch'essi considerarsi variabili linearmente con le quantità prodotte.

Con tali premesse il diagramma può tracciarsi come in fig. 18.30. Per il particolare valore della potenzialità produttiva Q_1 si calcolano costi e ricavi come innanzi esposto: sull'ordinata passante per Q_1 si riportano successivamente il valore delle spese fisse, del costo per materie, di quello per manodopera e per spese generali variabili; nonché, il valore dei ricavi. Pertanto l'ordinata del punto B rappresenta il costo totale e quella del punto A il ricavo. Potrà poi congiungersi, con un segmento di retta, ogni valore calcolato con l'origine; in fig. 18.30 le rette sono state tratteggiate ai più alti e ai più bassi livelli di produzione per sottolineare che la variabilità ipotizzata è maggiormente attendibile in un intorno limitato del volume di produzione considerato (e quindi nella zona corrispondente alle parti continue di retta). Con le ipotesi fatte il diagramma si può tracciare completamente come in fig. 18.30. In essa il prezzo p è rappresentato da:

$$p = \operatorname{tg} \beta = \frac{R_1}{Q_1} = \frac{R}{Q}$$

cioè rimane costante al variare di Q ; il costo unitario C_v in corrispondenza del volume Q_1 è dato da:

$$c_1 = \operatorname{tg} \alpha = \frac{C_1}{Q_1}$$

ed ovviamente varia al variare di Q .

Per qualunque valore di Q , il costo totale C può scriversi nella forma:

$$C = F + V = F + bQ \quad (18,1)$$

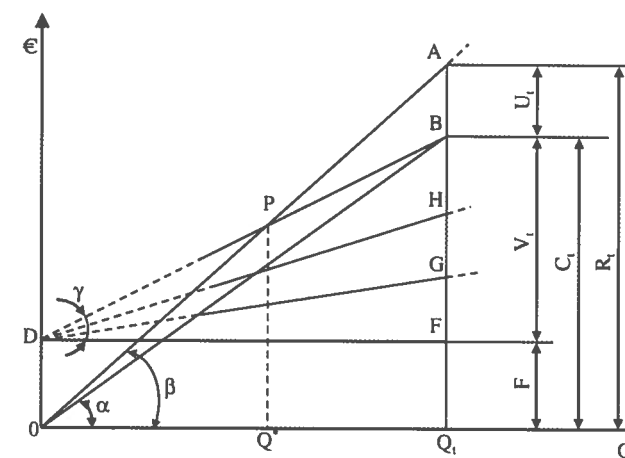


Fig. 18.30 - Diagramma della redditività.

essendo $b = \operatorname{tg} \gamma$ il costo unitario dovuto alle sole spese variabili. Il ricavo sarà $R = pQ$ e l'utile U varrà:

$$U = R - C = R - (F + V) = pQ - F - bQ = Q(p - b) - F$$

L'utile, in percentuale rispetto al fatturato, sarà dato da:

$$u = \frac{U}{R} \cdot 100$$

Al volume di pareggio Q^* risulta $R^* = C^*$ e quindi $U^* = 0$, mentre a volumi più bassi l'esercizio dà una perdita ed a volumi più alti un profitto, entrambi valutabili, per ciascun valore di Q , come differenza tra la linea dei ricavi e la linea dei costi totali in quel punto. Il valore di Q^* può determinarsi analiticamente poiché per esso deve essere $R = C$ cioè $pQ^* = F + bQ^*$ e quindi:

$$Q^* = \frac{F}{p - b} \quad (18,2)$$

Il punto P viene detto punto di rottura (*break-even point*), di equilibrio, critico, morto, secondo il contesto nel quale il diagramma viene introdotto.

Questo diagramma, benché corrispondente ad un'analisi statica in quanto relativa ad un determinato anno di funzionamento a regime, può fornire altre utili indicazioni anche in sede di progetto, l'attendibilità delle quali è, ovviamente, dipendente dal grado di approssimazione raggiunto nell'analisi dei costi e dei ricavi. Tale attendibilità è comunque valutabile attraverso analisi di rischio applicate alle singole determinazioni o almeno a quelle di esse che, da apposita analisi di sensibilità, risultino maggiormente influenzare i risultati.

È ovvio che, con gli stessi accorgimenti ora segnalati l'analisi può spingersi a più esercizi consecutivi, superandosi così l'inconveniente della staticità più sopra segnalato.

Dal diagramma in esame si deduce che, fermi restando tutti gli altri elementi presi a base della previsione, il margine di sicurezza di cui dispone l'impresa è dato in percentuale da:

$$K = \frac{Q_i - Q^*}{Q_i} \cdot 100$$

In molti casi risulta $K = 30 \div 50\%$ cioè $Q^* = (70 \div 50\%) Q_i$.

Se $K = 50\%$, l'impianto può funzionare con un coefficiente di utilizzazione fino a 0,5 senza che si determinino perdite; in altre parole se, per ragioni di mercato o per altre ragioni, la produzione sarà inferiore alla potenzialità, l'impresa non avrà perdite purché sia $Q_i > Q^* > 0,5 Q_i$.

Si deduce inoltre che il minimo prezzo al quale si potrà vendere la produzione Q senza perdite, a parità di tutti gli altri elementi, è dato da $p^* = \text{tg} \alpha = c$; naturalmente, tale indagine andrà ripetuta per ogni valore di Q . Per $Q = Q_i$ il coefficiente di sicurezza K per le variazioni di prezzo sarà espresso in percentuale da:

$$K' = \frac{p - p^*}{p} \cdot 100 = \frac{p - c}{p} \cdot 100$$

È evidente che tutte le determinazioni, cui fin qui si è fatto cenno, potranno essere ripetute senza tener conto nel computo dei costi degli ammortamenti ed eventualmente escludendo anche l'interesse sui capitali fissi o altre componenti di costo.

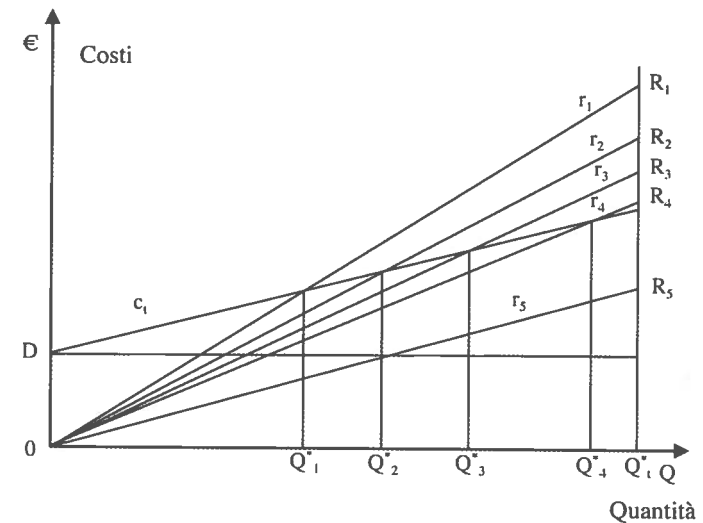


Fig. 18.31 - Spostamento del punto di equilibrio al variare del prezzo.

La fig. 18.31 mostra gli effetti delle variazioni di prezzo sulla posizione del punto di equilibrio; si rileva che, come peraltro può dedursi anche dalla (18,2), per $p = b$ la linea dei ricavi r_5 risulta parallela a quella dei costi totali c_t , ed il punto di equilibrio si sposta all'infinito.

Se il volume di produzione si esprime in termini monetari, essendo il fatturato (ascisse) uguale al ricavo (ordinate), il diagramma risulta quadrato, con la diagonale rappresentante l'andamento dei ricavi (fig. 18.32). Il diagramma di redditività può meglio descrivere più precise leggi di variazione dei costi e ricavi al variare della produzione nella rappresentazione di fig. 18.33, che può propor-

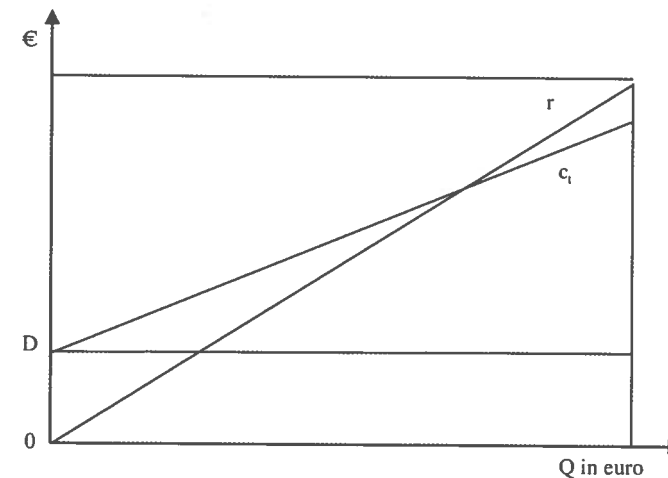


Fig. 18.32 - Diagramma della redditività per produzione espressa in euro

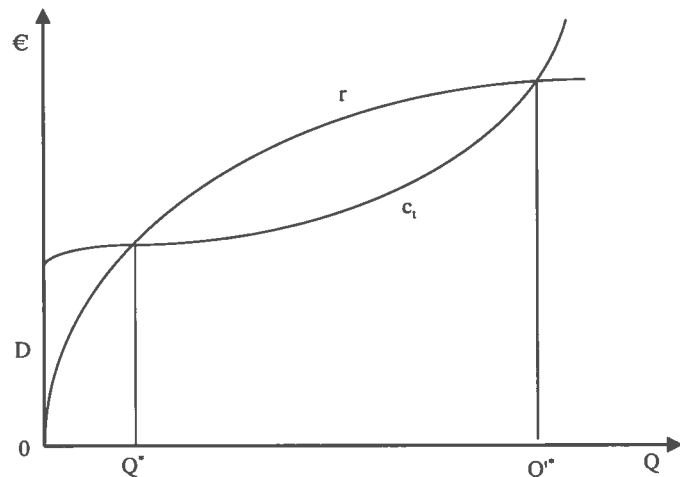


Fig. 18.33 - Andamento non approssimato dei costi e ricavi.

si come modello descrittivo, ma risulta, per le difficoltà di tracciamento, di scarsa utilità operativa.

Nelle figg. 18.34, 18.35, 18.36 e 18.37 è stato tracciato il diagramma della redditività per lo stesso caso esaminato in fig. 18.30, nelle ipotesi rispettivamente di un aumento e di una diminuzione dei costi fissi con e senza variazione dei costi variabili; tali ipotesi potrebbero corrispondere a scelte di progetto più o, rispettivamente, meno meccanizzate alle quali corrispondano oppure no variazioni dei costi variabili.

Si richiama l'attenzione sul corrispondente spostamento del punto P e sulle variazioni che si determinano nell'entità del profitto, soprattutto per impianto funzionante a piena potenzialità e nei valori di K e K'.

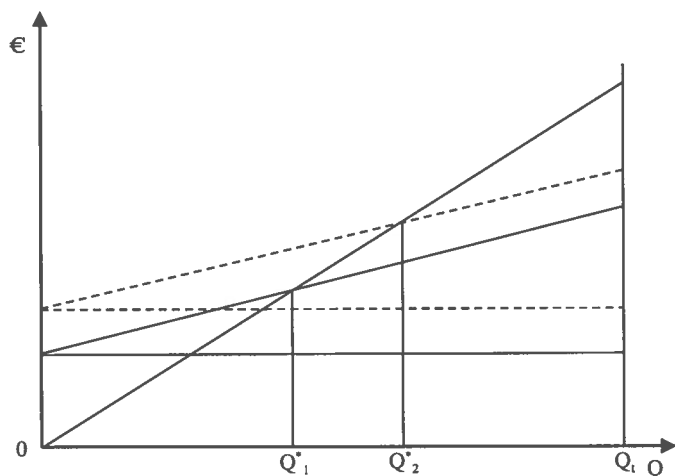


Fig. 18.34 - Diagramma di redditività: modifica per aumento dei costi fissi e riduzione dei costi variabili.

È, quindi, evidente che la posizione del punto P è indicativa anche della opportunità delle scelte progettuali e può farsi variare mutando tali scelte.

Il valore Q' , nel suo significato di minima produzione suscettibile di non dare perdite, può anche definirsi come *minimo tecnologico relativo* dell'impianto in esame; esaminando tutte le scelte con gradi di meccanizzazione decrescenti e determinando per ciascuna il valore di Q' potrà determinarsi altresì il valore Q' minimo in corrispondenza dell'assetto produttivo meno meccanizzato pensabile; tale valore potrà definirsi come *minimo tecnologico assoluto* per il settore produttivo in esame e rappresenta il volume di produzione minimo per un assetto industrialmente organizzato.

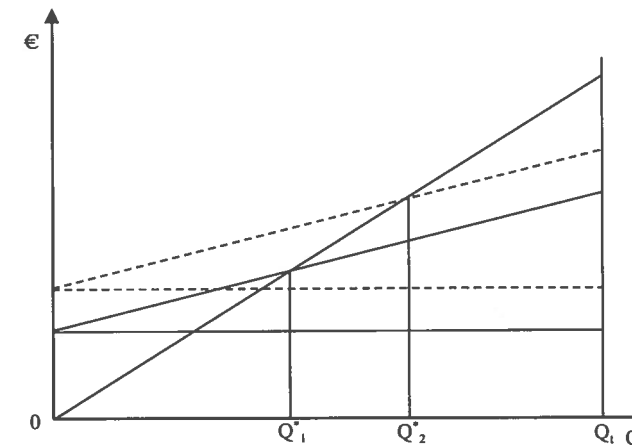


Fig. 18.35 - Diagramma di redditività: modifica per aumento dei costi fissi senza riduzione dei costi variabili.

Nel progetto dell'impianto per la produzione di tè freddo in bottiglia una volta calcolati il costo di impianto (tab. 18.XIV) e le quote di ammortamento (tab. 18.XV) da imputare all'esercizio è necessario valutare le aliquote dei costi di produzione per ottenere il totale dei costi (tab. 18.XVI).

Voci di costo	Costi relativi ad un esercizio ^(*) (migliaia di euro)
Materie prime	5
Mano d'opera diretta	486,4
Materiali di confezionamento	360
Energia elettrica	300
Combustibile	175
Totale costi variabili	1326,5
Mano d'opera indiretta	340
Costi generali	150
Energia elettrica indiretta	300
Ammortamenti	552,6
Totale costi fissi	1342,6
Totale costi	2669
(*) Rif. anno 2002	

Tab. 18.XVI - Totale costi.

Fatto ciò è possibile procedere alla valutazione economica dell'investimento attraverso il metodo del Break even point. Sostituiti i valori nelle formule (18,1) e (18,2) si ottiene:

$$Q^* = 4.118.098 \text{ bottiglie}$$

Il valore trovato risulta inferiore al valore di produzione preventivato.

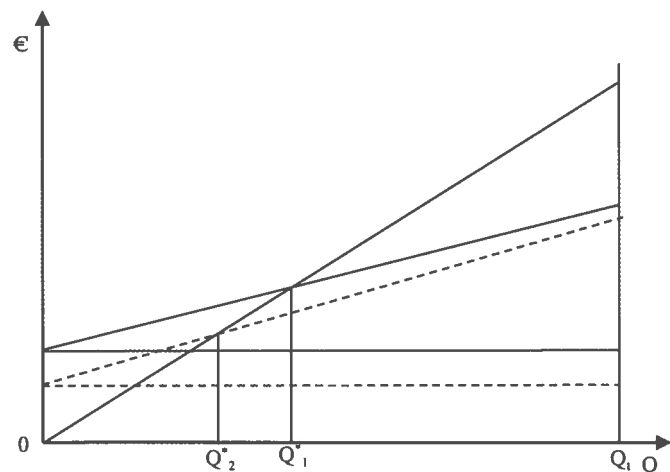


Fig. 18.36 - Diagramma di redditività: modifica per riduzione dei costi fissi e aumento dei costi variabili.

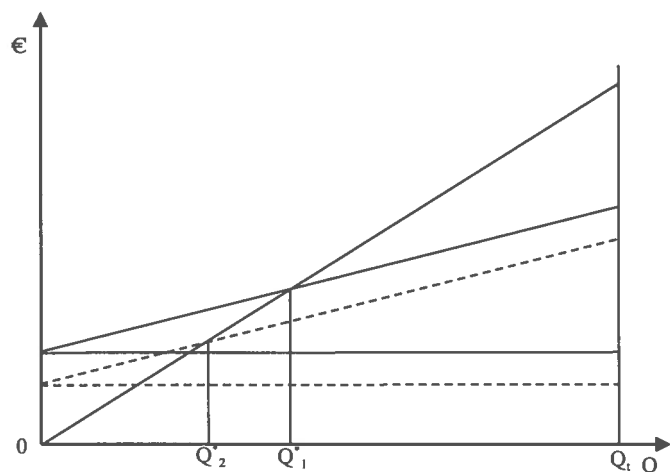


Fig. 18.37 - Diagramma di redditività: modifica per riduzione dei costi fissi senza riduzione dei costi variabili.

18.4. BIBLIOGRAFIA

- A. Calabrese. 2004. Gestione degli impianti industriali. Ed. CUSL. Milano.
- A. De Luca. 2002. Le applicazioni dei metodi statistici alle analisi di mercato: manuale di marketing quantitativo. Ed. Franco Angeli. Milano.
- A. Dino. Fattori di localizzazione nell'industria manifatturiera. Centro Studi Confindustria/SOME A. Bologna.
- A. Monte. 1994. Elementi di Impianti Industriali, voll. 1 e 2. Edizioni Libreria Cortina. Torino.
- A. Pareschi. 1994. Impianti Industriali. Criteri di scelta, progettazione e realizzazione. Progetto Leonardo. Bologna.
- F. De' Rossi. 1976. Corso di Impianti Meccanici, voll. 1 e 2. Ed. Liquori. Napoli.
- D. DEL MAR. 1985. Operations and industrial management. McGraw-Hill.
- F. Turco. 2002. Principi generali di progettazione degli impianti industriali. CittàStudi edizioni.
- J.M. Moore. 1979. Progettazione e Layout degli Impianti. Franco Angeli. Milano.
- L. Molteni, G. Triolo. 2003. Ricerche di marketing. McGraw-Hill.
- N.R.O.. 1981. La localizzazione industriale. Franco Angeli Editore. Milano.
- P. Erto. 2004. Probabilità e statistica per le scienze e l'ingegneria. Mc Graw-Hill. Milano.
- O. Pierfederici. 1980. Impianti Meccanici. Pitagora. Bologna.
- R.M. Grant. 1994. L'Analisi strategica nella gestione aziendale. Ed. Il Mulino. Bologna.
- R. Muther. Systematic layout planning. Cahners Books. Boston.
- R. Rizzo. 1976. Tecnica dell'imbottigliamento. Chiriotti Editori. Pinerolo.
- R. Rizzo. 1995. Le caratteristiche dei fabbricati e dei servizi generali di impianto nell'imbottigliamento asettico. Aliquid.
- R. Rizzo. 1998. La sicurezza degli impianti industriali. Edizioni Scientifiche Italiane. Napoli.
- R. Rizzo, 2006. Scienza e Tecnologia della acque minerali e delle bevande. Chiriotti Editori, Vol. V "Le tecnologie di preparazione, confezionamento e imballaggio delle acque minerali e delle bevande", Pinerolo (TO).
- R. Rizzo, 2006. Scienza e Tecnologia della acque minerali e delle bevande. Chiriotti Editori, Vol. VI "Igiene, qualità e sicurezza nella produzione delle acque minerali e delle bevande", Pinerolo (TO).
- R. Wegner, F. Caron. 1997. Studio di Fattibilità, layout e simulazione. Ed. CUSL. Milano.
- R.J. Tersine. 1985. Production/operations management. North Holland. New York.
- S. Brasini, M. Freo, F. Tassinari, G. Tassinari. 2003. Statistica aziendale e analisi di mercato. Il Mulino. Bologna.
- S. Zani. 1994-2000. Analisi dei dati statistici. Giuffré. Milano.
- V. Zignoli. Impianti meccanici. Hoepli. Milano.
- V. Zignoli. Tecnica ed economia della produzione. Hoepli. Milano.

*Quando facciamo progetti per la posterità,
dovremmo ricordare che la virtù
non è ereditaria.*

Thomas Paine

LA VALUTAZIONE DEGLI INVESTIMENTI

Prof. Dott. Alberto Petroni¹

19.1. PRINCIPI FONDAMENTALI

19.1.1. Introduzione

Possiamo pensare ad un investimento aziendale come alla immobilizzazione di un certo quantitativo di risorse finanziarie per realizzare un determinato progetto che viene effettuata inizialmente con la prospettiva che i flussi di reddito che il progetto è in grado di generare nel futuro saranno di tale entità da remunerare le risorse investite. Il futuro livello del reddito generato dal progetto dovrà essere tale da giustificare il rischio che il management aziendale assume nell'effettuare l'investimento.

Alcuni tipici esempi di investimento aziendale sono i seguenti:

- ✓ acquisto di un nuovo impianto/stabilimento che utilizzano la stessa tecnologia e che affiancano quelli attualmente in uso (investimenti di espansione);
- ✓ rimpiazzo delle linee di produzione con linee tecnologicamente più avanzate (investimenti di sostituzione);
- ✓ investimenti in automazione per la riduzione dei costi/miglioramento della qualità dei prodotti e dei processi produttivi;
- ✓ scelta della soluzione tecnologica (macchine /impianti) più appropriata per raggiungere un certo obiettivo (scelta di tecnologia);
- ✓ sviluppo di nuovi prodotti da aggiungere alla gamma attuale (investimenti per l'ampliamento dell'offerta);
- ✓ le caratteristiche elettive di un investimento sono che esso:
- ✓ richiede, solitamente, notevoli impieghi iniziali di risorse finanziarie;
- ✓ genera risultati dagli esiti incerti e che spesso si concretizzano lungo un orizzonte temporale ampio;
- ✓ è difficilmente reversibile.

Consideriamo, a titolo di esempio, il seguente progetto di investimento:

Caso Valves S.p.A. (1)

La Valves Spa opera nel settore delle valvole per industria alimentare. Il processo produttivo si articola su due reparti: "valvole igieniche per prodotto", e "valvole per fluidi di processo".

¹ Ordinario di Ingegneria Economico-Gestionale, Università di Parma.

Attualmente la produzione di ogni valvola richiede mediamente:

- 300 € di materiali diretti;
- 250 € di costo del lavoro;
- 20 € di energia.

La percentuale di incidenza dell'entità magazzino sulle unità vendute è pari al 10%.

Con riferimento alla linea di prodotti "valvole per fluidi di processo", la previsione della domanda per i 6 anni a venire è riportata in **tab. 19.I**, unitamente ad altri dati economici:

Dati economici previsionali relativi alla produzione/vendita del prodotto "pensile" (caso base - senza effettuare l'investimento):

	Anni					
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
Domanda mercato (unità)	5.200	5.500	5.700	5.700	5.700	5.500
Prezzo medio di vendita (€)	900	1.000	1.000	1.100	1.100	1.000
Previsione Ricavi di vendita (€)	468.000	468.000	468.000	468.000	468.000	468.000
Previsione entità delle rimanenze finali di prodotto finito (unità)	520	550	570	570	570	550
Previsione valore delle rimanenze finali prodotto finito (€)	468.000	550.000	570.000	627.000	627.000	550.000
Previsione produzione (unità)	5.720	6.050	6.270	6.270	6.270	6.050
Previsione costo del lavoro (€)	1.430.000	1.512.500	1.567.500	1.567.500	1.567.500	1.512.500
Previsione costo per materiali diretti (€)	1.716.000	1.815.000	1.881.000	1.881.000	1.881.000	1.815.000
Previsione costo energia (€)	114.400	121.000	125.400	125.400	125.400	121.000

Tab. 19.I - Previsione della domanda e dati economici relativamente a valvole per fluidi di processo.

Con riferimento alla linea di prodotti "valvole per fluidi di processo", nel corso dell'anno t₀, in considerazione della notevole crescita del mercato estero, il management sta valutando se investire in un nuovo impianto fortemente automatizzato che consenta all'azienda di perseguire strategie di riduzione dei costi.

L'esborso iniziale per l'acquisto dell'impianto sarebbe pari a € 900.000 e l'impianto stesso potrebbe essere operativo per 6 anni, dopodiché verrebbe rivenduto per un corrispettivo pari a € 100.000.

A supporto della decisione è stato commissionato uno studio di fattibilità del costo di 20.000 € di cui 10.000 € sono da saldare entro giugno di t₁.

In ragione del maggior livello di automazione e di efficienza (riduzione scarti e sfridi), nell'ipotesi di effettuare l'investimento, i dati di produzione si modificherebbero secondo la **tab. 19.II**:

Esborso iniziale per acquisto della linea (€)	900.000
Tasso di incremento annuo del prezzo di vendita del prodotto finito	2%
Tasso di incremento delle vendite di prodotti finiti	2%
Percentuale di incidenza dell'entità magazzino sulle unità vendute	10%
Costo del lavoro per unità di prodotto (€)	220
Costo energia per unità di prodotto (€)	45
Costo materiali diretti per unità di prodotto (€)	280

Tab. 19.II - Variazione dei dati di produzione a seguito dell'investimento.

Gli addetti non più impiegati nel reparto "valvole per fluidi di processo" possono essere trasferiti al reparto "valvole igieniche per prodotto", che risulta in carenza di manodopera.

Oltre ai vantaggi di costo, la nuova linea di produzione genererebbe benefici anche in termini di maggiore qualità del prodotto finito e maggiore produttività. Tale innalzamento delle prestazioni operative si tradurrebbe nelle stime del management in una crescita delle vendite annue del 2% e nella possibilità di innalzare i prezzi annuali di vendita mediamente di 2 punti percentuali.

Quello illustrato, può essere classificato come investimento in automazione. Come possiamo affrontare il problema della valutazione della convenienza ad effettuare l'investimento per la Valves SpA?

Il principio generale su cui basare tale valutazione è relativo al confronto tra i benefici futuri generati dall'investimento, spesso incerti, e gli sforzi iniziali e i costi che si manifestano successivamente associati all'investimento stesso. Con riferimento all'esempio proposto dalla società Valves, i benefici generati dall'investimento sono riferibili all'aumento della produttività della linea produttiva, all'incremento dei livelli di qualità del prodotto ed alla riduzione dei complessivi costi di produzione. Gli oneri legati alla decisione di effettuare l'investimento possono, viceversa, essere ricondotti all'esborso iniziale, alla necessità di sostenere costi di ammortamento ed all'incremento del valore delle rimanenze di prodotto finito.

19.1.2. Le regole fondamentali per la valutazione degli investimenti

Prima di addentrarci negli aspetti tecnici ed operativi della valutazione degli investimenti, è necessaria illustrare alcune regole fondamentali che devono essere seguite per una corretta impostazione della valutazione stessa. Tali regole sono riportate di seguito.

Regola 1: considerare esclusivamente oneri e benefici differenziali.

Gli oneri e i benefici associati ad un investimento sono "differenziali" allorquando rappresentino una reale conseguenza della decisione di intraprendere un progetto aziendale. La prima regola richiede, pertanto, che vengano considerati esclusivamente i costi e i ricavi che si generano solo se il progetto venga realizzato.

Una prima conseguenza di tale affermazione è relativa al fatto che, ai fini della valutazione dell'investimento, sia necessario, preliminarmente, calcolare il valore differenziale di eventuali ricavi e costi rispetto al cosiddetto status quo, ovvero la situazione aziendale attuale in assenza dell'investimento. La valutazione è, quindi, operata in relazione ad uno scenario di riferimento che viene usualmente indicato come "caso base".

La prima regola richiede, pertanto, una preliminare comprensione del mondo e della misura con cui l'investimento, se effettuato, impatterebbe sulle attività produttive, commerciali ed amministrative dell'azienda. In concreto, dovranno essere oggetto di analisi gli eventuali ricavi che verrebbero meno a seguito della realizzazione dell'investimento (onere differenziale) così come l'eventuale riduzione di costo che esso comporterebbe (beneficio differenziale). Per illustrare meglio tale concetto, valgono i seguenti tre esempi.

Esempio a: il lancio di un nuovo prodotto sul mercato potrebbe comportare la "cannibalizzazione" di un prodotto preesistente. La realizzazione dell'investimento comporterebbe la rinuncia ai ricavi che l'azienda avrebbe conseguito continuando la produzione e commercializzazione del prodotto preesistente. Anche nell'ipotesi in cui l'azienda continuasse nella produzione dei prodotti attualmente in gamma, l'introduzione di un nuovo prodotto potrebbe comunque comportare una contrazione del fatturato ad essi relativo. La misura di tale contrazione rappresenterebbe, quindi, un onere differenziale di cui tenere conto nella valutazione dell'investimento.

Esempio b: si ipotizzi che un'impresa abbia la disponibilità di un brevetto industriale che potrebbe essere sfruttato commercialmente. Le due opzioni relative che l'impresa è chiamata a valutare in maniera differenziale sono relative alla vendita del brevetto stesso oppure al suo utilizzo a fini produttivi. Le mancate entrate finanziarie conseguenti alla vendita si configurerebbero come un onere differenziale.

Esempio c: Un'impresa deve decidere se effettuare un investimento di rimpiazzo di un macchinario obsoleto. La sua sostituzione comporterebbe la riduzione dell'importo dei costi di esercizio. Il valore di tale riduzione potrebbe correttamente essere considerato come un beneficio differenziale.

Una ulteriore conseguenza dell'applicazione della regola di cui stiamo

trattando è che, nella valutazione degli investimenti, non debbano essere considerati i cosiddetti "costi affondati", ovvero i costi che l'impresa abbia già sostenuto al momento della decisione.

Con riferimento al caso Valves SpA sopra introdotto, si potrebbe, a titolo di esempio, fare riferimento al sostenimento dei costi relativi alla analisi di fattibilità dell'investimento (nonostante una quota debba essere ancora pagata) che serve a raccogliere i dati necessari per poter effettuare in una fase successiva la decisione di investimento.

Caso Valves S.p.A. (2)

Nel caso in oggetto i benefici che a diverso titolo sono legati all'investimento sono:

- ✓ incremento del prezzo medio di vendita dei pensili;
- ✓ incremento della quota di mercato;
- ✓ incremento di efficienza che comporta una riduzione dell'impiego unitario di materiali diretti e di manodopera diretta.

Tutti questi elementi possono essere considerati come differenziali, anche la riduzione dell'impiego unitario di manodopera. Qualora non fosse stato possibile spostare forza lavoro ad altro reparto, tale valore non sarebbe potuto essere considerato come differenziale.

Viceversa i maggiori oneri associati all'investimento sono:

- ✓ l'esborso iniziale per l'acquisto dell'impianto;
- ✓ l'incremento dei costi unitari per energia;
- ✓ l'incremento nel livello delle scorte, che, rappresentando un elemento del capitale circolante, comporta l'immobilizzazione di risorse finanziarie;
- ✓ maggiori costi per il pagamento di imposte "operative", ossia legate al miglioramento del reddito operativo (maggiori ricavi e minori costi);
- ✓ sostenimento di costi per la realizzazione dello studio di fattibilità. Tutti questi elementi sono differenziali ad eccezione dell'ultimo. Si tratta, infatti, di costo affondato, nonostante l'importo ad esso relativo sia ancora da saldare in parte.

Per quantificare benefici ed oneri differenziali, si effettua la stima previsionale, per i 6 anni della vita economica della nuova linea di produzione, di:

- numero di unità vendute,
- prezzi di vendita annuali;
- rimanenze di magazzino (a quantità ed a valore);
- volumi di produzione;
- ricavi di vendita;
- costi del lavoro,
- costi per materiali diretti
- costi per energia

I dati economici previsionali relativi alla produzione/vendita del prodotto "valvole per fluidi di processo" nel caso differenziale - effettuando l'investimento, sono riportati in **tab. 19.III**:

	Anni					
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
Domanda mercato (unità)	5.304	5.610	5.814	5.814	5.814	5.610
Prezzo medio di vendita (€)	918	1.020	1.020	1.122	1.122	1.020
Previsione Ricavi di vendita (€)	4.869.072	5.722.200	5.930.280	6.523.308	6.523.308	5.722.200
Previsione entità delle rimanenze finali di prodotto finito (unità)	530,4	561	581	581	581	561
Previsione valore delle rimanenze finali prodotto finito (€)	486.907	514.998	533.725	533.725	533.725	514.998
Previsione produzione (unità)	5.834,4	6.171	6.395	6.395	6.395	6.171
Previsione costo del lavoro (€)	1.283.568	1.357.620	1.406.998	1.406.998	1.406.998	1.357.620
Previsione costo per materiali diretti (€)	1.633.632	1.727.880	1.790.712	1.790.712	1.790.712	1.727.880
Previsione costo energia (€)	262.548	277.695	287.793	287.793	287.793	277.695

Tab. 19.III - Dati economici previsionali relativi alla produzione/vendita di valvole per fluidi di processo.

Procediamo quindi a determinare, per i 6 anni, benefici ed oneri differenziali confrontando le stime del caso base con quelle relative all'ipotesi di effettuare l'investimento (tab. 19.IV).

Per la costruzione della tab. 19.IV si è formulata l'ipotesi che la linea di produzione venga ammortizzata a rate costanti nel corso della vita economica del bene. La quota di ammortamento annuale è, pertanto, pari a 150.000 euro (900.000/6).

I valori annui corrispondenti alle maggiori imposte "operative", sono stati determinati secondo quanto riportato in tab. 19.V (ipotizzando che il valore medio della aliquota fiscale sia pari al 40%).

Regola 2: costruire una corretta sequenza temporale dei valori differenziali.

Tale regola implica che benefici e oneri differenziali dell'investimento siano temporalmente collocati in sequenza.

Per far ciò, è necessario procedere alla stima della cosiddetta "vita economica" dell'investimento, ovvero la durata del progetto misurata in termini di numero di anni che trascorreranno tra il momento dell'esborso iniziale ed il momento in cui l'investimento produrrà l'ultimo dei suoi benefici. Conseguentemente possiamo individuare come "orizzonte temporale" dell'investimento il momento in cui viene a cessare la vita economica del progetto.

	Anni						
	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
Oneri differenziali							
Esborso iniziale per l'acquisto della linea (€)	900.000	0	0	0	0	0	0
Maggiori costi per energia (€)	0	148.148	156.695	162.393	162.393	162.393	156.695
Maggiori ammortamenti operativi (€)	0	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
Maggior valore delle rimanenze di prodotto finito (€)	0	18.907	- 35.002	36.275	93.275	93.275	- 35.002
Costo dello studio di fattibilità (€)	20.000						
Maggiori imposte "operative" (€)	0	55.452	74.238	74.966	76.686	76.686	95.511
Benefici differenziali	0						
Maggiori ricavi di vendita (€)	0	189.072	222.200	230.280	253.308	253.308	222.200
Minore costo del lavoro (€)	0	146.432	154.880	160.512	160.512	160.512	154.880
Minori costi per materiali diretti (€)	0	82.368	87.120	90.288	90.288	90.288	87.120
Incasso da cessione della linea (€)	0	0	0	0	0	0	100.000

Tab. 19.IV - Valutazione benefici ed oneri differenziali.

	Anni						
	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
Uscite di cassa per imposte differenziali (€)	0	55.452	74.238	74.966	76.686	76.686	95.511
Maggiori ricavi di vendita (€)	0	189.072	222.200	230.280	253.308	253.308	222.200
Minore costo del lavoro (€)	0	146.432	154.880	160.512	160.512	160.512	154.880
Minori costi per materiali diretti (€)	0	82.368	87.120	90.288	90.288	90.288	87.120
Maggiori costi per energia (€)	0	148.148	156.695	162.393	162.393	162.393	156.695
Variazione rimanenze differenziali (rimanenze finali - rimanenze iniziali) (€)	0	18.907	28.091	18.727	-	-	18.727
Margine operativo lordo differenziale (€)	0	288.631	335.596	337.414	341.715	341.715	288.778
Maggiori ammortamenti operativi (€)	0	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
Plusvalenze da cessione della linea (€)	0						100.000
Maggiore reddito operativo imponibile (€)	0	138.631	185.596	187.414	191.715	191.715	238.778
Aliquota fiscale (€)	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%

Tab. 19.V - Valutazione maggiori imposte operative annue.

Il concetto di "investimento strategico" fa riferimento alla realizzazione di un progetto in grado di modificare stabilmente l'orientamento strategico dell'impresa (si pensi, a titolo di esempio, ad un progetto relativo allo sviluppo di una innovativa combinazione prodotto/mercato/tecnologia). Nonostante risulti spesso molto complicato se non impossibile stabilire a priori l'orizzonte temporale lungo il quale si manifesteranno benefici e oneri differenziali, anche in questo caso si ipotizza una vita economica del progetto definita da uno specifico numero massimo di anni.

È da sottolineare che i concetti di "vita economica" e "vita fisica" di una immobilizzazione tecnica (ad esempio un macchinario) non necessariamente coincidono. Il concetto di vita fisica (o tecnica) è relativo al periodo temporale trascorrerà prima che il macchinario diventerà inutilizzabile. In questo senso, la vita fisica rappresenta il limite superiore che può essere, anche sensibilmente, maggiore rispetto alla vita economica (che è in funzione del grado di obsolescenza tecnologica della macchina). La vita economica, in altri termini, può essere funzione del progresso tecnologico (innovazione tecnologica) e/o della modifica dei gusti e delle preferenze dei consumatori nei confronti di prodotti realizzati con macchinari "superati". Una corretta impostazione del problema della valutazione dell'investimento richiede che le venga considerata la vita economica. Se, a titolo di esempio, la vita fisica di un bene fosse di 8 anni, ma se ne prevedesse l'obsolescenza tecnologica in 4 anni, allora l'orizzonte temporale in base al quale effettuare la valutazione dell'investimento sarebbe di 4 anni.

Regola 3: la sequenza temporale dei valori da attualizzare segue il criterio della cassa e non della competenza.

Tale regola implica che la collocazione degli elementi differenziali di un investimento devono essere collocati sull'asse temporale che rappresenta la vita economica del progetto con riferimento al momento in cui si manifesta effettivamente l'entrata di cassa (associata ad un beneficio differenziale) o l'uscita di cassa (associata ad un onere differenziale). Dal momento, quindi, che non rilevano i componenti positivi e/o negativi del reddito differenziale generato da un investimento (ricavi e/o i costi differenziali) ma esclusivamente gli elementi monetari, possiamo affermare che la valutazione degli investimenti deve basarsi su criteri finanziari e non economici.

Dalla precedente esposizione delle tematiche di contabilità e bilancio siamo consapevoli che non esiste necessariamente una coincidenza tra ciclo economico e ciclo monetario, nel senso che un costo (o un ricavo) potrebbe dar luogo alla corrispondente uscita di cassa (o entrata di cassa) con un certo ritardo temporale (al limite in anni successivi al manifestarsi del valore economico).

Nella valutazione degli investimenti sono, pertanto, considerati i cosiddetti "flussi di cassa" annuali, che possono essere definiti, in prima approssimazione ed in attesa di una più compiuta descrizione che verrà fornita più oltre, come la differenza tra le componenti monetarie positive e negative associate ai benefici/oneri differenziali.

Regola 4: necessità di confrontare benefici/oneri riconducendoli ad uno stesso istante temporale.

Come affermato in precedenza, il principio fondamentale su cui si fonda la valutazione dell'investimento è quello del confronto tra benefici e oneri differenziali. Tale principio pone la questione relativa alla possibilità di confrontare valori differenziali che si manifestano in momenti diversi.

La quarta regola postula, pertanto, la necessità di ricondurre gli elementi differenziali di un investimento (flussi di cassa) ad un unico istante temporale. Per comprendere appieno tale punto, è necessario fare riferimento al concetto di "valore finanziario del tempo". Esso potrebbe essere sinteticamente riassunto nella considerazione che il valore di una somma di denaro varia in funzione nel momento in cui essa viene resa disponibile all'impresa che effettua l'investimento che l'ha generata. Il motto secondo cui "vale più un euro oggi che un euro domani" esemplifica efficacemente tale concetto.

La spiegazione di ciò può essere ricondotta a due ordini di motivazioni:

- ✓ vi è una naturale preferenza da parte degli individui di poter avere la disponibilità immediata di una somma di denaro rispetto ad una disponibilità futura che è caratterizzata, sempre, da elementi di incertezza e aleatorietà (rischio);
- ✓ la possibilità di disporre immediatamente di una somma di denaro comporta che essa possa essere reinvestita in ulteriori attività/progetti in grado di generare, a loro volta, ulteriore reddito nel tempo.

Alla luce di quanto esposto, si pone, pertanto, il problema della possibilità di "sommare" flussi di cassa generati dall'investimento in periodi temporali diversi il cui valore, alla luce del concetto di "valore finanziario del tempo", è diverso in funzione nel momento in cui tali flussi si manifestano.

Una possibile soluzione a tale problema è rappresentata dalla possibilità di determinare il cosiddetto "valore attuale" (ossia il valore odierno) di un flusso di cassa che si manifesterà in futuro.

Un esempio può aiutare a comprendere il concetto: supponiamo che un individuo disponga a t_0 di 100.000 €, che vuole investire in uno specifico progetto. Supponiamo che, a parità di rischio, egli abbia individuato una opportunità di investimento redditizia che stima possa consentirgli di ottenere, all'istante t_1 , 110.000 €. Il tasso di rendimento è, pertanto, pari al 10% su base annuale (si dice che 10.000 € costituiscono la rendita del capitale impiegato, mentre la somma di 100.000 € rappresenta il "recupero del capitale inizialmente investito").

Possiamo quindi affermare che le due alternative di i) non effettuare l'investimento e continuare a disporre di € 100.000 a t_0 oppure di ii) investire una somma attualmente disponibile con una rendita attesa pari al 10% a t_0 rappresentano una condizione di indifferenza per l'investitore dal momento che tale potenziale rendita rappresenta la redditività associata al migliore investimento possibile.

Volendo esprimere tale concetto in altro modo, possiamo affermare che disporre attualmente di € 100.000 è "finanziariamente equivalente" a disporre di una somma pari a € 110.000 al termine dell'anno successivo.

In termini formali, indicando con:

- ✓ r il tasso annuo di rendimento della migliore opportunità di investimento,
 - ✓ V_0 = somma disponibile a t_0 ;
 - ✓ V_1 = flusso di cassa ottenibile a t_1 investendo la somma disponibile a t_0 ;
- possiamo quindi scrivere la seguente uguaglianza:

$$V_1 = V_0 (1+r)$$

La quantità di denaro $V_0 = V_1/(1+r)$ rappresenta il valore in moneta odierna (valore attuale) del flusso di cassa V_1 , che si manifesterà fra un anno.

Volendo generalizzare tale uguaglianza nel caso di un orizzonte temporale composto da n anni, se r è il tasso di rendimento su base annua (ipotizzato costante), il valore di un flusso di cassa V_n (detto "montante") che si manifesta dopo n anni è pari a:

$$V_n = V_0 (1+r) + V_1 (1+r) + V_2 (1+r) + \dots + V_{n-1} (1+r) = V_0 (1+r)^n$$

Viceversa, il valore attuale (V_0) di un flusso di cassa V_n che si manifesta dopo anni e anni sarà pari a:

$$V_0 = V_n / (1+r)^n = V_n \times 1 / (1+r)^n$$

Il fattore $1/(1+r)^n$, minore di 1 se r è positivo, è chiamato fattore di "attualizzazione" o di "sconto".

Esso infatti sconta i flussi finanziari futuri, ossia li penalizza per tenere conto del fatto che essi non sono immediatamente disponibili.

Il tasso r è detto anche:

- ✓ tasso di attualizzazione, perché serve ad attualizzare, ossia ad esprimere in moneta attuale (odierna), flussi di cassa futuri;
- ✓ costo opportunità del capitale, perché rappresenta il tasso di rendimento della migliore alternativa cui si rinuncia per investire il capitale in un progetto specifico.

Regola 5: individuare un tasso di attualizzazione che rifletta il profilo di rischio dell'investimento.

Al fine di individuare un corretto tasso di attualizzazione dell'investimento che si intende effettuare, viene fatto riferimento al costo opportunità del capitale ovvero ad un tasso di sconto che sia in grado di riflettere il grado di rischio connesso alle attività svolte nel loro complesso dall'impresa.

Nella prassi, tale tasso coincide con il costo che l'impresa deve sostenere per reperire le fonti di finanziamento necessarie per sostenere l'esborso iniziale relativo al progetto in cui essa intende investire. La fondamentale giustificazione di tale approccio va ricercata nel fatto che il costo che l'impresa deve sostenere per poter reperire le fonti di finanziamento riflettano in maniera adeguata il "grado di rischio" associato al progetto relativo all'investimento che l'impresa stessa intende realizzare. È infatti piuttosto evidente che ad ogni progetto possa es-

sere associato un rischio imprenditoriale (per esempio legato all'evenienza che il mercato non apprezzi un nuovo prodotto nella misura sperata o stimata) ed un rischio operativo (per esempio legato all'evenienza che una nuova linea di produzione possa entrare nella piena operatività in un momento successivo a quello stimato).

Le fonti di finanziamento possono derivare dall'apporto effettuato da parte dei soci (in questa ipotesi l'impresa utilizzerà una parte del proprio patrimonio netto), oppure dall'apporto finanziario proveniente da un ente di credito (finanziamento bancario), oppure da una combinazione di queste due fonti. Nel caso di un apporto che faccia ricorso all'utilizzo di mezzi propri aziendali, si dice che il finanziamento è a "tasso di interesse implicito", nel senso che il rendimento che l'impresa è intenzionata a riconoscere ai soci non è previsto in termini contrattuali. Nel caso, viceversa, di un finanziamento da parte di un ente di credito (ad esempio una banca di credito ordinario), il finanziamento è a "tasso di interesse esplicito", nel senso che le condizioni di rimborso del finanziamento stesso (tra cui il rendimento per il soggetto prestatore di capitali) sono previste contrattualmente.

Il costo opportunità del capitale non è, pertanto, pari solo al tasso di interesse pagato sui debiti finanziari nei confronti degli enti di credito, ma è il costo medio pesato (weighted average cost of capital o WACC) del debito finanziario (debiti ad interesse esplicito, appunto) e dei mezzi propri (finanziamento a tasso di interesse implicito).

La ponderazione riflette l'incidenza relativa in termini percentuali di ciascuna tipologia di fonte di finanziamento sul totale delle fonti di finanziamento (ad interesse implicito ed esplicito).

$$WACC = \frac{E}{E+D} \cdot K_E + \frac{D}{E+D} \cdot K_D$$

dove:

E : ammontare dei mezzi propri aziendali (patrimonio netto) a tasso implicito;

D : ammontare dei debiti finanziari bancari a tasso esplicito;

K_D : costo netto dell'indebitamento finanziario;

K_E : costo del capitale netto.

Se si tiene conto dell'effetto fiscale sul debito (gli interessi sul debito sono deducibili fiscalmente), il costo del debito finanziario può essere riscritto come:

$$K_D = r_D \cdot (1 - ALQ)$$

dove r_D è il tasso di interesse passivo lordo e ALQ l'aliquota fiscale aziendale.

$$WACC = \frac{E}{E+D} \cdot K_E + \frac{D}{E+D} \cdot r_D \cdot (1 - ALQ)$$

Nel calcolo del WACC possono essere seguite due strade a seconda del profilo di rischio da considerare:

- ✓ un primo approccio consiste nel prendere a riferimento il rischio specifico del progetto rispetto al quale si intende valutare l'investimento. Nel determinare il costo opportunità del capitale, si assume implicitamente l'ipotesi che il

rischio associato allo specifico progetto possa essere in grado di modificare il rischio medio aziendale. Tale approccio viene particolarmente seguito allorché il grado di rischio progettuale sia fortemente disallineato rispetto al grado di rischio aziendale. È questo il caso, a titolo di esempio, degli investimenti in progetti di innovazione radicale (i cui esiti in termini commerciali risultano essere soggetti ad una elevata incertezza), così come a investimenti relativi al lancio di un nuovo prodotto su mercati nei quali l'impresa entra per la prima volta.

Ai fini della determinazione del WACC, in questo caso, il riferimento è alla incidenza relativa delle fonti di finanziamento dello specifico progetto. Per la determinazione di r_D si fa riferimento al tasso di interesse richiesto contrattualmente dall'ente creditizio e finanziario specifico progetto. Il costo per il finanziamento da mezzi propri viene, viceversa, determinato facendo riferimento ad una configurazione di "onere figurativo", espresso dalle aspettative di rendimento espresse dal management in relazione allo specifico progetto in cui intende investire. Si potrebbe trattare, in questo caso, di un rendimento pari al valore percentuale allineato al ROE aziendale.

Ad esempio, il WACC di un progetto di investimento che richieda un esborso iniziale per l'acquisto dell'immobilizzazione di 1.000 € finanziati per 600 € tramite indebitamento bancario (ad un interesse lordo del 10% e considerando un'aliquota fiscale del 40%) e 400 € con capitale netto (costituito da azioni ordinarie che hanno avuto un rendimento medio negli ultimi tre anni del 12%), sarà pari a:

$$WACC = \frac{E}{E+D} \cdot K_E + \frac{D}{E+D} \cdot r_D \cdot (1 - ALQ)$$

È piuttosto diffusa la pratica aziendale di utilizzare arbitrariamente tassi di sconto che prendono a riferimento opportuni "valori soglia", determinati attraverso l'applicazione di un incremento percentuale (definito "spread") al WACC di progetto (lo spread potrebbe, in questi casi, essere compreso tra i cinque e i 10 punti percentuali). Questa scelta è motivata dal fatto che il management manifesti una propensione e disponibilità ad effettuare investimenti esclusivamente in progetti che siano in grado di generare un rendimento almeno pari al tasso soglia determinato;

✓ il secondo approccio consiste nel prendere a riferimento una misura del complessivo rischio aziendale. L'ipotesi di fondo, in questo secondo approccio, è che lo specifico rischio progettuale non sia in grado di modificare il rischio medio aziendale dal momento che il primo risulta in linea con il rischio medio del portafoglio dei progetti nei quali l'impresa ha investito in passato. Viene fatto riferimento, in questa seconda ipotesi, alla struttura delle fonti di finanziamento aziendali complessive. Ai fini del calcolo del WACC vengono seguite le seguenti prescrizioni. Per la determinazione di r_D si fa riferimento all'indicatore della onerosità dell'indebitamento finanziario complessivo di azienda, ovvero al rapporto tra l'ammontare degli oneri finanziari riportati in conto economico e l'ammontare dei debiti finanziari riportati in stato patrimoniale. Il costo per il finanziamento da mezzi propri viene, viceversa, determinato facendo

riferimento ad una configurazione di "onere figurativo", espresso dalle attese di rendimento dei soci/azionisti che hanno investito nel capitale di rischio di un'impresa. Nella prassi aziendale, per calcolare tale rendimento "atteso" si utilizza spesso il modello Capital Asset Price Model (CAPM) per la cui trattazione si rinvia ai testi di finanza aziendale. Una alternativa più semplice consiste nel misurare K_E prendendo a riferimento il ROE aziendale che l'impresa ha fatto registrare negli ultimi anni.

Il caso Valves spa esemplifica tale approccio.

Caso Valves spa (3)

L'investimento ha come obiettivo il conseguimento di maggiori livelli di efficienza produttiva e di qualità. Pertanto si può considerare come avente la stessa natura degli investimenti già in essere e come tale a questi conforme in termini di livello di rischio. Si calcola quindi il WACC considerando la struttura finanziaria obiettivo dell'impresa.

Lo stato patrimoniale della Valves spa alla fine dell'anno t_{0-1} riclassificato secondo il criterio funzionale sia quello riportato in **tab. 19.VI**:

Domus S.p.A. - Stato patrimoniale funzionale sintetico			
		Debiti finanziari ad interesse esplicito	4.000.000 €
		Capitale netto	6.000.000 €
Capitale investito	10.000.000 €	Totale	10.000.000 €

Tab. 19.VI - Stato patrimoniale della Valves spa alla fine dell'anno t_{0-1} .

Altri dati utili ai fini del calcolo estratti dal conto economico dello stesso anno sono:

- ✓ Utile netto di esercizio = 720.000 €;
- ✓ Interessi passivi su debiti finanziari = 240.000 €. Utilizzando i dati di bilancio, calcoliamo:
 - Onerosità (costo medio) dell'indebitamento finanziario = Interessi passivi su debiti finanziari / Debiti finanziari ad interesse esplicito = 240.000 € / 4.000.000 € = 6%;
 - ROE = Utile netto di esercizio / Capitale netto = 720.000 € / 6.000.000 € = 12%.
 - Imposte dell'esercizio = 480.000 €.

La struttura finanziaria aziendale è costituita per il 40% da debito bancario e per la quota restante da mezzi propri (**tab. 19.VII**). Il tasso di interesse passivo lordo (r_D) sia pari al 6% mentre il costo opportunità dei mezzi propri (rappresentati prevalentemente nel caso da azioni ordinarie) sia del 12%. L'aliquota fiscale aziendale (ALQ) è pari al 40% (480.000 € / (720.000 € + 480.000 €)).

Calcoliamo dapprima il costo netto dell'indebitamento bancario:

$$K_D = r_D \cdot (1 - ALQ) = 0,06 \cdot (1 - 0,4) = 0,036 = 3,6\%$$

Fonte di finanziamento	Costo del capitale	Peso	Costo medio ponderato
Indebitamento bancario	3,6%	40%	1,44%
Capitale netto	12%	60%	7,20%
Totale		100%	8,64%

Tab. 19.VII - Il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa prospettici sarà quindi pari a 8,64%.

Dal momento che l'investimento dell'azienda in uno specifico progetto è in grado, potenzialmente, di modificare la capacità di credito dell'impresa stessa, il complessivo livello di rischio percepito dall'ente creditizio può aumentare in funzione del fatto che l'investimento venga realizzato o meno. Questo il motivo per cui il tasso di interesse sul finanziamento accordato dalla banca viene determinato sulla base della struttura finanziaria dell'impresa che risulterà a seguito della decisione di investimento. Qualora il finanziamento accordato sia in grado di appesantire significativamente tale struttura finanziaria, la banca richiederà un tasso di interesse più elevato ed il costo opportunità utilizzato ai fini della determinazione del WACC tenderà a lievitare.

Per esempio, se un'impresa è poco indebitata ed ha un costo del capitale azionario pari al 12% e decide di finanziare un progetto di investimento ricorrendo a prestito bancario per il 90% dell'esborso iniziale per l'acquisto dell'immobilizzazione (tasso al 6%, aliquota fiscale del 40%), il costo del capitale "apparente" sarà del 4,44%. Tale conclusione, indurrebbe erroneamente l'impresa a considerare molto conveniente il finanziamento bancario e a sottostimare il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa.

Regola 6: determinare correttamente l'ammontare dell'esborso iniziale per l'acquisto dell'immobilizzazione ed il valore residuo.

Al fine di comprendere appieno il significato di tale regola, si faccia riferimento ad un progetto di investimento consistente nell'acquisizione di un nuovo macchinario. L'esborso iniziale dovrà considerare, oltre alla corresponsione della somma di denaro pattuita per l'acquisizione dell'immobilizzazione tecnica, anche i costi relativi al trasporto, all'installazione, al collaudo ed alla messa in opera della macchina. Se l'acquisto, inoltre, comporta la cessione di macchinario preesistente, gli incassi netti di cessione vanno portati in detrazione dell'investimento differenziale.

Una seconda fattispecie particolarmente critica ai fini dell'applicazione della regola numero sei è relativa alla valutazione dell'investimento in progetti che richiedono un esborso iniziale dilazionato su più anni. La costruzione di un nuovo stabilimento produttivo, ad esempio, potrebbe comportare un esborso iniziale che si concretizza in una serie di uscite di cassa pluriennali. Si rende necessario, in questo caso, procedere all'attualizzazione di tali esborsi utilizzando un tasso di sconto che potrebbe anche sensibilmente differire da quello utilizzato per l'attualizzazione dei flussi di cassa associati agli oneri/benefici futuri diffe-

renziali legati alla gestione negli anni del nuovo stabilimento. Infatti l'incertezza (e quindi il rischio) degli esborsi per la costruzione dell'immobilizzazione è generalmente più bassa dell'incertezza (e quindi del rischio) dei flussi di cassa futuri operativi.

Vi è, ulteriormente, da considerare che l'immobilizzazione oggetto dell'investimento potrebbe avere, al termine della sua vita economica, un valore residuo pari al corrispettivo che l'impresa potrebbe registrare con l'entrata di cassa nel momento in cui l'immobilizzazione stessa venisse venduta sul mercato. Nella valutazione dell'investimento, il valore residuo terminale (al netto dei costi di rimozione/smantellamento) deve essere quindi attualizzato e sommato agli altri flussi di cassa operativi generati dal progetto.

Nel caso degli investimenti che abbiamo definito "strategici", il processo di stima del valore terminale risulta particolarmente complesso a motivo del fatto che i flussi di cassa differenziali possono manifestarsi lungo un orizzonte temporale indeterminato. Si pensi, a titolo di esempio, alla valutazione dell'investimento relativo all'acquisizione di una partecipazione in una impresa, al lancio di un nuovo prodotto oppure ad un progetto relativo allo sviluppo di un nuovo mercato geografico.

Il valore residuo, in questi casi, può essere calcolato secondo due distinti approcci:

1. il primo approccio consiste nel limitare arbitrariamente la vita economica del progetto (per esempio 10-15 anni) e nel procedere alla stima del valore residuo dell'attività secondo le stesse modalità utilizzate nel caso degli investimenti non strategici;
2. il secondo approccio consiste nel suddividere l'orizzonte temporale dell'investimento in due periodi. Per il primo periodo si procede ad una revisione "esplicita" dei flussi di cassa differenziali, mentre per il secondo periodo si ipotizza una durata illimitata dei flussi di cassa differenziali che sono stimati secondo tecniche di previsione sintetica. In particolare, la lunghezza del periodo a previsione esplicita viene determinata in modo tale che al termine del periodo stesso gli effetti differenziali dell'investimento siano stabilizzati. Questa soluzione consente di semplificare notevolmente la procedura di calcolo del valore residuo che risulta pari al valore attuale di una serie illimitata di flussi di cassa dello stesso importo cioè di una rendita perpetua di valore costante. Tale argomento verrà trattato in maniera approfondita nel prosieguo del testo.

Caso Valves S.p.A. (4)

L'esborso iniziale per l'acquisto dell'immobilizzazione è pari a € 1.200.000 mentre il valore residuo è di € 100.000.

La vendita dell'impianto al termine del sesto anno di vita economica genera una plusvalenza per l'impresa. Infatti:

- costo storico di acquisto dell'impianto (A): € 1.200.000;
- valore ammortizzato (B): €200.000 x 6 anni = € 1.200.000;
- valore netto contabile (C = A - B) = € 0;
- prezzo di vendita (D): € 100.000;
- plusvalenza da vendita dell'immobilizzazione (E = D - C): € 100.000.

19.2. ELEMENTI DI MATEMATICA FINANZIARIA

19.2.1. Introduzione

La matematica finanziaria riguarda operazioni finanziarie che danno luogo a esborsi e incassi differiti nel tempo riportandoli allo stesso istante temporale al fine di poterli confrontare.

Nei paragrafi che seguono si illustrano le differenze tra interesse semplice e interesse composto e viene presentata una serie di formule per la valutazione degli investimenti basati sulla logica dell'attualizzazione dei flussi di cassa.

19.2.2. Interesse semplice e composto

Il tasso di interesse (i), è il corrispettivo da corrispondere al soggetto finanziatore (costo del debito). Esso viene misurato in termini percentuali rispetto all'unità di capitale prestato, per unità di tempo (per esempio il 6% annuo). Il periodo temporale utilizzato il suo calcolo può essere rappresentato da un anno - nel qual caso viene definito "tasso nominale di interesse" - o per periodi diversi dall'anno (periodi di interesse).

Il corrispettivo complessivo che viene versato per l'utilizzo del capitale preso a prestito viene definito "interesse" (I) ed è funzione sia della durata del prestito sia dell'ammontare di capitale preso a prestito.

L'interesse può essere semplice o composto. Al fine di comprendere la differenza tra questi due concetti, facciamo ricorso alla seguente trattazione formale.

Indichiamo con:

- CI_0 la somma di denaro preso a prestito (capitale iniziale),
- n il periodo dell'interesse (la durata del prestito),
- i il tasso d'interesse,
- I l'interesse da pagare,
- M_n la somma da restituire dopo n periodi.

Nel caso in cui si stia considerando l'interesse semplice, il suo ammontare (I) sarà proporzionale alla durata del prestito:

$$I = CI_0 \cdot n \cdot i \quad (1)$$

La somma da restituire all'ente finanziatore al termine della durata del prestito (n periodi) sarà pari a:

$$M_n = CI_0 + I = CI_0 \cdot [1 + (n \times i)] \quad (2)$$

Esempio: Supponiamo che vengano utilizzati 1.000 € con interesse semplice al tasso annuale del 16%. Alla fine del primo anno, l'interesse sarà pari a:

$$I = 1.000 \text{ €} \cdot [1 + (1 \cdot 0,16)] = 160 \text{ €}.$$

La somma del capitale più l'interesse, cioè la somma da restituire alla fine dell'anno, è quindi di 1.160 €.

Qualora le condizioni contrattuali di finanziamento prevedono la corrispondenza di un interesse semplice, il capitale da restituire unicamente all'interesse calcolato per tutta la durata del prestito verranno rimborsati esclusivamente nel momento terminale della durata del prestito medesimo.

Convenzionalmente, ai fini del calcolo dell'interesse per una frazione di anno, si ipotizza che quest'ultimo sia composto di 12 mesi di 30 giorni ciascuno.

Esempio: Si ipotizzi che un'impresa abbia preso a prestito un capitale pari a € 1.000 al tasso d'interesse nominale del 16%. Si voglia determinare l'importo degli interessi da corrispondere al termine del primo trimestre (90 giorni) della durata del prestito. Tale importo sarà pari a:

$$I = 1.000 \text{ €} \cdot (90/360) \cdot 0,16 = 40 \text{ €}.$$

Nel caso di interesse composto, viceversa, si assume l'ipotesi che gli interessi maturati al termine di ciascun periodo vengano, a loro volta, prestati nuovamente.

In tal caso la somma da restituire dopo n periodi sarà:

$$M_n = CI_0 \cdot (1 + i)^n \quad (3)$$

Dato un tasso nominale di interesse i_n , qualora il periodo di riferimento sia una frazione di anno, il tasso d'interesse reale i_r per ciascun periodo di utilizzazione è pari al rapporto tra il tasso di interesse nominale (i_n) ed m :

$$i_r = i_n / m \quad (4)$$

dove m è il numero di periodi di capitalizzazione in un anno (per esempio, nel caso si intenda determinare il tasso d'interesse reale trimestrale, m sarà pari a 4).

19.2.3. Capitalizzazione ed attualizzazione

La capitalizzazione è un'operazione di matematica finanziaria mediante la quale è possibile determinare il valore di un capitale disponibile nel futuro (montante) qualora si disponga inizialmente di una certa somma che venga successivamente investita per più periodi.

Si parla di capitalizzazione semplice allorché gli interessi calcolati rispetto al capitale inizialmente disponibile siano semplici, di capitalizzazione composta quando gli interessi vengono calcolati in base alla logica dell'interesse composto.

Se, viceversa, ci poniamo l'obiettivo di determinare il valore attuale di un capitale che si renderà disponibile ad una certa data futura, l'operazione di matematica finanziaria di riferimento è la cosiddetta "attualizzazione". Come già esposto nel precedente capitolo, l'attualizzazione consente di realizzare una equivalenza finanziaria tra capitali che presentano diverse scadenze nel tempo. attraverso l'operazione di attualizzazione siamo, pertanto, in grado di "riportare" e "traslare" somme di denaro disponibili in futuro a loro valore presente.

Possiamo intendere l'attualizzazione come l'operazione inversa rispetto alla capitalizzazione nel senso che il cosiddetto "tasso di sconto" su cui essa si basa è, per definizione, uguale al tasso di capitalizzazione che, applicato al valore attuale determinato, restituisce esattamente il medesimo capitale che si è ipotizzato di avere in futuro.

19.2.4. Formule finanziarie

Vengono illustrate nel prosieguo le principali formule di attualizzazione e capitalizzazione.

Per ricavare tali formule, adottiamo le seguenti convenzioni:

- 1) la fine di un anno e l'inizio dell'anno successivo coincidono;
- 2) CI_0 è determinato all'inizio di un periodo in un istante considerato come presente;
- 3) M_n è determinato al termine dell'n-esimo periodo calcolato a partire da un istante che si suppone il presente;
- 4) indichiamo con R (rata) una serie di rimborsi/pagamenti uguali che avvengono nei periodi successivi al periodo iniziale. Ciascun R è determinato alla fine di ciascun anno del periodo considerato;
- 5) il primo rimborso/pagamento R della serie si verifica un anno dopo CI_0 mentre l'ultimo R della serie si verifica simultaneamente a M_n .

a) Fattore di capitalizzazione composta per un singolo esborso iniziale

Un capitale iniziale CI_0 (nel periodo corrente), ad un tasso d'interesse i, equivale dopo n periodi al montante:

$$M_n = CI_0 \cdot (1 + i)^n \quad (5)$$

Infatti:

Anno	CI	I	M
1	CI_0	$CI_0 \cdot 1 \cdot i$	$CI_0 \cdot (1+i)$
2	$CI_0 \cdot (1+i)$	$CI_0 \cdot (1+i) \cdot 1 \cdot i$	$CI_0 \cdot (1+i)^2$
3	$CI_0 \cdot (1+i)^2$	$CI_0 \cdot (1+i)^2 \cdot 1 \cdot i$	$CI_0 \cdot (1+i)^3$
...
n	$CI_0 \cdot (1+i)^{n-1}$	$CI_0 \cdot (1+i)^{n-1} \cdot 1 \cdot i$	$CI_0 \cdot (1+i)^n$

Tab. 19.VIII - Capitalizzazione composta.

Esempio: Quale montante dopo 4 anni è equivalente ad capitale iniziale di 10.000 € utilizzando un tasso di interesse del 10%?

$$M_n = 10.000 \text{ €} \cdot (1 + 10\%)^4 = 14.641 \text{ €}$$

b) Fattore di attualizzazione composta per un singolo esborso iniziale

Un montante M_n al termine del periodo n, al tasso i, equivale ad un capitale iniziale:

$$CI_0 = M_n \cdot (1 + i)^{-n}$$

La precedente formula indica la relazione inversa rispetto al caso di capitalizzazione composta di cui al punto a) precedente.

Esempio: Quale capitale iniziale è equivalente ad un montante pari a 14.641 € tra 4 anni utilizzando un tasso di interesse del 10%?

$$CI_0 = 14.641 \text{ €} \cdot (1 + 10\%)^{-4} = 10.000 \text{ €}$$

c) Fattore di capitalizzazione composta per una serie di pagamenti uguali

Una serie di esborsi uguali (R) in n periodi successivi al periodo iniziale, al tasso i, equivalgono, nel periodo n, al montante:

$$M_n = R \cdot \frac{[(1+i)^n - 1]}{i} \quad (5)$$

Dimostrazione:

Se procediamo alla capitalizzazione di ciascun R della serie otterremo:

$$M_n = R + R \cdot (1+i) + \dots + R \cdot (1+i)^{n-2} + R \cdot (1+i)^{n-1} \quad (6)$$

da cui, moltiplicando ambo i membri per (1+i):

$$M_n (1+i) = R \cdot (1+i) + \dots + R \cdot (1+i)^{n-1} + R \cdot (1+i)^n \quad (7)$$

Sottraiamo membro a membro le due equazioni precedenti (8) -(7):

$$M_n \cdot i = R \cdot (1+i)^n - R$$

$$M_n = \frac{[R \cdot (1+i)^n - R]}{i} \text{ c.v.d.}$$

Esempio: Quale montante è equivalente a 4 esborsi annui uguali consecutivi di 3.155 € utilizzando un tasso di interesse del 10%?

$$M_n = 3.155 \text{ €} \cdot \frac{[(1+10\%)^4 - 1]}{10\%} = 14.641 \text{ €}$$

d) Fattore delle rate da pagare per costituire una somma composta nel futuro

Un montante M_n riferito al periodo n equivale, al tasso i, ad una serie di esborsi uguali R effettuati per n periodi successivi al corrente. Il valore di ciascun esborso è pari a:

$$R = \frac{M_n \cdot i}{[(1+i)^n - 1]} \quad (8)$$

come si ricava dalla formula del punto precedente.

Esempio: Qual è l'esborso annuo da effettuare per 4 anni consecutivi al fine di ottenere un montante pari a 14.641 € ad un tasso di interesse del 10%?

$$R = \frac{14.641 \text{ €} \cdot 10\%}{[(1+10\%)^4 - 1]} = 3.155 \text{ €}$$

e) Fattore di recupero (o delle rate d'ammortamento) di una serie di pagamenti uguali

Un capitale CI_0 nel periodo corrente equivale, al tasso i , ad una serie di esborsi uguali R effettuati consecutivamente per n periodi successivi al periodo iniziale. Il valore di ciascun esborso è pari a:

$$R = \frac{CI_0 \cdot i \cdot (1+i)^n}{[(1+i)^n - 1]} \quad (9)$$

Dimostrazione:

Mettendo a sistema le precedenti equazioni (9) e (5):

$$\begin{cases} R = \frac{M_n \cdot i}{[(1+i)^n - 1]} \\ M_n = CI_0 \cdot (1+i)^n \end{cases}$$

si ottiene proprio l'equazione (10).

Esempio: Qual è l'importo di ciascuno dei 4 esborsi annui consecutivi da effettuare per recuperare 10.000 € attuali ad un tasso di interesse del 10%?

$$R = \frac{10.000 \text{ €} \cdot 10\% \cdot (1+10\%)^4}{[(1+10\%)^4 - 1]} = 3.155 \text{ €}$$

f) Fattore di attualizzazione per una serie di esborsi uguali

Una serie di esborsi uguali R , effettuati per n periodi consecutivi successivi al periodo iniziale equivalgono, ad un tasso i , al capitale iniziale:

$$CI_0 = R \cdot \frac{[(1+i)^n - 1]}{i(1+i)^n} \quad (10)$$

come si ricava dalla formula del punto precedente.

Esempio: Quale capitale iniziale è equivalente a 4 esborsi annui identici consecutivi di 3.155 € utilizzando un tasso di interesse del 10%?

$$CI_0 = \frac{3.155 \text{ €} \cdot [(1+10\%)^4 - 1]}{10\% (1+10\%)^4} = 10.000 \text{ €}$$

g) Fattore di attualizzazione di una rendita perpetua con incassi consecutive di importo uguale

Una rendita perpetua è costituita da una serie illimitata nel tempo di incassi identici R . Il valore attuale (CI_0) di una rendita perpetua al tasso di interesse i è:

$$CI_0 = \frac{R}{i} \quad (11)$$

Dimostrazione:

$$CI_0 = \frac{R}{(1+i)} + \frac{R}{(1+i)^2} + \frac{R}{(1+i)^3} + \dots$$

Ponendo $\frac{1}{(1+i)} = X$ nell'equazione precedente, si ottiene:

$$CI_0 = R \cdot (X + X^2 + X^3 + \dots) \quad (a)$$

da cui, moltiplicando ambo i membri per X :

$$CI_0 \cdot X = R \cdot (X^2 + X^3 + X^4 + \dots) \quad (b)$$

Sottraendo quindi membro a membro le ultime due equazioni (a)-(b):

$$CI_0 \cdot (1 - X) = R \cdot X$$

da cui:

$$CI_0 = \frac{R \cdot X}{(1 - X)}$$

Ricordando che $\frac{1}{(1+i)} = X$, risulta che $(1-X) = X \times i$, e quindi:

$$CI_0 = \frac{R \cdot X}{i \cdot X}$$

da cui si ricava l'espressione cercata (c.v.d.).

Esempio: Calcolare il valore attuale di una serie illimitata di incassi di importo pari 1.000 € ad un tasso di interesse del 10%.

$$CI_0 = \frac{1.000 \text{ €}}{10\%} = 10.000 \text{ €}$$

h) Fattore di attualizzazione di una rendita perpetua con una serie illimitata di incassi R il cui importo unitario cresce ad un tasso costante

Ipotizziamo che gli incassi consecutivi non siano più tutti uguali ma crescano ad un tasso costante pari a g .

In questo caso il fattore di rendita perpetua diventa:

$$CI_0 = \frac{R}{(i - g)} \quad (12)$$

Esempio: Calcolare il valore attuale di una serie illimitata di incassi di importo iniziale pari 1000 € e crescente del 3% all'anno ad un tasso di interesse del 10%.

$$CI_0 = \frac{1.000 \text{ €}}{(10\% - 3\%)} = 14.286 \text{ €}$$

i) Fattore di attualizzazione di una rendita temporanea con rata di importo fisso

Si tratta di calcolare il valore attuale di una rendita temporanea che sia in grado di assicurare al suo percettore una serie di incassi uguali per n anni.

Una rendita temporanea può essere pensata come la differenza tra:

- una prima rendita perpetua (di incassi costanti e consecutivi) che abbia inizio nello stesso momento della rendita temporanea, e
- una seconda rendita perpetua (di incassi costanti e consecutivi) che abbia inizio nell'anno n, cioè l'ultimo periodo della rendita temporanea.

	Anni di incasso		Valore attuale della rendita
	$t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$	$t_{n+1}, t_{n+2}, t_{n+3}, \dots, +\infty$	
Rendita perpetua con primo incasso a t_1	----->		(R/i)
Rendita perpetua con primo incasso a t_{n+1}		----->	(R/i) · [1/(1+i) ⁿ]
Rendita temporanea con incassi da t_1 a t_n	----->		(R/i) - (R/i) · [1/(1+i) ⁿ]

Tab. 19.IX - Attualizzazione delle rendite.

Alla luce di ciò, il valore attuale di una rendita temporanea viene calcolato come:

$$CI_0 = \left[\frac{1}{i} - \frac{1}{i(1+i)^n} \right] \cdot R \quad (13)$$

Esempio: determinare il valore attuale di una rendita temporanea di 50 anni di una serie di incassi uguali di importo annuo pari a 20.000 €, ad un tasso di interesse del 5%.

Applicando la formula (14) si ha:

$$CI_0 = \left[\frac{1}{5\%} - \frac{1}{5\% (1+5\%)^{50}} \right] \cdot 20.000 \text{ €} = 365.118 \text{ €}$$

Il valore attuale della rendita risulta quindi circa di 366.000 €.

1) Fattore di attualizzazione di una rendita temporanea con incasso che cresce ad un tasso costante

Nell'ipotesi in cui l'incasso di una rendita temporanea cresca ad un tasso annuale costante g, la formula per determinarne il valore attuale diviene:

$$CI_0 = \left[\frac{1}{i-g} - \frac{1}{i-g} \left(\frac{1+g}{1+i} \right)^n \right] \cdot R \quad (14)$$

Esempio: determinare, considerando un tasso di interesse del 5%, il valore attuale di una rendita di 50 anni consistente in una serie di incassi. Si ipotizzi che l'importo iniziale del primo incasso annuo sia pari a 20.000 € e che esso cresca, negli anni successivi, del 3% all'anno.

Applicando la formula si ha:

$$CI_0 = \left[\frac{1}{5\% - 3\%} - \frac{1}{5\% - 3\%} \left(\frac{1+3\%}{1+5\%} \right)^{50} \right] \cdot 20.000 \text{ €} = 617.707 \text{ €}$$

Il valore attuale della rendita risulta quindi di 617.707 €.

I periodi di capitalizzazione

Il periodo di riferimento per la capitalizzazione, come anticipato ad inizio capitolo, potrebbe essere diverso dall'anno. Si pensi al caso di una banca che utilizzi un tasso attivo trimestrale (quello corrisposto dalla clientela) ed un tasso passivo (quello corrisposto alla clientela) annuale.

Si ipotizzi di dover ricorrere ad un prestito bancario per una somma pari a 1.000 €. La prima banca (banca Y) ci propone un tasso di interesse passivo del 12% annuo capitalizzato trimestralmente che, nel linguaggio bancario, significa applicare un tasso di interesse passivo trimestrale del 3% (come si ricava dalla formula (4)).

$$i_t = i_n / m \quad (4)$$

Applicando la logica della capitalizzazione composta, in generale una somma P al tasso di interesse i capitalizzato m volte nell'anno produce, a fine anno, un montante

$$M_n = CI_0 \cdot (1+i)^n \quad (5)$$

ovvero:

$$M_n = CI_0 \cdot \left(1 + \frac{i}{m} \right)^m \quad (15)$$

Nel nostro esempio, allora prendendo a prestito la somma il primo gennaio avremmo, alla fine dell'anno, un montante pari a:

$$M_n = 1.000 \text{ €} \cdot \left(1 + \frac{12\%}{4} \right)^4 = 1.125,5 \text{ €}$$

che è pari al debito che avremmo avuto nei confronti della banca se avessimo chiesto in prestito la somma di 1.000 € a un tasso annuale del 12,55%. Un tasso di interesse del 12% annuo capitalizzato trimestralmente ossia un tasso trimestrale composto del 3% è pertanto pari ad un tasso effettivo su base annua del 12,55%.

Fatta questa precisazione affrontiamo due problemi.

Il primo problema consiste nella determinazione di quel tasso di interesse di un periodo inferiore all'anno (ad es. semestre, trimestre, mese, ecc.) che è equivalente ad un certo tasso annuale.

In questo caso poniamo la condizione che una certa somma, investita al tasso di interesse nominale, produca lo stesso montante che si otterrebbe investendola a un tasso con intervallo di capitalizzazione più breve (ad es. semestre, trimestre, mese, ecc.).

Indicando con:

- i_m il tasso di interesse del periodo (semestre, trimestre, mese, ecc.);
- i_a il tasso di interesse effettivo su base annua dell'interesse periodale;
- m il numero di periodi nell'anno,
- si può scrivere:

$$\begin{aligned}(1 + i_m)^m &= (1 + i_a)^1 \\ (1 + i_m) &= \sqrt[m]{(1 + i_a)} \\ i_m &= \sqrt[m]{(1 + i_a)} - 1\end{aligned}\quad (16)$$

Esempio: con riferimento al prestito bancario di cui stiamo trattando, vogliamo determinare qual è il tasso mensile capitalizzato. Ricordiamo che il tasso effettivo su base annua non è del 12% ma del 12,55%. Applicando la formula appena ricavata:

$$i_{\text{mensile}} = \sqrt[12]{(1 + 12,55\%)} - 1 = 0,990\%$$

Il secondo problema che affrontiamo consiste nel determinare il tasso effettivo su base annua corrispondente ad un tasso capitalizzato su un periodo inferiore all'anno.

Esempio: con riferimento al prestito bancario di cui stiamo trattando, interpelliamo anche una seconda banca (banca X) che ci propone un tasso di interesse semestrale capitalizzato del 6,2%.

Quale delle due condizioni di prestito bancario è più conveniente?

L'importo della somma presa in prestito è irrilevante ai fini della decisione.

Riprendendo l'uguaglianza più sopra riportata (17), ricaviamo i_a :

$$i_a = (1 + i_m)^m - 1 \quad (17)$$

Determiniamo, applicando tale formula, l'equivalenza su base annua dei due tassi.

Per la banca Y, come già calcolato, il tasso su base annua corrispondente ad un tasso trimestrale capitalizzato del 3% è pari al 12,55%. Per la banca X invece si ottiene:

$$i_a = (1 + 6,2\%)^2 - 1 = 12,78\%$$

La banca Y è, pertanto, quella che applica le condizioni più favorevoli per il prestito.

La metrica dei flussi di cassa

Il flusso di cassa operativo

Le tecniche di valutazione dei progetti di investimento che qui consideriamo sono definite "discounted cash-flow" (DCF), perché si basano sulla determinazione dei flussi di cassa attualizzati (*discounted cash-flow*, appunto) generati dal progetto e relativi alla sequenza temporale dei benefici e degli oneri quantificati in relazione alla intera vita economica del progetto.

Il progetto d'investimento viene, pertanto, considerato nella sua dimensione finanziaria che è, plasticamente, rappresentabile come una sequenza temporale e pluriennale di flussi di cassa operativi (ovvero composti dalle entrate/uscite monetarie riferibili alle operazioni del ciclo operativo di cui si è trattato in precedenti capitoli del presente testo).

Per il calcolo del flusso di cassa operativo annuale si deve fare riferimento alla somma algebrica di tutte le entrate ed uscite differenziali di cassa del periodo associate al progetto di investimento.

Più precisamente tali valori differenziali di cassa sono riconducibili a:

- ricavi e costi differenziali di esercizio che sono idealmente considerati ai fini della determinazione del margine operativo lordo (MOL/EBITDA);
- oneri e/o proventi relativi alla gestione fiscale d'impresa (imposte dirette ed indirette);
- oneri sostenuti dall'impresa per l'acquisizione/costruzione dell'immobilizzazione e proventi che potranno manifestarsi a seguito della sua eventuale alienazione.

La particolare configurazione del flusso di cassa che considera tali valori monetari è denominata, appunto, flusso di cassa operativo.

Ne consegue che nel calcolo del flusso di cassa operativo non vengono presi in considerazione i valori differenziali riferiti:

- agli ammortamenti del cespite oggetto dell'investimento,
- agli accantonamenti a fondi puramente "contabili", ovvero che non implicino una uscita monetaria anche in un momento successivo,
- agli interessi passivi eventualmente maturati sul debito contratto dall'impresa per finanziare il progetto,
- alle eventuali plusvalenze/minusvalenze contabili che possano generarsi a seguito della alienazione del cespite oggetto dell'investimento.

Dal momento che ammortamenti, accantonamenti e plusvalenze/minusvalenze rappresentano componenti positivi e negativi "non monetari" di reddito, possiamo concludere che il flusso di cassa operativo può essere calcolato sulla base di tutti gli oneri/proventi operativi differenziali con la esclusione di quelli non monetari.

Come affermato, l'importo degli interessi passivi maturati sull'eventuale debito (per es. un finanziamento bancario) contratto dall'impresa per finanziare l'investimento viene escluso dal calcolo del flusso di cassa operativo periodale.

Il motivo di ciò è da ricondursi al fatto che gli oneri finanziari sul debito sono considerati nella determinazione del tasso r di attualizzazione, per il calcolo del quale, come illustrato in precedenza, si fa, generalmente, riferimento al costo medio ponderato del capitale (WACC) che già incorpora in sé una misura del costo del reperimento delle fonti finanziarie.

Ammortamenti ed effetto "scudo fiscale"

L'ammortamento dell'immobilizzazione tecnica che è oggetto dell'investimento rappresenta un valore puramente contabile nel senso che esso è il risultato della ripartizione del valore dell'immobilizzazione sugli anni della sua vita economica. Come tale, esso non ha dimensione monetaria.

È, però, di tutta evidenza che la quota di ammortamento periodale ha un effetto monetario "indiretto", nel senso che il suo importo viene comunque considerato ai fini della determinazione del reddito imponibile in relazione al quale viene quantificata l'uscita monetaria relativa al versamento delle imposte dirette da parte dell'impresa.

Il seguente esempio può aiutare a chiarire il concetto.

Si ipotizzi di dover valutare un progetto di investimento a cui sono associati i seguenti valori differenziali stimati per tutta la vita economica del progetto coincidente con un orizzonte temporale di quattro periodi (dati in migliaia di €) (tab. 19.X).

	Vita economica			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
Ricavi differenziali	2000	2200	2500	3000
Costo differenziale per acquisto di materie prime	300	340	360	450
Costo differenziale del lavoro	200	230	230	300
Altri costi differenziali di periodo	80	100	140	200

Tab. 19.X - Valori differenziali del progetto.

Senza considerare la quota di ammortamento del bene e ipotizzando una aliquota di imposta pari al 40%, il reddito netto differenziale generato dal progetto sarebbe pari a quanto riportato in tab. 19.XI.

	Vita economica			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
Risultato ante imposte differenziale	1420	1530	1770	2050
- Imposte operative differenziali	568	612	708	820
Reddito netto differenziale	852	918	1062	1230

Tab. 19.XI - Reddito netto differenziale generato dal progetto.

Considerando un ammortamento fiscale pari a 150.000 €/anno, viceversa si otterrebbe: (tab. 19.XII).

Dal momento che, quindi, l'ammortamento fiscale riduce l'entità del reddito imponibile, esso genera un "effetto scudo fiscale" nel senso che determina una contrazione delle uscite di cassa di origine fiscale (per imposte) attenuando l'impatto "pieno" dell'aliquota di imposta sul reddito.

In sintesi, l'ammortamento non è un elemento che concorre direttamente alla determinazione dei flussi di cassa, ma, in quanto costo di competenza di esercizio, concorre alla quantificazione del reddito imponibile. Influisce pertanto

	Vita economica			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
Ricavi differenziali	2000	2200	2500	3000
Costo differenziale per acquisto di materie prime	300	340	360	450
Costo differenziale del lavoro	200	230	230	300
Altri costi differenziali di periodo	80	100	140	200
Ammortamento fiscale	150	150	150	150
Risultato ante imposte differenziale	1270	1380	1620	1900
- Imposte operative differenziali	508	552	648	760
Reddito netto differenziale	762	828	972	1140

Tab. 19.XII - Reddito netto differenziale.

indirettamente sulle uscite di cassa operative perché attenua l'entità degli esborso relativi al pagamento delle imposte sul reddito.

Accantonamenti a fondi contabili

Eventuali accantonamenti differenziali (si pensi a titolo di esempio agli accantonamenti al TFR per la manodopera assunta a seguito della decisione di investimento, o ancora ad eventuali accantonamenti differenziali al fondo manutenzione straordinaria) non vengono, come tali, considerati ai fini del calcolo del flusso di cassa operativo periodale. Si considereranno, viceversa, le uscite di cassa relative a tali accantonamenti nel momento in cui effettivamente l'impresa contabilizzerà il pagamento della quota TFR maturata dal personale o l'esborso relativo agli interventi di manutenzione straordinaria. Tuttavia, anche nel caso degli accantonamenti ai vari fondi, valgono le considerazioni sull'effetto scudo fiscale più sopra illustrate con riferimento agli ammortamenti.

Tornando all'esempio più sopra esposto, si ipotizzi che l'impresa effettui accantonamenti nei periodi t₁, t₂, t₃ accantonamenti TFR costanti pari a 20.000 €/anno, mentre nel periodo t₄ proceda al pagamento del TFR maturato dalla forza lavoro per 40.000 €. Il prospetto del reddito netto differenziale verrà modificato come riportato in tab. 19.XIII.

Plusvalenze/minusvalenze contabili

Per ciò che attiene ad eventuali plusvalenze/minusvalenze contabili, si rammenta che tali valori hanno natura puramente contabile dal momento che i relativi importi sono pari alla differenza (positiva per le plusvalenze o negativa per le minusvalenze) tra il corrispettivo incassato dall'impresa a seguito della alienazione di una immobilizzazione ed il suo valore netto contabile (che a sua volta è pari alla differenza tra il costo storico di acquisto/realizzazione del bene ed il valore fino a quel momento ammortizzato). Alla luce di tale considerazione,

	Vita economica			
	t_1	t_2	t_3	t_4
Ricavi differenziali	2000	2200	2500	3000
Costo differenziale per acquisto di materie prime	300	340	360	450
Costo differenziale del lavoro	200	230	230	300
Altri costi differenziali di periodo	80	100	140	200
Ammortamento fiscale	150	150	150	150
Corresponsione TFR				40
Risultato ante imposte differenziale	1270	1380	1620	1860
- Imposte operative differenziali	508	552	648	744
Reddito netto differenziale	762	828	972	1116

Tab. 19.XIII - *Variazione prospetto reddito netto differenziale.*

esse non presentano una dimensione monetaria e pertanto non concorrono direttamente alla determinazione dei flussi di cassa, ma solo indirettamente perché incidono sugli esborsi di cassa relativi al pagamento delle imposte sul reddito nel periodo in cui vengono contabilizzate. In particolare, la contabilizzazione di una plusvalenza da alienazione di un cespite determinerà un incremento del reddito imponibile, mentre una minusvalenza comporterà una contrazione del reddito imponibile.

Nell'esempio considerato in precedenza, si consideri l'ulteriore ipotesi che il bene oggetto di investimento venga venduto sul mercato nel periodo t_4 consentendo all'impresa di contabilizzare una plusvalenza pari a 90.000 €. Il prospetto del reddito netto differenziale verrà ulteriormente modificato come in **tab. 19.XIV**.

	Vita economica			
	t_1	t_2	t_3	t_4
Ricavi differenziali	2000	2200	2500	3000
Costo differenziale per acquisto di materie prime	300	340	360	450
Costo differenziale del lavoro	200	230	230	300
Altri costi differenziali di periodo	80	100	140	200
Ammortamento fiscale	150	150	150	150
Corresponsione TFR				40
Plusvalenza				90
Risultato ante imposte differenziale	1270	1380	1620	1950
- Imposte operative differenziali	508	552	648	780
Reddito netto differenziale	762	828	972	1170

Tab. 19.XIV - *Variazione prospetto reddito netto differenziale.*

Interessi passivi

Gli interessi passivi sul debito di finanziamento, come detto, non entrano in gioco né direttamente né indirettamente nel calcolo dei flussi di cassa operativi ai fini della valutazione di un progetto di investimento. Qualora un'impresa abbia fatto ricorso all'indebitamento verso un ente finanziatore per poter effettuare l'investimento, i flussi di cassa operativi periodali escludono qualunque movimento monetario legato al pagamento di interessi o alla restituzione del debito in conto capitale.

La motivazione è che, nel calcolo della convenienza economica di un investimento, il costo dell'indebitamento verso terzi è già considerato nel computo del WACC (costo medio ponderato del capitale) utilizzato per attualizzare i flussi di cassa. È di tutta evidenza che, allorquando gli esborsi relativi agli oneri finanziari fossero considerati, la valutazione del progetto d'investimento risulterebbe penalizzata, dal momento che entrerebbero in gioco due volte gli effetti dell'indebitamento. Gli oneri finanziari periodali verrebbero conteggiati sia come elemento negativo del flusso di cassa (numeratore del flusso di cassa attualizzato), sia come fattore di attualizzazione (denominatore del flusso di cassa attualizzato).

Interessi passivi

Gli interessi passivi sul debito di finanziamento, come detto, non entrano in gioco né direttamente né indirettamente nel calcolo dei flussi di cassa operativi ai fini della valutazione di un progetto di investimento. Qualora un'impresa abbia fatto ricorso all'indebitamento verso un ente finanziatore per poter effettuare l'investimento, i flussi di cassa operativi periodali escludono qualunque movimento monetario legato al pagamento di interessi o alla restituzione del debito in conto capitale.

La motivazione è che, nel calcolo della convenienza economica di un investimento, il costo dell'indebitamento verso terzi è già considerato nel computo del WACC (costo medio ponderato del capitale) utilizzato per attualizzare i flussi di cassa. È di tutta evidenza che, allorquando gli esborsi relativi agli oneri finanziari fossero considerati, la valutazione del progetto d'investimento risulterebbe penalizzata, dal momento che entrerebbero in gioco due volte gli effetti dell'indebitamento. Gli oneri finanziari periodali verrebbero conteggiati sia come elemento negativo del flusso di cassa (numeratore del flusso di cassa attualizzato), sia come fattore di attualizzazione (denominatore del flusso di cassa attualizzato).

Il flusso di cassa operativo ha quindi il pregio di non dipendere dalle scelte di finanziamento dell'investimento delle quali si tiene conto esclusivamente attraverso il calcolo del fattore di attualizzazione che fa riferimento al costo medio ponderato del capitale (WACC).

Calcolo dei flussi di cassa operativi: metodo indiretto

Siano:

- FCO_t : flusso di cassa operativo dell'anno t -esimo;
- INC_t : incassi per ricavi di vendita differenziali dell'anno t -esimo;
- ESB_t : esborsi per costi operativi monetari differenziali dell'anno t -esimo;
- IMP_t : importi differenziali per imposte pagate nell'anno t -esimo;
- I_t : esborso per acquisto/realizzazione dell'immobilizzazione nell'anno t -esimo;
- V_t : incasso per alienazione dell'immobilizzazione nell'anno t -esimo.

Riprendendo la definizione di flusso di cassa operativo, vale la seguente uguaglianza:

$$FCO_t = INC_t - ESB_t - IMP_t - I_t + V_t$$

Per la determinazione del flusso di cassa operativo possono essere seguiti due approcci distinti: metodo diretto e metodo indiretto.

Il metodo diretto di calcolo del flusso di cassa operativo si fonda sulla stima puntuale ed analitica dell'entità delle componenti monetarie positive e negative e sulla previsione della sequenza temporale delle entrate/uscite di cassa. Raramente nella prassi viene seguito tale approccio al quale viene preferito il metodo indiretto.

La logica del metodo indiretto si fonda sulle relazioni che seguono.

Gli incassi da ricavi dell'anno t-esimo sono pari a²:

$$INC_t = R_t - \Delta CR_t$$

dove:

- R_t : ricavi di vendita differenziali dell'anno t-esimo;
- ΔCR_t : variazione dei crediti commerciali (valore dei crediti commerciali finali meno valore dei crediti commerciali iniziali) nell'anno t-esimo.

Allo stesso modo, per gli esborsi relativi all'utilizzo di materie prime, semilavorati, manodopera ed in generale tutte le diverse forniture di beni e servizi, vale l'uguaglianza:

$$ESB_t = COM_t + \Delta SC_t - \Delta DEB_t$$

dove:

- COM_t : costi operativi monetari dell'anno t-esimo (acquisti di materiali diretti, salari manodopera ecc.);
- ΔSC_t : variazione delle rimanenze di materie prime, semilavorati e prodotti finiti (valore delle rimanenze finali meno valore delle rimanenze iniziali) dell'anno t-esimo;
- ΔDEB_t : variazione debiti di fornitura (valore dei debiti di fornitura finali meno valore dei debiti di fornitura iniziali) dell'anno t-esimo;
- Indichiamo, ulteriormente, con:
- COM_t : costi operativi monetari differenziali dell'anno t-esimo (manodopera, materiali diretti, manutenzione ecc.);
- $CONM_t$: costi operativi non monetari dell'anno t-esimo (ammortamenti ed accantonamenti);
- PL_t : plusvalenze da alienazione delle immobilizzazioni nell'anno t-esimo;
- MIN_t : minusvalenze da alienazione delle immobilizzazioni nell'anno t-esimo;
- RN_t : reddito netto differenziale dell'anno t-esimo;
- ALQ_t : aliquota di imposta dell'anno t-esimo.

² Crediti commerciali iniziali dell'anno t-esimo + ricavi di vendita dell'anno t-esimo - crediti incassati nell'anno t-esimo = crediti finali dell'anno t-esimo.

Secondo la definizione di reddito netto possiamo scrivere:

$$RN_t = R_t - COM_t - CONM_t + PL_t - MIN_t - IMP_t$$

ovvero

$$RN_t = (R_t - COM_t - IMP_t) - CONM_t + PL_t - MIN_t$$

cioè

$$- RN_t + CONM_t - PL_t + MIN_t = (R_t - COM_t - IMP_t)$$

In base alla definizione di flusso di cassa operativo:

$$- FCO_t = INC_t - ESB_t - IMP_t - I_t + V_t$$

$$- FCO_t = R_t - \Delta CR_t - COM_t - \Delta SC_t + \Delta DEB_t - IMP_t - I_t + V_t = (R_t - COM_t - IMP_t) - \Delta CR_t - \Delta SC_t + \Delta DEB_t - I_t + V_t = RN_t + CONM_t - PL_t + MIN_t - \Delta CR_t - \Delta SC_t + \Delta DEB_t - I_t + V_t$$

In base al metodo indiretto, quindi, il flusso di cassa operativo si ottiene rettificando il reddito netto degli ammortamenti/accantonamenti, delle plusvalenze/minusvalenze, della variazione di rimanenze di materie prime, semilavorati e prodotti finiti, dei crediti commerciali e dei debiti di fornitura ed infine degli esborsi/incassi per l'acquisto/alienazione dell'immobilizzazione.

La metrica dei flussi di cassa operativi

La precedente uguaglianza è alla base dello schema di determinazione del flusso di cassa operativo di **tab. 19.XV**:

Definiamo "cash-flow operativo" la grandezza finanziaria che si ottiene sommando algebricamente l'utile netto differenziale, le rettifiche per componenti di reddito non monetarie e le rettifiche per variazioni del capitale circolante.

(A) <i>Reddito netto (RN_t)</i>
·Rettifiche per componenti di reddito non monetarie
+ Ammortamento (CONM _t)
+ Minusvalenze da alienazione dei cespiti (MIN _t)
- Plusvalenze da alienazione dei cespiti (PL _t)
+ Accantonamenti fondi vari (CONM _t)
(B) <i>Totale Rettifiche per componenti di reddito non monetarie</i>
·Rettifiche per variazioni del capitale circolante:
- Δ delle rimanenze (ΔSC _t)
- Δ dei crediti commerciali (ΔCR _t)
+ Δ dei debiti verso fornitori (ΔDEB _t)
(C) <i>Totale Rettifiche per variazioni del capitale circolante</i>
Flusso monetario per acquisto e per alienazioni di immobilizzazioni
- Esborsi per acquisto di immobilizzazioni (I _t)
+ Incassi da cessione di immobilizzazioni (V _t)
(D) <i>Totale flusso monetario per acquisto e per alienazioni di immobilizzazioni (D)</i>
Flusso di cassa operativo totale (A + B + C + D)

Tab. 19.XV - Flusso di cassa operativo.

Indicando con CF_t il cash-flow operativo (dato dalla somma di A + B + C nel precedente prospetto), possiamo riscrivere l'uguaglianza fondamentale del flusso di cassa operativo nel seguente modo:

$$FCO_t = CF_t - (I_t - V_t)$$

In base a tale relazione, il flusso di cassa operativo è pari alla differenza tra cash-flow operativo e la differenza tra esborso per l'acquisto ed incasso per la vendita della immobilizzazione oggetto dell'investimento.

Dal precedente prospetto si evince, inoltre, che una componente fondamentale del flusso di cassa operativo è rappresentata dalle rettifiche per variazioni di capitale circolante.

Spesso, infatti, un nuovo investimento determina una variazione del capitale circolante, definito come:

Capitale circolante netto: attività correnti – passività correnti

ovvero:

Capitale circolante netto: (crediti commerciali di breve termine + entità della cassa + valore delle rimanenze di magazzino) – (debiti di fornitura di breve termine)

Chiariamo tale concetto facendo ricorso ad un esempio.

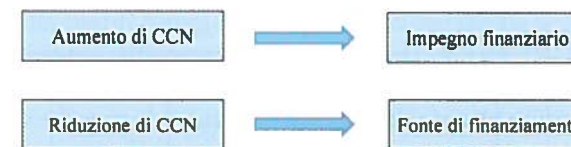
Un'impresa effettua un investimento di espansione acquistando una nuova linea di produzione. Ciò comporta la necessità di ulteriori approvvigionamenti di materiali diretti a cui sarà associato l'incremento dei debiti verso i fornitori. Verrà altresì incrementata la produzione/vendita di prodotti finiti cui si accompagnerà un incremento dell'entità dei crediti commerciali e, verosimilmente, del valore delle rimanenze di magazzino.

Nel suo complesso il capitale circolante netto farà, verosimilmente registrare un incremento. Tale incremento di capitale circolante rappresenta, per l'impresa, uno sforzo finanziario aggiuntivo che è finalizzato a rendere operativo l'investimento effettuato.

Al termine della vita economica dell'investimento (e quindi con la cessazione dell'operatività della linea di produzione), tale variazione del capitale circolante verrà riassorbita per i seguenti motivi:

- man mano che i clienti saldano i propri debiti corrispondendo all'impresa quanto ad essa ancora dovuto, i crediti commerciali torneranno al loro valore originario;
- le precedenti variazioni delle scorte di magazzino di prodotti finiti e materiali diretti verranno progressivamente riassorbite dalle residuali attività di produzione e vendita;
- anche l'entità dei debiti di fornitura si ristabilizzerà al valore originario man mano che l'impresa salderà le spettanze dei fornitori.

Volendo generalizzare il ragionamento, possiamo affermare che l'entità del capitale circolante netto subisce diverse variazioni nel corso della vita economica dell'investimento. L'incremento del CCN implica un impegno finanziario, mentre la sua riduzione genera risorse finanziarie per l'impresa (rappresenta, in questo senso, una fonte di finanziamento).



Alla luce di tali considerazioni, siamo in grado di comprendere l'effetto delle variazioni dei singoli componenti del CCN sul flusso di cassa operativo:

- l'incremento (decremento) dei debiti di fornitura ha segno positivo (negativo) rispetto al flusso di cassa operativo;
- l'incremento (decremento) dei crediti commerciali ha segno negativo (positivo) rispetto al flusso di cassa operativo;
- l'incremento (decremento) delle scorte di magazzino ha segno negativo (positivo) rispetto al flusso di cassa operativo.

Caso Valves S.p.A. (5)

Passo 1: determinazione del reddito netto differenziale del progetto di investimento **tab. 19.XVI.**

	Anni						
	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
Maggiori ricavi di vendita (€)	0	189.072	222.200	230.280	253.308	253.308	222.200
Minore costo del lavoro (€)	0	146.432	154.880	160.512	160.512	160.512	154.880
Minori costi per materiali diretti (€)	0	82.368	87.120	90.288	90.288	90.288	87.120
Maggiori costi per energia (€)	0	148.148	156.695	162.393	162.393	162.393	156.695
Uscite di cassa per imposte operative differenziali (€)	0	55.452	74.238	74.966	76.686	76.686	95.511
Reddito netto differenziale dell'investimento (A) (€)	0	214.272	233.267	243.721	265.029	265.029	211.994

Tab. 19.XVI - Determinazione reddito netto differenziale.

Passo 2: quantificazione delle rettifiche per componenti di reddito non monetarie **tab. 19.XVII.**

Passo 3: quantificazione delle rettifiche per variazione di capitale circolante.

Per poter operare tali rettifiche, è necessario preliminarmente calcolare l'incremento/decremento di crediti e debiti commerciali. A tal fine si considerano i giorni di dilazione del pagamento dei debiti ai fornitori (nel caso specifico pari a 60 gg) ed i giorni di dilazione dell'incasso dei crediti da clienti (pari a 30 gg).

	Anni						
	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
Maggiori ammortamenti operativi (€)	0	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
Plusvalenze da cessione della linea (€)	0	0	0	0	0	0	100.000
Rettifiche per componenti di reddito non monetarie (B) (€)	0	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	50.000

Tab. 19.XVII - Quantificazione delle rettifiche.

Fissando convenzionalmente in 360 il numero di giorni lavorativi di un anno solare, si ricava che la durata media della dilazione di pagamento ai fornitori è pari a 1/6 di anno (60 gg/360 gg) mentre la dilazione media di riscossione dei crediti dai clienti ha una durata pari a 1/12 di anno (30 gg/360 gg).

Possiamo quindi stimare l'importo dei debiti di fornitura e dei crediti commerciali al termine di ciascun periodo della vita economica dell'investimento. A titolo di esempio, per l'anno t₁ otterremo:

- Importo dei debiti di fornitura (t₁) = dilazione media da fornitori x valore totale annuo dei costi differenziali di acquisto di materiali diretti = (1/6) x € 82.368 € = (€ 13.728 €).

	Anni						
	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
Variazione rimanenze differenziali (rimanenze finali - rimanenze iniziali) (€)	0	18.907	28.091	18.727	0	0	- 18.727
Valore debiti differenziali verso fornitori (€)	0	13.728	14.520	15.048	15.048	15.048	14.520
Variazione annuale debiti differenziali verso fornitori (€)	0	13.728	792	528	0	0	5.528
Valore crediti differenziali verso clienti (€)	0	15.576	18.517	19.190	21.109	21.109	18.517
Variazione annuale crediti differenziali verso clienti (€)	0	15.576	2.761	673	1.919	0	- 2.592
Rettifiche per variazione di capitale circolante netto operativo (C) (€)	0	- 20.935	- 30.059	18.873	1.919	0	20.792

Tab. 19.XVIII - Rettifiche per variazione di capitale netto circolante.

- Importo dei crediti commerciali (t₁) = dilazione media a clienti x valore totale annuo dei ricavi differenziali di vendita = (1/12) x € 189.072 € = (€ 15.756 €).
- Per determinare il valore delle rimanenze finali a magazzino di prodotto finito, ricordiamo che il livello medio delle scorte di prodotto finito è pari al 10% dei ricavi di vendita.

A titolo di esempio, per l'anno t₁ otterremo:

Valore delle scorte di magazzino (t₁) = 10% x valore totale annuo dei ricavi di vendita differenziali = 10% x 189.072 € = 18.907 €.

In tab. 19.XVIII sono riportate le rettifiche per variazioni di capitale circolante netto. Giova rammentare che si considerano le variazioni (valore finale - valore iniziale) delle grandezze che costituiscono il CCN, ossia i debiti di fornitura, i crediti ai clienti e le rimanenze di prodotti finiti.

Passo 4: determinazione del flusso monetario per acquisto e cessione dell'immobilizzazione (tab. 19.XIX):

	Anni						
	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
Esborso iniziale per acquisto della linea (€)	900.000	0	0	0	0	0	0
Incasso da cessione della linea (€)	0	0	0	0	0	0	100.000
Flusso monetario per acquisto e per alienazione di immobilizzazioni (€)	900.000	0	0	0	0	0	100.000

Tab. 19.XIX - Flusso monetario.

Passo 5: determinazione del Flusso di cassa operativo (tab. 19.XX):

	Anni						
	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
Flusso di cassa operativo (A+B+C+D)	- 900.000	343.336	352.207	374.849	413.110	415.029	382.785

Tab. 19.XX - Flusso di cassa.

Passo 6: determinazione del flusso di cassa operativo attualizzato (tab. 19.XXI).

Per attualizzare i flussi di cassa operativi di cui al precedente passo, utilizziamo un tasso di attualizzazione del 8,64% pari al costo medio ponderato del capitale (WACC):

	Anni						
	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
Flusso di cassa operativo attualizzato	- 900.000	316.556	300.255	293.797	298.530	276.522	235.146

Tab. 19.XXI - Flusso di cassa operativo attualizzato.

I metodi discounted cash flow

I principali metodi di valutazione degli investimenti

Diversi sono i metodi adottati nella prassi per la valutazione degli investimenti. I criteri di accettazione specificati per ciascuno di questi metodi indicano se un investimento è conveniente o meno per un'azienda. I criteri di ordinamento, viceversa, indicano la convenienza relativa di un investimento rispetto agli altri.

Si distinguono tre famiglie di metodi:

- metodi monetari finanziari (discounted cash flow);
- metodi monetari non finanziari;
- metodi non monetari.

Di seguito si trattano solo i metodi "discounted cash flow", mentre si rinvia ai testi specialistici la trattazione sistematica delle altre due famiglie di tecniche.

Il metodo del valore attuale netto (VAN)

Il metodo del valore attuale netto (VAN) esprime quanta ricchezza, in unità monetarie, verrebbe creata o al contrario distrutta se l'investimento venisse effettuato. Se il VAN di un progetto è maggiore di zero, il progetto stesso genera un ritorno per l'impresa maggiore di quello ottenibile impiegando denaro in progetti alternativi ed aventi il medesimo livello di rischio nel mercato finanziario. Il progetto, in questo senso, crea valore per chi lo effettua, generando un extra-rendimento. Il VAN rappresenta l'unico metodo di valutazione che consideri compiutamente tutti i fattori alla base della corretta valutazione di convenienza: l'entità dei flussi di cassa differenziali attesi, la loro distribuzione temporale, il valore economico del tempo ed, infine, il tasso di attualizzazione espressione del costo del finanziamento coerente con il profilo di rischio dell'investimento. Se il VAN è positivo, infatti, il progetto genera flussi di cassa sufficienti a ripagare i finanziatori (terzi ed azionisti) sia rimborsando il capitale conferito da essi, sia remunerandolo sotto forma di rendimento.

La formula del VAN è la seguente:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FCO_t}{(1+k)^t} \quad (18)$$

dove:

- FCO_t : flusso di cassa operativo al tempo t ;
- k : tasso di attualizzazione corrispondente al costo medio pesato del capitale.

Più in generale, in considerazione del fatto che alcuni progetti prevedono una fase di acquisto/realizzazione dell'immobilizzazione superiore all'unità temporale di riferimento (per esempio lungo un orizzonte temporale di m anni), la formula del VAN viene sostituita dalla seguente:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - \sum_{t=0}^m \frac{I_t}{(1+r)^t} + \frac{V_t}{(1+r)^t} \quad (19)$$

con $m \leq n$;

- I_t : esborso per l'acquisto/realizzazione dell'immobilizzazione al tempo t ;
- V_t : incasso per la cessione dell'immobilizzazione al tempo t ;
- r : tasso di attualizzazione degli esborsi per l'investimento corrispondente al rendimento del capitale investito.

Le due equazioni precedenti differiscono, tra l'altro, per l'utilizzo di due tassi di attualizzazione, uno per i flussi di cassa operativi e l'altro per gli esborsi per la acquisizione/realizzazione dell'immobilizzazione. Quando un soggetto desidera anticipare un'entrata (o posticipare un'uscita) effettua un'operazione finanziaria passiva di raccolta e pagherà il costo del capitale (k) a chi ha finanziato l'operazione. Al contrario un soggetto che posticipa un'entrata (o anticipa un'uscita) effettua un'operazione attiva di impiego e si aspetta un certo rendimento sul capitale (r). Nella prassi, tuttavia, si preferisce utilizzare un unico tasso di attualizzazione corrispondente a k : essendo, infatti, normalmente $r > k$, adottare due tassi comporterebbe una riduzione nel valore attuale delle uscite monetarie con conseguente miglioramento del VAN. In via prudenziale si preferisce dunque attualizzare entrate ed uscite associate al progetto utilizzando esclusivamente il costo del capitale k .

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - \sum_{t=0}^m \frac{I_t}{(1+k)^t} + \frac{V_t}{(1+k)^t} \quad (20)$$

Criterio di accettazione: un investimento è accettabile se il VAN creato è maggiore o uguale a zero. Si accettano solo investimenti che non fanno sprecare le risorse (cioè che rendono almeno k), con l'obiettivo di poter portare avanti nel tempo sempre nuovi progetti e di mantenere aperta l'attività.

Criterio di ordinamento: supponiamo di dover confrontare vari investimenti alternativi (ossia tali per cui solo uno fra essi può essere effettuato): a parità di tasso di attualizzazione, un investimento è migliore di un altro quando presenta un VAN maggiore.

Tra due o più investimenti, risulta preferibile quello che crea maggior ricchezza.

La fig. 19.1 illustra la relazione tra valore attuale netto e costo del capitale.

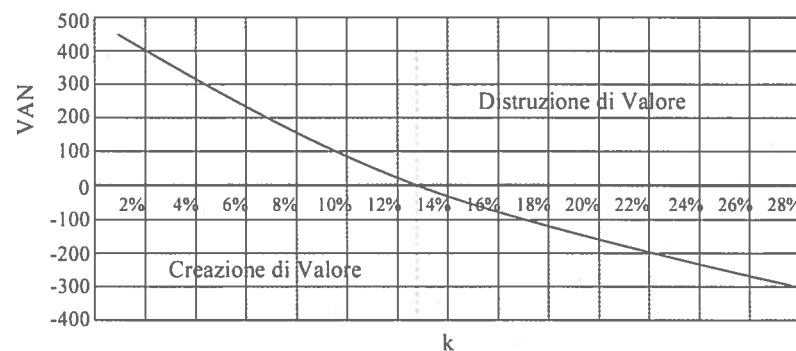


Fig. 19.1 - Relazione tra valore attuale netto e costo del capitale.

Al crescere del tasso di attualizzazione k , diminuisce l'ammontare di ricchezza generata dal progetto perché una quota sempre maggiore dei flussi di cassa è idealmente asservita alla remunerazione richiesta dai conferitori di capitale.

Caso Valves S.p.A. (6)

Calcolo del VAN:

$$\begin{aligned} \text{VAN}_{\text{Domus}} &= \sum_{t=0}^6 \frac{\text{FCO}_t}{(1+8,64\%)^t} = \\ &= -900.000 \text{ €} + 316.556 \text{ €} + 300.255 \text{ €} + 293.797 \text{ €} + 298.530 \text{ €} + 276.522 \text{ €} + 235.146 \text{ €} = \\ &= 820.806 \text{ €} \end{aligned}$$

Esiste un'ipotesi implicita nella formulazione del VAN di cui all'equazione (18) e cioè che i flussi di cassa positivi liberati dal progetto permettono nuovi impieghi a un tasso di rendimento pari al costo del capitale (k).

Infatti:

$$\left(\sum_{t=0}^n \text{FCO}_t \cdot (1+k)^{-t} \right) \times (1+k)^n = \sum_{t=0}^n \frac{\text{FCO}_t}{(1+k)^t} \quad (21)$$

cioè: montante dei flussi attualizzati = VAN.

Un'ulteriore proprietà fondamentale del metodo del VAN è l'additività del valore. Il valore del progetto A di un'impresa sia pari a VMa ed il valore di mercato di un progetto B sia VMb . Il valore dell'impresa che ha effettuato entrambi i progetti di investimento sia VMab , tale che:

$$\text{VMab} = \text{VMa} + \text{VMb}$$

La stessa proprietà vale per un'impresa che sia titolare di un portafoglio di n progetti di investimento. Nell'equazione, il risultato non cambia se si somma o si sottrae da ambo i membri una costante. Per estensione della proprietà additiva possiamo scrivere:

$$\text{VAN A} - \text{VAN B} = \text{VAN (A-B)}$$

Tale relazione matematica fornisce un importante criterio di selezione: se $\text{VAN (A-B)} > 0$ allora la prima alternativa progettuale ha un risultato economico migliore della seconda. Il criterio è particolarmente utile quando i progetti siano associati a costi comuni difficilmente identificabili ma di difficile determinazione analitica di uguale importo nelle due alternative oppure quando i flussi di cassa operativi differenziali considerino solo costi differenziali (essendo i ricavi non identificabili o non rilevanti ai fini dell'analisi).

Esempio

Un'azienda industriale deve valutare tre distinti progetti che non sono contemporaneamente praticabili perché non dispone del personale qualificato necessario. I costi fissi aziendali sono noti ma non quelli variabili che comunque sono ritenuti dal management di identico ammontare per i tre progetti. In base

alla proprietà dell'additività del valore il management considera solo i seguenti flussi di cassa (tab. 19.XXII):

	Data di inizio del progetto	Anno 1	Anno 2
Progetto A	-600	420	400
Progetto B	-200	300	300
Progetto C	-150	200	200

Tab. 19.XXII - Flusso di cassa da stipendi del personale qualificato.

La spesa iniziale è pari agli stipendi dei collaboratori allocati sul progetto mentre nei due anni successivi vengono imputati i soli flussi di cassa dovuti a contratti per le prestazioni professionali richieste. Un progetto esclude l'altro per mancanza di personale qualificato dipendente, quindi per prendere una decisione viene costruita una seconda tabella che considera i flussi differenziali attualizzati ad un costo medio ponderato del capitale pari al 10% (tab. 19.XXIII):

Sulla base di tali risultanze, il progetto B è preferibile agli altri due mentre il progetto C è il secondo miglior progetto.

	Data di inizio del progetto	Anno 1	Anno 2	VAN
Progetto (A - B)	-400	120	100	-208,3
Progetto (C - B)	50	-100	-100	-123,6
Progetto (C - A)	450	-220	-200	84,7

Tab. 19.XXIII - Flusso di cassa differenziale.

L'indice di profittabilità (PI)

È calcolato come rapporto tra il valore attuale dei flussi positivi ed il valore attuale assoluto di quelli negativi. Esprime, quindi, quanto valore genera una unità monetaria di capitale investito.

Il criterio di selezione basato sull'indice di profittabilità suggerisce di intraprendere tutti i progetti con un indice maggiore dell'unità. Spesso, tale criterio è preferito al VAN perché di più facile comprensione. Affermare che un progetto di investimento ha un PI di 1,3 significa affermare che le entrate superano del 30% le uscite dell'investimento o, alternativamente, che per ogni euro investito ne ritornano 1,3.

Analiticamente, la formulazione dell'indice di profittabilità (PI) è la seguente:

$$\text{PI} = \frac{\text{valore attuale dei flussi positivi}}{\text{valore attuale dei flussi negativi}}$$

ovvero:

$$\text{PI} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{\text{CF}_t}{(1+k)^t}}{\left| \sum_{t=0}^m \frac{\text{I}_t}{(1+r)^t} - \text{V}_t \right|} \quad (22)$$

L'uso che tipicamente viene fatto del PI è la classificazione dei progetti in base alla loro efficienza relativa del capitale allocato: maggiore è il valore creato da una unità monetaria investita, maggiore è l'efficienza della allocazione del capitale. Il contesto decisionale tipico per l'utilizzo di tale criterio è quindi quello di n (con $n > 2$) progetti "concorrenti" ed in condizioni di capitale limitato, quando l'obiettivo non è esclusivamente la massimizzazione del valore generato dagli investimenti ma anche la loro prioritizzazione per l'ottimale allocazione della risorsa scarsa, il capitale. I progetti sono quindi ordinati per indice di profittabilità decrescente e vengono scelti quelli con PI via via decrescente fino all'utilizzo completo dei capitali disponibili. Tale criterio, viceversa, non è particolarmente adatto alla decisione quando si procede alla valutazione a coppie di progetti alternativi dal momento che può far perdere di vista l'obiettivo finale della valutazione degli investimenti, la massimizzazione del valore generato.

Esempio: si considerino i tre progetti (tab. 19.XXIV):

Progetto	t_0	t_1	t_2	Valore attuale dei flussi di cassa relativi a t_1 e t_2	PI	VAN (10%)	n° di ripetizioni con budget disponibile	VAN totale di portafoglio
A	-370	600	500	958,7	2,6	588,7	3,24	1766,1
B	-700	900	900	1562,0	2,2	862,0	1,71	862,0
C	-400	950	500	1004,1	2,5	604,1	3,00	1812,4

Tasso 10%, budget disponibile 1200.

Tab. 19.XXIV

Se prendiamo i progetti singolarmente, il progetto A dovrebbe essere intrapreso in base al PI, ma B genera più valore in termini di VAN. Anche ipotizzando una situazione di contingentamento del budget disponibile per investimenti e considerando che l'investimento sia ripetibile, A diverrebbe più conveniente rispetto a B (perché ripetibile 3 volte contro 1 sola di B). In ogni caso, anche considerando il VAN totale di portafoglio, A non sarebbe il progetto migliore perché verrebbe sopravanzato da C (anch'esso ripetibile 3 volte).

In sintesi possiamo affermare che in condizioni di capitale limitato il PI va considerato con grande cautela per due motivi:

- ottimizza la risorsa scarsa ma non necessariamente massimizza il VAN complessivo di portafoglio;
- a differenza del VAN, il PI di un progetto non è sommabile a quello di un altro.

Il tempo di recupero attualizzato (PB)

Il tempo di recupero attualizzato rappresenta il tempo necessario affinché la cumulata dei flussi di cassa operativi attualizzati in entrata associati all'investimento uguagli l'esborso iniziale per l'acquisto dell'immobilizzazione. Rappresenta, pertanto, il tempo necessario affinché l'esborso iniziale sia "recuperato" attraverso i flussi positivi successivi.

La funzione di ripagamento (FR) (fig. 19.2) di un progetto di investimen-

to è una funzione del tempo (t) che misura in corrispondenza di ciascun periodo della vita economica il valore cumulato ed attualizzato dei flussi di cassa operativi associati all'investimento.

$$FR(t) = \sum_{\tau=0}^t \frac{FCO_{\tau}}{(1+k)^{\tau}} \quad (23)$$

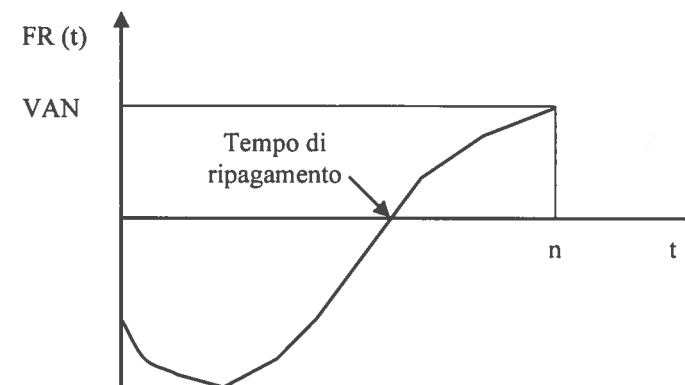


Fig. 19.2 - Funzione di ripagamento di un progetto.

Tipicamente essa è caratterizzata da un'ordinata all'origine negativa pari all'esborso iniziale per l'acquisto dell'immobilizzazione ed un andamento monotono non decrescente a partire dal periodo in cui essa è positiva (nel caso in cui il progetto non preveda notevoli esborsi successivi a quello iniziale). La funzione di ripagamento consente di misurare la liquidità del progetto in ogni periodo di vita economica dello stesso. Fornisce, inoltre, due indicatori aggiuntivi: il VAN misurato dal valore che la funzione assume in corrispondenza di $\tau = n$ ed il tempo di ripagamento attualizzato in corrispondenza dell'ascissa in cui FR assume valore nullo.

La formulazione analitica del tempo di recupero attualizzato è la seguente:

$$\tau = t \mid \sum_{\tau=0}^{\tau} \frac{FCO_{\tau}}{(1+k)^{\tau}} = 0$$

Cioè:

$$\sum_{\tau=0}^{\text{tempo di ripagamento}} \frac{FCO_{\tau}}{(1+k)^{\tau}} = 0 \quad (24)$$

Criterio di accettazione: vengono considerati come accettabili gli investimenti che consentono il recupero dell'esborso iniziale per l'acquisto dell'immobilizzazione in un tempo inferiore a una soglia prefissata (cut off period, pay back o, in italiano, tempo di recupero).

Criterio di ordinamento: fra più investimenti alternativi, il criterio del tempo di recupero suggerisce di privilegiare il progetto che ripaga l'investimento iniziale in tempi più rapidi.

Il metodo del tempo di ripagamento attualizzato può portare a conclusioni in contrasto con le evidenze suggerite dall'applicazione del VAN, quando, ad esempio, si confrontano investimenti strategici (caratterizzati da tempi di attivazione piuttosto lunghi) e investimenti marginali. Gli investimenti strategici genereranno flussi di cassa su un orizzonte temporale più lungo ma probabilmente in periodi posti a valle del tempo di ripagamento e quindi non considerati da tale metodo.

Esempio 1: si considerino due progetti (A e B) che richiedono lo stesso esborso iniziale per l'acquisto dell'immobilizzazione ma prevedono una diversa sequenza temporale e dimensione assoluta dei flussi di cassa operativi.

	Anno				
	0	1	2	3	4
Progetto A	-5000	5000	1000		
Progetto B	-5000	1000	2000	2000	3000

I valori attualizzati ad un tasso pari al 10% sono:

	Anno				
	0	1	2	3	4
Progetto A	-5000	4595	826	0	0
Progetto B	-5000	909	1653	1503	2049

La funzione di ripagamento per i due progetti assume i seguenti valori:

	Anno				
	0	1	2	3	4
Progetto A	-5000	-455	372		
Progetto B	-5000	-4091	-2438	-935	1114

e la rappresentazione grafica è fornita nel grafico di **fig. 19.3**:

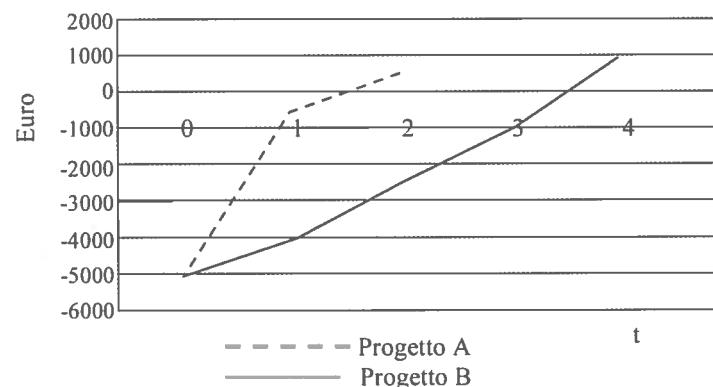


Fig. 19.3 - Funzione di ripagamento.

Il progetto A presenta un tempo di ripagamento più corto (fine del primo anno) rispetto al progetto B (fine del terzo anno) ma un VAN più basso (372€) rispetto al progetto B (1114€). Tale discrepanza nasce dal fatto che il tempo di recupero misura la liquidità del progetto di investimento (cioè la capacità di restituire le risorse finanziarie impiegate) più che la sua profittabilità (cioè la capacità di creare ricchezza). Inoltre, nel confrontare investimenti alternativi il criterio del tempo di recupero non tiene conto di eventuali differenze riguardanti la durata dei progetti. Il metodo privilegia il progetto di investimento che presenta PB minore, senza andare oltre quella data (nell'esempio, il Progetto B prospetta flussi di cassa in entrata complessivi superiori rispetto Progetto A, ma ritardati nel tempo). Inoltre, di norma, il metodo tende a privilegiare progetti che richiedono contenuti esborsi iniziali per l'acquisto dell'immobilizzazione, recuperabili in tempi brevi, rispetto agli investimenti strategici.

In sintesi, sarebbe buona norma considerare il tempo di recupero attualizzato come un metodo complementare rispetto ai metodi che valutano la redditività degli investimenti (VAN e TIR). La redditività potenziale di un investimento potrebbe infatti non concretizzarsi nel caso in cui una crisi di liquidità porti al fallimento dell'impresa, e quindi alla sospensione di tutti i progetti in corso. Il PB valuta il rischio che l'impresa non disponga della liquidità necessaria a far fronte impegni finanziari assunti.

Il tempo di recupero considera quindi l'efficacia dell'investimento (riuscire a realizzare la liquidità necessaria a sostenere nuovi progetti in futuro) e non l'efficienza (far rendere al massimo il capitale disponibile alla data odierna).

Caso Valves S.p.A. (7)

Per il calcolo del tempo di ripagamento attualizzato procediamo come segue:

Passo 1: determinazione della funzione di ripagamento.

	Anni						
	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
Funzione di ripagamento (€)	-900.000	-583.444	-283.189	10.608	309.137	585.660	820.806

Passo 2: altri dati utili.

Ultimo anno negativo (t_A) = t_2

Ultimo valore negativo (FR_A) = -283.189 €

Primo anno positivo (t_B) = t_3

Primo valore positivo (FR_B) = +10.608 €

Passo 3: determinazione del tempo di ripagamento per interpolazione:

$$PB = t_A + \frac{FR_A * (t_B - t_A)}{FR_B - FR_A} = 3,03 \text{ anni}$$

ANNI: 3 RESTO 0,03
 0,03 ANNI= 1 MESE
 TEMPO DI RIPAGAMENTO: 3 ANNI, 1 MESE

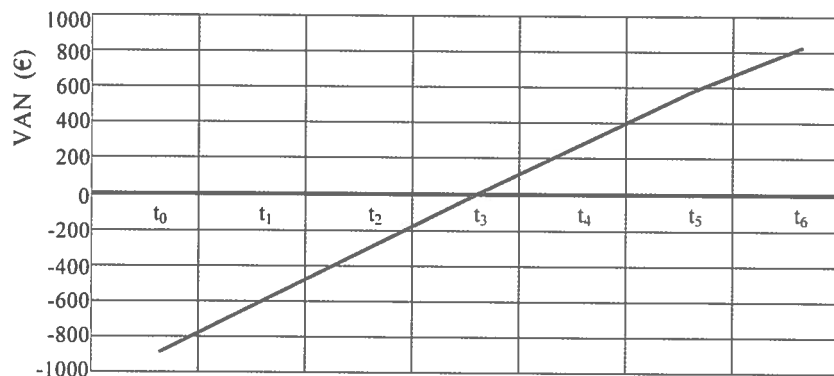


Fig. 19.4 - Funzione di ripagamento.

Il Tasso Interno di Redditività (TIR)

Il tasso interno di redditività (TIR) di un progetto di investimento può essere definito come il tasso di rendimento effettivo associato all'investimento stesso. Operativamente, il TIR rappresenta il valore del tasso di attualizzazione in corrispondenza del quale si annulla il VAN dell'investimento. La sua formulazione analitica è pertanto la seguente:

$$TIR = k \mid \sum_{t=0}^n \frac{FCO_t}{(1+k)^t} = 0$$

cioè:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FCO_t}{(1+TIR)^t} = 0 \tag{25}$$

criterio di accettazione: definiamo k^* , costo opportunità del capitale e tasso di rendimento minimo accettato dall'impresa come tasso barriera. Il criterio del tasso interno di redditività suggerisce di accettare un investimento che presenti un TIR pari almeno al tasso barriera:

$$TIR \geq k^*$$

In altre parole, l'impresa accetterà l'investimento solo se il suo TIR, ossia l'effettivo tasso di rendimento dell'investimento, risulta pari almeno al minimo tasso di rendimento richiesto k^* . L'oggetto di analisi del criterio del TIR è quindi la redditività potenziale dei progetti di investimento alternativi.

criterio di ordinamento: nel confronto fra due o più progetti di investimento alternativi, il metodo del TIR suggerisce di preferire quello con tasso interno di redditività maggiore.

Il metodo del TIR risulta particolarmente adeguato nelle situazioni in cui l'impresa debba valutare nel tempo investimenti successivi caratterizzati da una distribuzione temporale analoga dei flussi di cassa.

Il TIR si presenta, quindi, come un rendimento percentuale dell'investimento di facile comprensione per i potenziali investitori perché facilmente comparabile con i rendimenti di investimenti alternativi (ad esempio obbligazioni, o rendimento immobiliare). Diversamente dal VAN, è, però, un criterio di tipo relativo che non considera in nessun modo la dimensione assoluta dell'investimento.

Uno degli aspetti maggiormente problematici nel suo utilizzo sia nella valutazione del singolo investimento sia nel confronto tra investimenti alternativi è che il TIR potrebbe teoricamente fornire indicazioni contrastanti rispetto al metodo del VAN. Gli esempi successivi illustrano le occasioni di contrasto fra VAN e TIR.

Quando VAN e TIR forniscono indicazioni contrastanti

Esempio 1: un progetto di investimento presenta la seguente distribuzione temporale dei flussi di cassa:

Anno	0	1	2
I_n	-3000		
FCO		2500	1500

È possibile rappresentare la funzione che mette in relazione VAN e tasso di attualizzazione ($VAN = f(k)$), della quale il TIR rappresenta gli zeri (fig. 19.5).

Il metodo del TIR suggerisce di accettare l'investimento se $k \leq TIR$, cioè se $k \leq 23,7\%$. In questo caso i due criteri del TIR e del VAN danno lo stesso risultato.

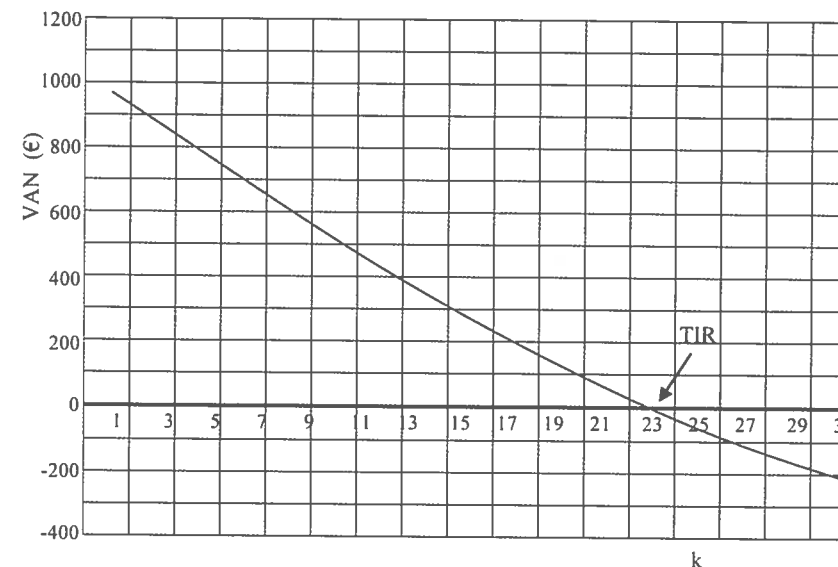


Fig. 19.5 - Relazione tra VAN e tasso di attualizzazione.

to, perché se $k \leq 23,7\%$ anche il VAN dell'investimento risulta positivo o, al limite, nullo. L'accordo fra i due criteri si verifica quando $VAN = f(k)$ è una funzione monotona decrescente.

In particolare, condizione sufficiente affinché i criteri del TIR e del VAN siano concordi è che il progetto di investimento preveda che l'esborso iniziale per l'acquisto dell'immobilizzazione avvenga in un unico periodo, al principio della sua vita utile.

Esempio 2

Nel secondo esempio la relazione tra VAN e k non è espressa da una funzione monotona decrescente. Un progetto di investimento ha una struttura dei flussi per cui le entrate sono registrate prima delle uscite.

Anno	0	1
I_n	50	
FCO		-100

In fig. 19.6 è riportata la funzione che lega il VAN al tasso di attualizzazione k .

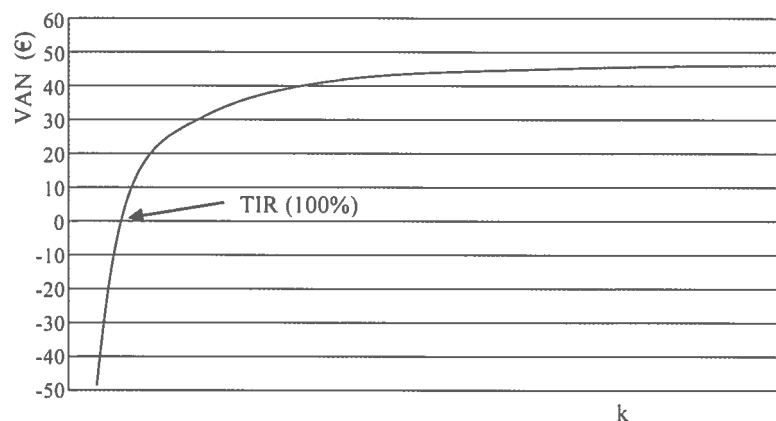


Fig. 19.6 - Funzione che lega VAN e tasso di attualizzazione k .

In questo caso il criterio del TIR, fornendo un valore molto elevato (100%), indurrebbe ad accettare un investimento che presenta VAN negativo.

Il criterio del TIR non è, quindi, adatto a valutare la redditività di investimenti in cui le entrate anticipano le uscite.

Esempio 3

Un progetto di investimento presenta la seguente struttura dei flussi di cassa, caratterizzata da un'uscita alla fine della vita economica:

Anno	0	1	2
I_n	-110		
FCO		300	-200

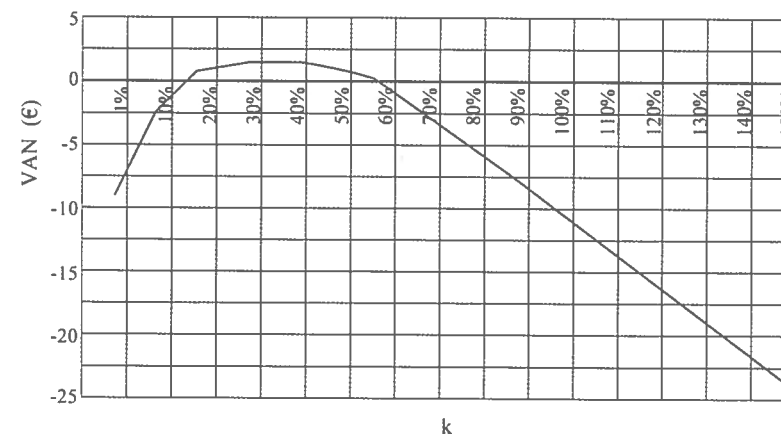


Fig. 19.7.

Il VAN si annulla in corrispondenza di due valori: 16% e 60% (fig. 19.7). In questo caso il criterio del tasso interno di ritorno non sembra essere in grado di fornire alcuna indicazione per la decisione. Più in generale:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FCO_t}{(1+k)^t} = 0;$$

ponendo

$$\frac{1}{(1+k)} = x \quad \text{e} \quad FCO = a$$

si ha:

$$a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + \dots + a_n \cdot x^n = 0 \quad (26)$$

che rappresenta l'equazione di un polinomio di ordine t che ammette t radici reali o complesse, distinte o coincidenti. In termini economici, il TIR ha significato solo quando univocamente definito ovvero quando l'equazione appena riportata ammetta un'unica radice reale positiva. Altrimenti, come nel caso appena rappresentato, il TIR perde di significato.

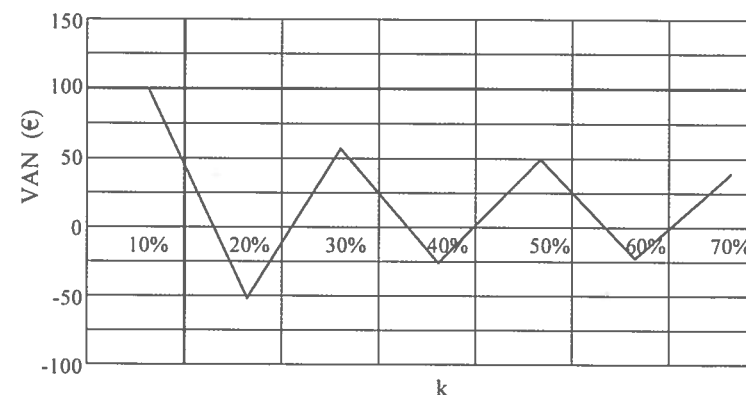


Fig. 19.8 - TIR multipli.

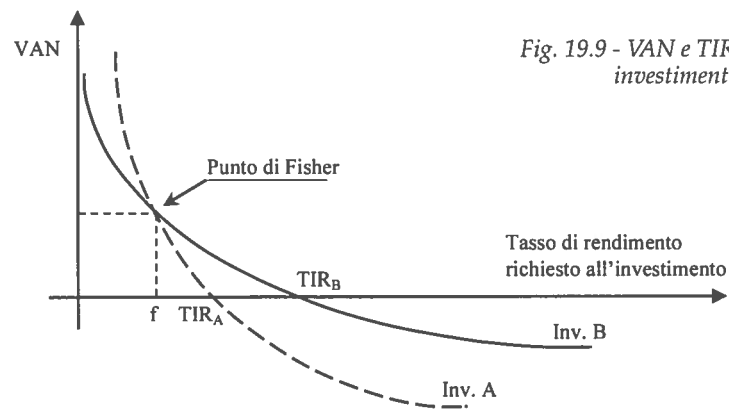


Fig. 19.9 - VAN e TIR nel confronto fra due investimenti alternativi.

Una condizione sufficiente per l'impiego del TIR è fornita dal teorema di Cartesio in base al quale se i coefficienti del polinomio presentano un solo cambiamento di segno allora a tale polinomio corrisponderà una sola radice reale positiva. Il che equivale ad assumere, in termini economici, che gli esborsi per l'acquisto dell'immobilizzazione siano tutti concentrati nei primi anni della vita economica dell'investimento e che dal momento in cui la cumulata dei flussi di cassa operativi uguaglia l'importo degli esborsi iniziali, non si verifica più alcun flusso di cassa operativo negativo.

Esempio 4

Il seguente è un esempio di contrasto fra VAN e TIR nel confronto fra due investimenti alternativi.

Nell'esempio riportato in **fig. 19.9**, il metodo del TIR suggerirebbe la convenienza dell'investimento B. Il metodo del VAN, viceversa, propenderebbe per l'investimento B se il costo opportunità del capitale per l'impresa si collocasse fra TIR_A e TIR_B , ma supporterebbe la scelta per l'investimento A se $k < f$, poiché in questo caso risulterebbe $VAN_B < VAN_A$.

Alla luce dell'esempio si può comprendere il significato economico del tasso interno di redditività. Privilegiando l'investimento che presenta il TIR più elevato, questo metodo implicitamente costringe l'impresa ad impiegare i propri capitali secondo politiche che massimizzano la differenza fra il costo opportunità del capitale individuato dall'impresa (k) e il tasso di attualizzazione in corrispondenza del quale il VAN dei progetti di investimento diventa negativo.

Caso Valves S.p.A. (8)

Per il calcolo del TIR procediamo come segue:

Passo 1: determinazione dei VAN a diversi livelli di k fino a individuare per tentativi il k che rende negativo il VAN

- Ultimo k con VAN positivo (k_1) = 33%
- Ultimo VAN positivo (VAN_1) = +18.068 €
- Primo k con VAN negativo (k_2) = 34%
- Primo VAN negativo (VAN_2) = - 971 €

Passo 2: determinazione del TIR per interpolazione

Situazioni particolari nella valutazione degli investimenti

Situazioni che richiedono analisi ad hoc e accorgimenti operativi specifici per una corretta valutazione degli investimenti potrebbero insorgere quando:

- la durata di due progetti alternativi non coincide,
- la sostituzione di una macchina in produzione,
- utilizzo ottimale della capacità produttiva degli impianti,
- si sta investendo in un Paese con un tasso di inflazione significativo,
- il capitale a disposizione è limitato.

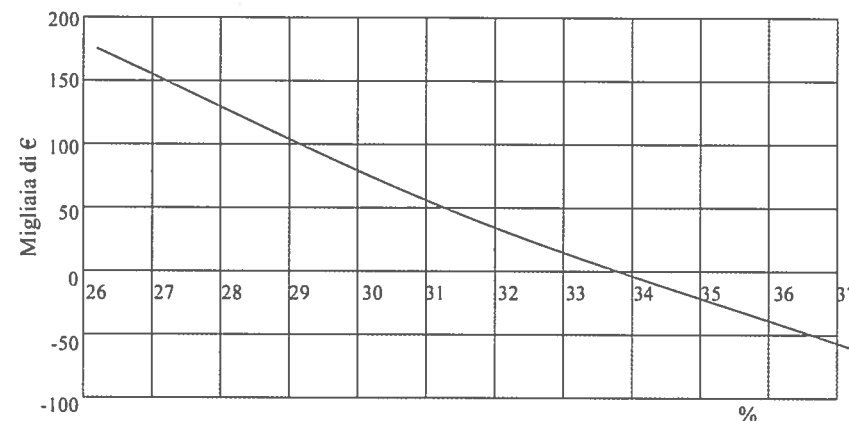


Fig. 19.10 - Determinazione del TIR per interpolazione.

$$TIR = k_1 - \frac{VAN_1 * (k_2 - k_1)}{VAN_2 - VAN_1} = 33,9\%$$

Progetti di investimento alternativi di diversa durata

Supponiamo che un'impresa debba scegliere tra due progetti di investimento, nell'esempio che segue, due macchine, che presentano vite utili diverse. Un primo problema da affrontare nella valutazione di due ipotesi di investimento con durata differente è rappresentato dalla non diretta confrontabilità dei due VAN. I flussi di cassa, infatti, si protraggono nel tempo in maniera difforme e si rende pertanto necessario, ai fini della corretta valutazione di convenienza e dell'ordinamento dei due progetti, rendere omogenei i risultati. Il seguente esempio illustra i termini della questione.

Esempio: il direttore delle operations di un'azienda industriale deve sostituire una macchina utensile divenuta ormai obsoleta. Un fornitore gli propone due possibili macchinari che hanno tuttavia diversi costi di manutenzio-

ne e durata fisica. I flussi di cassa (negativi) legati all'acquisto e alla gestione sono:

Costi di manutenzione						
	0	1	2	3	4	VAN
Macchina utensile A	-100	-15	-15	-15		- € 137,30
Macchina utensile B	-120	-10	-10	-10	-10	- € 151,70
Tasso di attualizzazione	10%					

Il metodo del VAN suggerisce che la scelta ricada sulla macchina utensile A. Tuttavia, il miglior VAN potrebbe derivare dal fatto che la macchina utensile B ha una vita più lunga. In altri termini, non è detto che una macchina che abbia un VAN distribuito su quattro periodi maggiore di un'altra con VAN inferiore ma distribuito nell'arco di cinque periodi sia preferibile. Come comparare correttamente le due ipotesi? Possono essere seguiti due approcci, descritti di seguito.

Primo approccio: prolungare i cicli di vita fino alla piena coincidenza. È ipotizzabile che l'impresa effettui ripetutamente investimenti negli anni. Considerando un orizzonte temporale, a titolo di esempio, di 12 anni, l'impresa potrebbe sostituire 4 volte la macchina A oppure 3 volte quella B. Se il profilo dei flussi di cassa fosse identico nei prossimi 12 anni, allora il valore attuale dei costi relativi alle due macchine utensili risulterebbe dal seguente prospetto:

$$VAN_A = -137,3 + [-137,3/(1,1)^3] + [-137,3/(1,1)^6] + [-137,3/(1,1)^9] = -376,1 \text{ €}$$

$$VAN_B = -151,7 + [-151,7/(1,1)^4] + [-151,7/(1,1)^8] = -326,08 \text{ €}$$

Gli importi considerati nelle due espressioni sono il valore di un ciclo economico del macchinario, valutato alla data di effettuazione. Ragionando in termini di valori attuali, si può notare come la soluzione B sia la migliore, avendo come orizzonte di riferimento 12 anni. Questo approccio permette di risolvere alcune situazioni, ma non può sempre essere utilizzato. Innanzitutto, presume che gli investimenti siano ripetibili. Inoltre, il confronto di due o più alternative potrebbe generare periodi di osservazione veramente irrealistici.

Secondo approccio: calcolare il costo annuo equivalente. Il secondo approccio si fonda sull'idea di trasformare il VAN in un costo annuo. L'esempio precedente mostra il valore attuale di un ciclo economico dell'investimento. Riprendendo i concetti introduttivi di matematica finanziaria riportati nei paragrafi precedenti, ricordiamo che il capitale attuale di importo pari a P è equivalente a una serie di pagamenti uguali A, effettuati per n periodi successivi al corrente. Utilizzando la formula del fattore di recupero di una serie di pagamenti uguali, si ricava che:

$$VAN_A = 137,3\text{€} = 55,2\text{€} \cdot \text{tre rate}$$

$$VAN_B = 151,7\text{€} = 47,8\text{€} \cdot \text{quattro rate}$$

Questo significa che il VAN_A è equivalente a tre rate di importo pari a 55,2€ negli anni 1, 2 e 3. Lo stesso ragionamento vale per il VAN_B. Se ipotizziamo che l'investimento venga ripetuto nel tempo, ogni ciclo di investimento genererà la seguente sequenza di flussi:

Costi di manutenzione						
	0	1	2	3	4	...
Macchina utensile A	55,21	55,21	55,21	55,21	55,21	55,21
Macchina utensile B	47,86	47,86	47,86	47,86	47,86	47,86

La macchina B risulta ora preferibile perché genera costi equivalenti di manutenzione inferiori. Possiamo quindi esprimere la seguente regola: due o più investimenti a durata diversa possono essere confrontati convertendo i loro VAN in costi annui equivalenti. L'ipotesi implicita di tale regola è che i flussi associati ai progetti siano costanti nel tempo.

Sostituzione di una macchina in produzione

Nell'esempio riportato nel paragrafo precedente, si supposeva che il tempo di utilizzo delle macchine fosse fisso. In pratica, siamo noi a decidere quando sostituire un impianto in base a considerazione economiche piuttosto che sull'usura meccanica della macchina.

Esempio: Un'impresa utilizza per la propria produzione una macchina che si ritiene debba generare un'entrata di cassa netta di 4.000 € nell'esercizio 1 e di 4.000 € nel secondo. Al termine del secondo anno verrà sostituita. C'è la possibilità di sostituirla ora con un'altra macchina che richiederebbe un investimento iniziale (pari al suo costo di acquisto) di 15.000 €, ma che è molto più efficiente in termini produttivi, garantendo un flusso di cassa annuo di 8.000 € all'anno per i prossimi tre anni.

Calcoliamo il VAN e la rendita annua equivalente della nuova macchina:

	Flussi di cassa (k€)				VAN (k€) i = 6%
	FCO ₀	FCO ₁	FCO ₂	FCO ₃	
Macchina nuova	-15	+8	+8	+8	6,38
Rendita annua equivalente		+2,387	+2,387	+2,387	6,38

Ovviamente, non c'è convenienza a sostituire finché utilizzabile la macchina vecchia (che garantisce un flusso di cassa annuo di 4.000 €) con una nuova (che garantisce un flusso di cassa annuo di solo 2.387 €).

Utilizzo ottimale della capacità produttiva degli impianti

Come regola generale, tra due investimenti (A, B) che richiedono esborso iniziale diverso (esborso A > esborso B), l'impresa opterà per A solo nel caso in

cui $VAN(A) > VAN(B)$. In altre parole, il VAN dell'investimento incrementale di (esborso A - esborso B) deve essere positivo.

Uno dei casi in cui spesso ci si dimentica di questo concetto è quando l'investimento sia necessario per soddisfare una domanda stagionale.

Esempio: Un'impresa di trasformazione del pomodoro utilizza due macchine (A e B), ognuna delle quali ha una capacità di 1000 unità nel periodo temporale. Tali macchine hanno durata infinita e nessun valore di recupero, di conseguenza l'unico costo è rappresentato dalle spese di esercizio per unità di prodotto pari a 2 €. La raccolta e trasformazione del pomodoro è un'attività fortemente stagionale e la materia prima deperibile. Durante i mesi di luglio, agosto e settembre, in corrispondenza della raccolta, ogni macchina produce al massimo della sua capacità, mentre durante il resto dell'anno ogni macchina lavora al 50% della sua capacità produttiva per la realizzazione di salsa ketchup. Se il tasso di attualizzazione è pari al 10% e le macchine non vengono mai vendute, il valore attuale dei costi è di 30.000 €:

	Due macchine vecchie
Produzione annua per macchina	750 unità
Costi operativi per macchina	2 € x 750 = 1.500 €
VAN dei costi operativi per macchina	1.500 € / 0.10 = 15.000 €
VAN dei costi operative delle due macchine	2 x 15.000 € = 30.000 €

L'impresa sta considerando l'eventualità di sostituire queste macchine con altre aventi capacità produttiva simile a quelle attualmente in uso ma in grado di ridurre i costi operativi a solo 1 € per unità. Chiaramente, alla luce di tali informazioni, si rende necessario avere la disponibilità costante di due macchine per fronteggiare i picchi di attività. Le nuove macchine costano 6000 € l'una e durano all'infinito. In base a questi dati, il management della società calcola che il valore attuale dei costi delle due nuove macchine sarebbe 27.000 €:

	Due macchine nuove
Produzione annua per macchina	750 unità
Investimento iniziale per macchina	6.000 €
Costi operativi per macchina	1 € x 750 = 750 €
VAN del costo totale per macchina	6.000 € + 750 € / 0.10 = 13.500 €
VAN del costo totale delle due macchine	2 x 13.500 € = 27.000 €

La decisione è quindi quella di rottamare le due macchine vecchie e di acquistarne due nuove. La decisione non è corretta, tuttavia, perché il ventaglio di alternative considerate non era completo. Una ulteriore alternativa era la sostituzione di una sola delle due macchine. Dal momento che la macchina nuova presenta bassi costi operativi, sarebbe vantaggioso tenerla in funzione al massimo della sua capacità produttiva tutto l'anno e utilizzare la macchina vecchia solo nei periodi di massima domanda.

In questo caso, il valore attuale dei costi sarebbe pari a 26.000 €:

	Una macchina vecchia	Una macchina nuova
Produzione annua per macchina	500 unità	1000 unità
Investimento iniziale per macchina	0	6.000 €
Costi operativi per macchina	2 € x 500 = 1.000 €	1 € x 1000 = 1.000 €
VAN del costo totale per macchina	1.000 € / 0.10 = 10.000 €	6.000 € + 1.000 € / 0.10 = 16.000 €
VAN del costo totale delle due macchine		26.000 €

Sostituendo una sola macchina si risparmierebbero 4.000 €; sostituendole entrambe si risparmiano solo 3.000 €. Il valore attuale netto dell'investimento incrementale nella seconda macchina è negativo (- 1.000 €).

Elevata inflazione

Un fenomeno fondamentale da considerare nella valutazione degli investimenti è l'inflazione, cioè la riduzione del potere d'acquisto generale dell'unità monetaria. Se il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa utilizzato considera solamente il valore finanziario del tempo, allora stiamo usando un tasso d'interesse nominale. Un investimento di 100 € nell'anno 0, a un tasso di interesse nominale pari al 10%, genererà un flusso di cassa pari a 110 € nell'anno 1. Tuttavia rimane sconosciuto il reale potere di acquisto dei nostri 110 € nel momento in cui li avremo a disposizione: questo dipende dal tasso di inflazione.

Se nell'ambito della Unione Europea l'inflazione è attualmente sotto controllo, le imprese italiane che investono in Paesi con inflazione a valori superiori del 5% devono tenerne conto, riconoscendo in modo specifico e coerente l'inflazione nelle proprie decisioni di pianificazione degli investimenti.

L'inflazione impatta sull'analisi della pianificazione degli investimenti, nel senso che ha effetto sui numeri che si usano nell'analisi, ma non sui risultati, a patto che vengano rispettate certe condizioni.

Se nella valutazione di un progetto di investimento si considera nel calcolo del VAN il tasso di inflazione, cioè se si usa un costo del capitale basato sul mercato per attualizzare i flussi di cassa, allora questi andrebbero arrotondati verso l'alto, per tenere conto dell'effetto dell'inflazione nei prossimi anni. Rimandando a testi specifici per approfondimenti, si riporta di seguito la formula che permette di ottenere il valore del costo reale del capitale:

$$1 + k_n = (1 + k_r) \cdot (1 + t_i) \quad (27)$$

$$k_n = k_r + t_i + k_r t_i$$

dove k_r è il costo reale del capitale, t_i il tasso di inflazione previsto, ed il prodotto $k_r t_i$ tiene conto dell'effetto combinato dei due tassi precedenti. Questo tiene con-

to dei tassi di rendimento di mercato delle varie fonti di finanziamento della società (debito e capitale proprio), e include il tasso di inflazione prevista.

Al contrario, se si usa il costo reale del capitale per attualizzare i flussi di cassa, questi non vanno adeguati verso l'alto poiché gli effetti dell'inflazione sono già stati eliminati dal tasso di attualizzazione.

Si afferma che l'inflazione non ha effetti sui risultati nel senso che, procedendo con coerenza secondo le regole sopra riportate, i risultati della valutazione dello stesso investimento, considerando e non considerando l'effetto dell'inflazione, non differiscono a meno di un arrotondamento.

Si consideri il seguente esempio.

Esempio: Una società vuole acquistare una nuova macchina (con vita utile di 3 anni) che costa 18.000 € e che permetterebbe di ottenere un risparmio annuo di 10.000 €. Non si prevede di ottenere alcun valore di recupero dalla vendita della macchina al termine della vita utile. Si prevede per i prossimi tre anni un tasso di inflazione del 10%. Se il costo reale del capitale è del 12 %, conviene acquistare la nuova macchina?

Procediamo al calcolo del VAN dell'investimento, considerando dapprima l'effetto dell'inflazione. Per prima cosa occorre calcolare il costo del capitale della società, con la formula precedente:

$$k_n = k_r + t_i + k_r t_i = 12\% + 10\% + 12\% \cdot 10\% = 23,2\% \quad (28)$$

Anno	0	1	2	3
Investimento iniziale	- 18.000 €			
Flussi di cassa differenziali		10.000 €	10.000 €	10.000 €
numero dell'indice ai prezzi *	1	1,100	1,210	1,331
Flussi di cassa a prezzi rettificati **	-18.000 €	11.000 €	12.100 €	13.310 €
coefficiente di attualizzazione ***	1	0,812	0,659	0,535
VAN				6.018,31 €

* numero dell'indice ai prezzi = $(1+t_i)^i$, dove i = anno i-esimo.
 ** ottenuti moltiplicando i flussi di cassa differenziali per il numero dell'indice ai prezzi.
 *** calcolato considerando un tasso di attualizzazione pari al costo del capitale calcolato 23,2%.

Calcoliamo ora il VAN per lo stesso progetto di investimento, senza però considerare l'effetto dell'inflazione. Come anticipato, si ottiene lo stesso risultato anche non considerando l'inflazione ma attualizzando, per coerenza, i flussi di cassa con il costo reale del capitale.

Anno	0	1	2	3
Investimento iniziale	- 18.000 €			
Flussi di cassa differenziali		10.000 €	10.000 €	10.000 €
Coefficiente di attualizzazione ***	1	0,893	0,797	0,712
VAN				6.018,31 €

*** calcolato considerando un tasso di attualizzazione pari al costo reale del capitale (12%).

Razionamento del capitale

Generalmente, per l'impresa è conveniente accettare ogni progetto di investimento purché questo presenti un VAN > 0. Supponiamo che al programma di investimento vengano poste delle limitazioni che impediscono all'impresa di intraprendere tutti i progetti di investimento. In questo caso si parla di razionamento del capitale.

Il problema del razionamento di capitale sorge quando esistono progetti a VAN positivo, ma non sono disponibili all'impresa le risorse sufficienti per effettuarli tutti contemporaneamente. Questa situazione è molto ricorrente nelle piccole e medie imprese italiane. In tale circostanza, per una corretta valutazione, si rende necessario un metodo per selezionare il pacchetto di progetti che dia all'impresa il più alto valore attuale netto.

Si consideri il seguente semplice esempio.

Esempio

La Luchino&Partners è una agenzia pubblicitaria di medie dimensioni, di recente costruzione ma aggressiva sul mercato e dinamica. Periodicamente, intraprende per conto di un suo importante cliente, una campagna di comunicazione. Il budget a disposizione per tali investimenti prevede un plafond annuo pari a 10 mila €. Il responsabile della campagna deve scegliere tra tre diversi piani di comunicazione (A, B e C). L'importo degli investimenti ed i relativi flussi di cassa previsti sono i seguenti:

Progetto	Flussi di cassa (k€)			VAN (k€) i = 10%
	FCO ₀	FCO ₁	FCO ₂	
A	-10	+30	+5	21
B	-5	+5	+20	16
C	-5	+5	+15	12

Con il budget a disposizione, l'agenzia pubblicitaria è in grado di investire o sul progetto A o sui progetti B e C. Sebbene presi individualmente i progetti B e C abbiano un VAN inferiore a quello del progetto A, considerati come un unico progetto hanno un VAN maggiore (16 + 12).

Questo esempio mostra che, quando disponiamo di fondi limitati, non possiamo scegliere i progetti di investimento in base ai singoli VAN, ma dobbiamo cercare di ottenere il massimo dai fondi che possiamo investire. In altre parole, dobbiamo scegliere i progetti che offrono il più alto rapporto fra VAN e investimento iniziale. Questo rapporto è chiamato indice di redditività:

$$\text{Indice di redditività} = \frac{\text{VAN}}{\text{Investimento iniziale}} \quad (29)$$

Per i progetti dell'esempio:

Progetto	Investimento iniziale (k€)	VAN (k€) i = 10%	Indice di redditività
A	10	21	2,1
B	5	16	3,2
C	5	12	2,4

Il progetto B ha indice di redditività superiore, seguito dal progetto C e dal progetto A. Con un capitale a disposizione di 10.000 € quindi all'impresa conviene accettare i progetti B e C.

Questo metodo, seppur semplice e quindi di facile applicazione, presenta però dei limiti. Ad esempio, non può essere applicato nel caso in cui più di una risorsa venga razionata. Si consideri a tale proposito l'esempio che segue.

Esempio: Il limite di budget della Luchino&Partners dell'esempio precedente viene applicato ai flussi di cassa per l'anno 0 (anno in cui si verificano, se accettati, gli investimenti iniziali dei progetti A, B e C) e per l'anno 1, anno in cui si verifica l'investimento iniziale per un'ulteriore campagna pubblicitaria D. I dati sono quindi i seguenti:

Progetto	Flussi di cassa (k€)			VAN (k€) i = 10%	Indice di redditività
	FCO ₀	FCO ₁	FCO ₂		
A	-10	+30	+5	21	2,1
B	-5	+5	+20	16	3,2
C	-5	+5	+15	12	2,4
D		-40	+60	13	0,4

Utilizzando come riferimento il valore dell'indice di redditività, l'impresa dovrebbe accettare i progetti B e C. Osservando però la tabella sopra riportata, si può notare che un'alternativa potrebbe essere quella di accettare il progetto A nell'anno 0, che fornisce un VAN inferiore ai progetti B e C, però genera un flusso di cassa di +30 nell'anno 1, flusso di cassa che potrebbe quindi essere usato, insieme al budget disponibile, per l'investimento D. In questo modo potremmo ottenere un valore del VAN (progetto A + D) superiore a quello ottenuto accettando i progetti B e C.

In generale, quando il problema consiste nella ricerca della combinazione (mix) di progetti di investimento che ottimizzano il capitale disponibile (il cui importo si modifica periodo dopo periodo per effetto del reinvestimento dei flussi generati dai progetti nel periodo precedente), non è sufficiente utilizzare l'indice di redditività come criterio, ma occorre massimizzare il VAN totale di portafoglio. Una possibile soluzione si può ottenere utilizzando la programmazione lineare. Qualora gli investimenti non possano essere frazionati, si può ricorrere alla programmazione lineare a interi. Viceversa, se l'ipotesi implicita è che i progetti di investimento siano scomponibili, ovvero se la soluzione possa essere rap-

presentata da numeri con decimali, un possibile percorso risolutivo per l'esempio dell'agenzia pubblicitaria, è il seguente.

Il problema è quello di determinare le "quantità" (ovvero le frazioni di esborso iniziale, indicate nelle formule seguenti con xi) dei progetti A, B, C e D che massimizzano il VAN di portafoglio.

La funzione obiettivo, è pertanto la seguente:

$$\text{VAN portafoglio} = 21 x_A + 16 x_B + 12 x_C + 13 x_D$$

La nostra scelta è soggetta a diverse limitazioni (vincoli):

$$\begin{aligned} 10 x_A + 5 x_B + 5 x_C + 0 x_D &\leq 10 \text{ (limite di budget nell'anno 0)} \\ -30 x_A - 5 x_B - 5 x_C + 40 x_D &\leq 10 \text{ (limite di budget nell'anno 1)} \\ 0 \leq x_A \leq 1, 0 \leq x_B \leq 1, 0 \leq x_C \leq 1, 0 \leq x_D \leq 1 \end{aligned}$$

dove gli ultimi vincoli indicano che non è possibile investire in un progetto una somma negativa o una somma maggiore del suo valore.

Risolvendo tale problema di massimizzazione (usando, ad esempio un foglio elettronico), si ottiene la seguente soluzione:

$$\begin{aligned} x_A &= 0,5 \\ x_B &= 1 \\ x_C &= 0 \\ x_D &= 0,75 \end{aligned}$$

cioè si ottiene il massimo valore del VAN complessivo di portafoglio accettando la metà del progetto A, tutto il progetto B e tre quarti del progetto D. Il VAN risulta pari a 36,25 k€, cioè un VAN superiore di 2,25 k€.

19.3. BIBLIOGRAFIA

- Azzone G., Bertelè U. (1997), Valutare l'innovazione. Analisi e controllo degli investimenti", ETA-SLIBRI.
- Baker H.K. e English P. (2011), Capital Budgeting Valuation: Financial Analysis for Today's Investment Projects, 13, John Wiley & Sons.
- Don Dayananda (Author), Richard I. (Author), Steve H. (Author), John H. (Author), Patrick R. (Author), "Capital Budgeting: Financial Appraisal of Investment Projects", Cambridge University Press, 2002.
- Ghahremani M., Aghaie A. and Abedzadeh M. (2012), "Capital Budgeting Technique Selection through Four Decades: With a Great Focus on Real Option", International Journal of Business and Management, 7(17), 98.
- Gupta D. and Mohanty R. P. (2012), "Critical Evaluation of Capital Budgeting Techniques", International Journal of Accounting and Finance, 3(4), 308-319.
- Harold Bierman, Jr. and Seymour Smidt, (2006), "The Capital Budgeting Decision: Economic Analysis of Investment Projects, Ninth Edition, Taylor&Francis
- Jaffna U., (2016), "Capital Budgeting Theory and Practice: A Review and Agenda for Future Research", Applied Economics and Finance, May 2016, v. 3, iss. 2, pp. 15-38
- Jain P. K., Singh S. and Yadav S. S. (2013), Capital Budgeting Decision in Financial Management Practices, Springer, 37-76.
- Osborne M.J. (2010), "A Resolution to the NPV-IRR debate?", The Quarterly Review of Economics and Finance, 50, 234-9.
- Uwe G., Deryl N., Schuster P. (2015), "Investment Appraisal: Methods and Models", Springer texts in Business and economics, 2nd edition.

Ahimè, un pollo in meno!
detto da un avaro ogni volta che mangiava un uovo.
S. Ambrogio "Prediche"

Aver successo negli affari
è il più affascinante tipo di arte.
Andy Warhol

Un'amicizia nata dagli affari
è meglio di un affare nato da un'amicizia.
John D. Rockefeller

Capitolo ventesimo

PROSPETTIVE ECONOMICHE SULL'EVOLUZIONE DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

Prof. Dott. Filippo Pavesi¹

con la collaborazione di:

Leonardo Caliari, Deborah Davanzo, Marco Iadicicco ed Edoardo Lanfranchi

L'obiettivo di questo lavoro è di fornire una panoramica, basata sulla recente letteratura scientifica rilevante, di quelle che sono alcune delle forze principali che verosimilmente andranno ad influenzare l'evoluzione dell'industria alimentare nel medio termine. Naturalmente, la nostra analisi non è da intendersi come una trattazione esaustiva ed organica della vasta tematica affrontata, ma ha lo scopo di mettere insieme gli elementi essenziali in modo da produrre una visione prospettica. Nel tentativo di distinguere in modo analitico i vari elementi che spesso interagiscono tra di loro, seguiremo un approccio classico dell'analisi economica. In particolare, nella prima sezione verranno presentati gli aspetti legati alla domanda e nella seconda quelli relativi all'offerta. Infine, l'ultima sezione considera le criticità, nel tentativo di dare una parziale risposta al problema della sostenibilità dei consumi in relazione alla scarsità delle risorse.

20.1. ANALISI DELLA DOMANDA

20.1.1. Premesse

Appare ovvio come le dinamiche dei consumi siano sempre più influenzate, ed influenzino a loro volta, il comportamento degli operatori del sistema economico. Questa interdipendenza è destinata a caratterizzare sempre di più il futuro, e sarà interessante arrivare a capire (o perlomeno ipotizzare) come si evolverà l'industria alimentare, tenendo conto di tutti i cambiamenti a livello economico, ambientale, sociale e culturale che si stanno verificando a livello mondiale.

Possiamo facilmente motivare alcuni atteggiamenti degli individui cercan-

¹ Ricercatore in Economia Politica presso il dipartimento di Scienze Economiche dell'Università di Verona e Visiting Research Associate presso la School of Business del Stevens Institute of Technology (USA).

do la risposta in fenomeni recenti, come ad esempio l'abbassamento del tasso di natalità, la riduzione del nucleo familiare, l'aumento dell'urbanizzazione e il perfezionamento del sistema logistico e dei trasporti.

Gli aspetti socio-economici che inevitabilmente hanno influenzato e continueranno a condizionare anche la domanda alimentare comprendono i cambiamenti avvenuti nell'organizzazione del lavoro, tra cui l'estensione dell'orario continuo e la conseguente maggiore occupazione femminile, fenomeni che hanno portato la famiglia di un tempo a fare i conti con nuove esigenze e nuove abitudini (McCluskey, 2015). In aggiunta a questi aspetti, c'è da tener conto del fatto che si sta assistendo ad un continuo processo di sofisticazione della figura del consumatore (Wu et al., 2011), indipendentemente dal fatto che egli viva in un paese sviluppato o meno. Quando si parla di domanda alimentare si è osservato, infatti, come gli individui tendano ad avere una percezione sempre maggiore del livello di qualità dei prodotti (Grunert, 2005) e come si siano in un certo senso "omologati" e globalizzati (Scriven, 2014). Nonostante il potere d'acquisto e il reddito siano variabili da non escludere e che certamente fanno la differenza, il consumatore americano, quello europeo, quello cinese, quello indiano e quello messicano mostrano oramai atteggiamenti e aspettative sempre più simili nei confronti dell'offerta.

"Nel cibo e nell'atto di mangiare si riflettono, con più immediatezza che altrove, i mutamenti che avvengono nei valori e negli stili di vita" (Fabris, 2003).

Per questo motivo le imprese continuano nella ricerca di qualità del prodotto offerto, ma sono sempre più inclini a capire anche quali siano effettivamente le percezioni del consumatore e i criteri in base ai quali egli prende le decisioni al momento dell'acquisto. La sempre più sottile differenza economica e culturale tra i vari paesi del mondo permette l'affermazione di categorie di consumatori con caratteristiche di acquisto molto simili (Galizzi, 1990). Se, per assurdo, suddividessimo ogni paese in gruppi di consumatori con le stesse aspettative e le stesse preferenze, potremmo poi associare questi gruppi differenti con i loro simili di un secondo, un terzo, un quarto paese, arrivando infine a parlare di "globalizzazione differenziata" dei consumi.

20.1.2. Tendenze

È già stato chiarito come la domanda del consumatore sia diventata nel tempo un riflesso dei cambiamenti avvenuti nella vita degli individui, sia in ambito economico che in ambito sociale. Tuttavia, è interessante capire con più precisione quali siano alcuni aspetti di questo nuovo atteggiamento. In questa breve analisi metteremo in luce le variabili di natura economica, sociologica, ambientale e culturale che avranno un impatto maggiore sull'evoluzione dei consumi alimentari nei prossimi decenni.

Diversi studi² hanno mostrato come in generale il consumatore di oggi sia altamente orientato al time-saving, in altre parole spenda sempre meno tem-

² (Boumphrey, 2016) (Wales, 2009) (Jabs e Devine, 2006).

po nella ricerca del bene ottimale; gli individui partono già pronti all'acquisto e le scelte che fanno vengono ponderate precedentemente al contatto con la merce. L'individuo tende a spendere meno tempo nella ricerca di un nuovo prodotto, ma procede al contrario con il procacciamento della stessa merce alimentare nel caso in cui i riscontri precedenti siano stati positivi. Non solo, la tendenza oramai comune è quella di acquistare prodotti semplici e facilmente consumabili, oppure, nel caso di prodotti alimentari più complessi, di esternalizzare attività come la pulitura, la precottura o la cottura stessa, per avere un prodotto pronto per essere gustato.

A questo proposito, e per fare un'analisi più approfondita, è necessario introdurre il concetto di "convenience good". Si può definire come tale un bene di consumo che è ampiamente disponibile sul mercato e quindi acquistato con frequenza senza grandi sforzi (Rose, 1984); poiché può essere facilmente trovato, il consumatore non necessita di grandi processi decisionali per concludere l'acquisto, dettato in molti casi, come abbiamo detto, dall'abitudine. Tuttavia, i consumatori sono sensibili alle variazioni di prezzo dei prodotti di largo consumo, perciò le imprese devono optare per aumenti dei prezzi in linea con l'elasticità della domanda, per evitare che gli individui decidano di indirizzarsi verso altri prodotti. Infatti, a differenza di altri beni più essenziali e difficilmente scambiabili, i prodotti di largo consumo, come quelli alimentari, hanno molti sostituti che il consumatore può acquistare a fronte di un aumento del prezzo del prodotto che comunemente sceglieva.

Questo, di certo, è motivo di spunto e impegno per le imprese, che devono attivarsi con politiche di prezzo e campagne di marketing efficienti per arrivare al consumatore finale in maniera diretta ed efficace. Al fine di attenuare la concorrenza di prezzo, infatti, le imprese saranno incentivate a puntare sulla differenziazione verticale (qualità) e orizzontale (varietà) per mantenere un certo potere di mercato.

Un altro aspetto interessante riguarda l'organizzazione del sistema dei pasti. Lasciando da parte gli individui che per vari motivi consumano frequentemente i pasti fuori casa, si osserva una tendenza generale a dedicare sempre meno tempo al consumo dei pasti. Pertanto, si sta assistendo ad una crescita notevole della domanda di prodotti che sostanzialmente si consumano in maniera veloce (Schlosser, 2001), senza il bisogno di essere accompagnati (per loro natura) da ulteriori prodotti: merendine, snack, prodotti e formati monodose, sono solo alcuni esempi di ciò che i consumatori acquistano con cadenza sempre più frequente.

Inoltre, il consumatore di oggi è un individuo attento e per certi versi rispettoso dell'ambiente che lo circonda (Bonini e Oppenheim, 2008), da qui il suo continuo impegno nel ricercare alimenti che siano stati prodotti o che siano distribuiti secondo una logica corretta. Questo atteggiamento porta a prendere anche maggiore coscienza di tutte le patologie e le complicazioni che possono derivare da una scorretta alimentazione, motivo per cui negli ultimi anni vi è stato un incremento costante della domanda di prodotti biologici, light o a basso contenuto di grassi e zuccheri, ricchi di fibre e sostanze nutritive.

Di certo questo tipo di premesse sono intese a delineare quali siano i pos-

sibili spunti di riflessione per arrivare a meglio comprendere quale possa essere il percorso del consumatore, in relazione alle variazioni del contesto socio-economico. Lo scopo di questa sezione sarà quindi quello di analizzare l'evoluzione della domanda nel sistema alimentare a livello globale. A tal fine ci si dovrà soffermare sulle variabili chiave che guidano questa trasformazione tenendo conto di uno scenario socio-economico in continua mutazione, e come questi cambiamenti abbiano un impatto sulla domanda di risorse naturali ed energetiche. Durante la presentazione di questi aspetti, si cercherà sempre di mettere a confronto i paesi sviluppati con quelli in via di sviluppo, considerando anche i paesi che stentano ad intraprendere un percorso di sviluppo e di uscita dalla povertà.

20.1.3. Cambiamenti Socio-Economici

La crescita della popolazione e l'aumento del reddito sono sicuramente tra i maggiori fattori socio-economici che incidono sul comportamento economico dei consumatori, in termini di domanda di cibo e prodotti energetici. Fortemente legata a questi due aspetti è anche l'urbanizzazione, che può aver un impatto determinante sui modelli di consumo e sulla trasformazione delle preferenze in relazione ai prodotti alimentari.

Secondo i dati di FAO, si stima che nel 2025 la popolazione mondiale sarà di 8,1 miliardi, rispetto agli attuali 7,4, e il 95% di questo incremento che si avrà nei paesi in via di sviluppo. Secondo le previsioni quindi, 6,7 miliardi di persone popoleranno i paesi in via di sviluppo, mentre solamente 1,4 miliardi risulteranno "collocati" nei paesi sviluppati. La crescita più veloce si dovrebbe avere nell'Africa Sub-Sahariana, con una crescita da 0,96 a 1,22 miliardi di persone dal 2016 al 2025.

Nel corso dei decenni passati, nonostante una forte crescita del numero di abitanti nei paesi in via di sviluppo, il numero di persone malnutrite è sceso nel tempo. In relazione agli anni '60, i prezzi degli alimenti sono diminuiti in termini reali; questa deflazione può essere attribuita ad un grande incremento nella produzione alimentare (in termini pro capite, al mondo oggi viene prodotto il 40% in più di cibo rispetto a quello che veniva prodotto circa quaranta anni fa) (OCSE/FAO, 2016). Ciò nonostante, questo trend positivo potrebbe subire un'inversione in futuro, se si dovessero accentuare punti di non ritorno riguardanti il cambiamento climatico e la relativa degradazione delle risorse naturali come terra e acqua.

Come già anticipato precedentemente, la crescita del reddito pro capite rappresenta il secondo fattore determinante della domanda di consumo; anche in questo caso i dati maggiormente rilevanti si hanno per i paesi in via di sviluppo con aspettative di crescita decisamente più alte. Secondo i dati OCSE-FAO i redditi, misurati dal prodotto interno lordo pro capite, dovrebbero crescere in maniera esponenziale nei paesi di recente industrializzazione, e più rapidamente nell'Est Asia e Pacifico. Per di più, le famiglie più povere tenderanno a spendere buona parte di questo reddito addizionale in cibo. Per esempio, la quota aggiuntiva di reddito che verrà spesa in cibo in Cina e negli Stati Uniti nel 2025 dovrebbe corrispondere a 3,4% dell'incremento del reddito per la Cina e solo al 1,1% dell'aumento di reddito negli Stati Uniti (OCSE/FAO, 2016).

La combinazione tra aumento del reddito e fenomeno di urbanizzazione sta sicuramente incidendo sul cambiamento delle abitudini alimentari da parte dei consumatori. In particolare, la crescita reddituale nei paesi in via di sviluppo ha un impatto rilevante sulla crescente domanda di prodotti animali. Inoltre, è stato dimostrato che le popolazioni urbane tendono a consumare meno cibi di base, mentre è decisamente maggiore il consumo di cibi trattati e prodotti animali. Questo tipo di alimentazione con un alto contenuto di carne genera pressioni sulle risorse terrene per il pascolo ed il grano necessario per il mangime, incluso il granoturco. Secondo le previsioni, dati questi trend, dal 2020 più del 60% del consumo di carne e latte avverrà nei paesi in via di sviluppo, e la produzione di carne, manzo, pollame e latte sarà circa il doppio rispetto al livello registrato nel 1993 (OCSE/FAO, 2016).

È stato stimato che altri 120 milioni di ettari di terreni dovranno essere adibiti ad uso agricolo per soddisfare la domanda di cibo nei paesi emergenti per i prossimi 30 anni. In particolare, si prevede che sette paesi in America Latina ed Africa Sub-Sahariana forniranno la maggior parte dei terreni aggiuntivi necessari ad assolvere questo fabbisogno. Tutto ciò avverrà a discapito di foreste ed altri terreni che verrebbero convertiti ed adibiti ad uso agricolo.

In relazione a quanto spiegato precedentemente, risulta interessante sottolineare la differenza riguardante la struttura dei consumi e delle variabili sopraindicate tra paesi sviluppati e paesi emergenti. I primi presentano preferenze alimentari più stabili ed equilibrate, con redditi che crescono lentamente e modelli di consumo meno sensibili rispetto a questa crescita reddituale, mentre i paesi in via di sviluppo sono caratterizzati da modelli di consumo più complessi, caratterizzati da fenomeni di denutrizione (dovuta all'insufficiente assunzione di calorie), sovra nutrizione e mal nutrizione (che risultano da una alimentazione poco equilibrata).

20.1.4. Proiezione riguardante il consumo alimentare pro capite

La **fig. 20.1** mostra le differenze in termini di domanda alimentare pro capite tra paesi sviluppati e paesi in via di sviluppo. A sinistra si può trovare il consumo alimentare previsto per il 2025 riguardante le principali categorie di prodotti, mentre a destra il rispettivo tasso di crescita tra il 2013-15 e il 2025.

Nel 2025, i paesi sviluppati continueranno ad avere i più alti consumi di cibo in termini pro capite. Ad ogni modo, il gap tra i paesi sviluppati e quelli in via di sviluppo (escludendo l'Africa Sub-Sahariana) si sta riducendo ed in alcuni paesi emergenti il consumo pro capite ha già superato la media dei paesi sviluppati. Per quanto riguarda l'Africa Sub-Sahariana invece, i consumi pro capite saranno circa il 20% più bassi rispetto agli altri paesi in via di sviluppo, con circa la metà di tutte le calorie provenienti dal consumo di cereali.

Analizzando più nel dettaglio le diverse tipologie di prodotto:

- **Cereali:** rappresentano il principale componente nelle diete in termini pro capite ma la loro relativa importanza sta pian piano diminuendo nel corso del tempo. I consumatori dei paesi più sviluppati assumeranno sem-

pre meno cereali spostandosi verso altre fonti energetiche. Il consumo pro capite crescerà lentamente nei paesi in via di sviluppo (esclusa l'Africa sub-sahariana), mentre dovrebbero aumentare del 4,9% proprio in Africa Sub-Sahariana da qui al 2025. In quest'ultima area le radici ed i tuberi rimangono importanti componenti nell'alimentazione, con un consumo pro capite annuo che si aggirerà attorno ai 53 kg nel 2025 (cifra di gran lunga superiore rispetto alle altre aree prese in analisi dove si riscontra un consumo pro capite di circa 10-15 kg, come si può evincere dal grafico sottostante);

- **Carne:** nel 2025 si stima un consumo pro capite di 69,7 kg nei paesi sviluppati, più del doppio rispetto ai paesi emergenti (32 kg) e sette volte tanto rispetto all'Africa Sub-Sahariana (11,3 kg). Sicuramente il Nord America incide pesantemente sui suddetti dati anche grazie ai costi particolarmente bassi riguardanti questa tipologia di alimenti;
- **Pesce:** attualmente viene consumato prevalentemente nei paesi sviluppati, ma stando ai dati raccolti pare che nel 2025 i paesi in via di sviluppo (escludendo l'Africa sub-sahariana) incrementeranno notevolmente il consumo di pesce superando addirittura i paesi ad alto reddito, come si può evincere dal grafico;
- **Latticini:** se si escludono i paesi dell'Africa Sub-Sahariana, il consumo di latticini crescerà fortemente nei paesi in via di sviluppo con un tasso di crescita del 21% da qui al 2025, focalizzandosi particolarmente sui latticini freschi piuttosto che sui prodotti lattiero-caseari trasformati; il più importante incremento del consumo pro capite di latticini freschi si osserverà in India, Pakistan, Turchia e Uruguay. Per quanto riguarda i paesi sviluppati, anche qui il consumo pro capite crescerà ancora più velocemente nel prossimo decennio rispetto a quello scorso. L'aumento di domanda sarà trainato soprattutto dai consumatori in Ucraina e Russia, dove il divieto di importazione dovrebbe essere sollevato. Nell'Africa sub-sahariana invece ci si aspetta solamente un incremento marginale nel consumo pro capite di latticini (OCSE/FAO, 2016).

Il maggior consumo di carne, pesce e prodotti lattiero-caseari porterà a diete più diversificate e ad una assunzione pro capite maggiore di proteine. Su scala globale, la tendenza del consumo di carne a crescere con i redditi supera la tendenza a ridurre il consumo di carne nei paesi dove i livelli di consumo pro capite sono già alti.

Crescita della domanda alimentare pro capite per zuccheri e oli vegetali nei paesi in via di sviluppo

Merita una sezione a parte, data l'importanza dei trend che si possono notare dai dati raccolti, l'evoluzione della domanda di zuccheri e oli vegetali nei paesi in via di sviluppo da qui ai prossimi anni.

Come si può notare dalla **fig. 20.1**, il consumo di zuccheri si prevede possa aumentare di più del 15% in termini pro capite nei paesi in via di sviluppo e tra il 10% e 15% nelle zone dell'Africa Sub-Sahariana arrivando rispettiva-

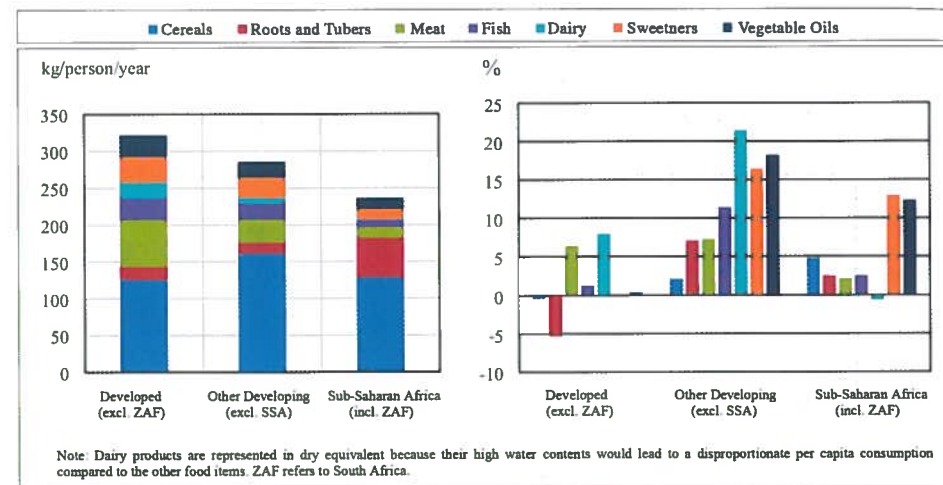


Fig. 20.1 - Consumo alimentare pro capite per regione: Kg/Cap/Anno nel 2025 (sinistra) e crescita 2025 vs 2013-15 (destra).

[Fonte: OCSE/FAO (2016), OCSE-FAO Agricultural Outlook 2016-2025].

mente ad un consumo di 23 kg e 12 kg tra oggi e il 2025. In generale nei prossimi anni si presenterà una larga variazione nel consumo di zuccheri, andando dai 2 kg nell'Oceania meno sviluppata ai 50 kg pro capite circa di Uruguay, Thailandia e Malesia. Al fine di mantenere una alimentazione sana ed equilibrata, l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) ha consigliato nel 2015 un consumo giornaliero pro capite di zuccheri non superiore al 10% del totale apporto energetico, in modo tale che il consumo previsto di zucchero sia proporzionato alle calorie totali assunte.

Per quanto riguarda il consumo di dolcificanti, si prospetta un incremento solamente marginale nei paesi sviluppati entro il 2025; in alcuni paesi dell'Unione Europea però si prevede che lo zucchero venga parzialmente sostituito dagli HFCS (High Fructose Corn Syrup), ovvero gli sciroppi di mais ad alta concentrazione di fruttosio, con aspettativa di crescita nei consumi che raggiungeranno l'11% nel 2025, rispetto all'attuale 3%. In alcuni paesi sono state avviate campagne per combattere l'obesità con interventi mirati sul mercato come è avvenuto per esempio in Messico, dove è stata introdotta nel 2014 una tassa sulle bevande zuccherate.

Un simile trend nel periodo preso in considerazione si prevede anche per il consumo di oli vegetali, con una forte espansione nei paesi in via di sviluppo, ma rimanendo comunque sotto il livello dei consumi nei paesi sviluppati (nel 2025 si prevede un consumo di 23,5 kg pro capite nei paesi in via di sviluppo, 25,5 kg nei paesi sviluppati e 12,8 kg in Africa sub-sahariana). Con l'incremento dei redditi, anche il consumo di oli vegetali tenderà a crescere. Si prospetta che India e Thailandia presenteranno tassi di crescita particolarmente elevati, rispettivamente del 55% e 49% (OCSE/FAO, 2016).

Il consumo di materie prime agricole crescerà più velocemente nei paesi in via di sviluppo

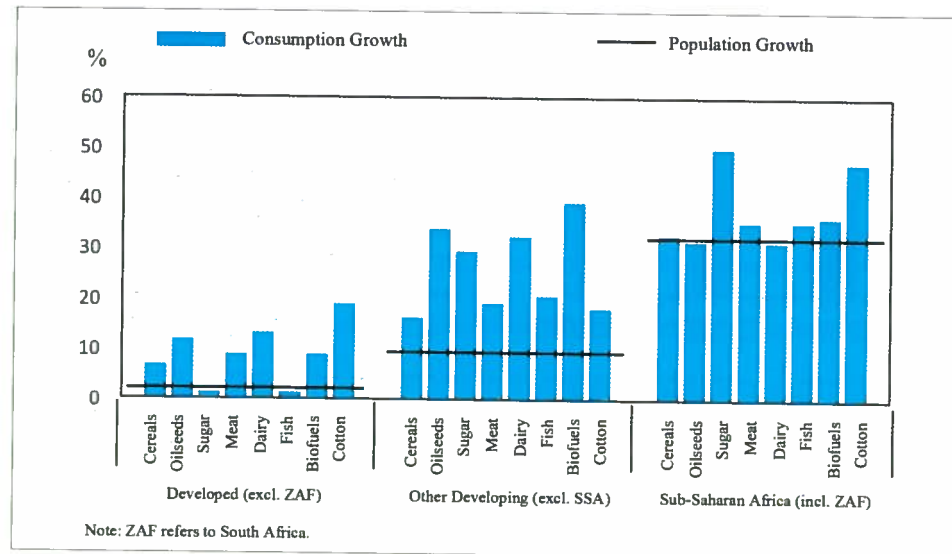


Fig. 20.2 - Crescita del consumo per regione: 2025 vs 2013-15
[Fonte: OCSE/FAO (2016), OCSE-FAO Agricultural Outlook 2016-2025].

La fig. 20.2 mostra la crescita dei consumi combinata con la crescita della popolazione. Si noti una parte dell'utilizzo di cereali e oli di semi è destinato a mangimi e produzione di biocarburanti, quindi il fatto che la crescita generale dei consumi ecceda il tasso di crescita della popolazione non implica necessariamente un incremento dei livelli di consumo alimentare pro capite.

I paesi in via di sviluppo (esclusa l'Africa sub sahariana) presentano un forte tasso di crescita nei consumi di tutti i generi di materie prime. Inoltre il gruppo dei paesi in via di sviluppo comprende i paesi più popolosi così come le economie emergenti per le quali ci si attende una maggiore espansione economica e crescita reddituale. La forte crescita di domanda di zucchero si verificherà nei paesi popolosi dell'Asia e del Pacifico, che rappresenteranno circa il 67% dell'espansione dell'utilizzo (India, Cina e Indonesia saranno testimoni del più grande incremento del consumo di zucchero). Si prospetta che il Brasile aumenterà l'impiego di etanolo derivato dalla canna da zucchero durante il periodo preso in considerazione e rimarrà il maggior utilizzatore di etanolo tra i paesi in via di sviluppo. Anche l'utilizzo di biodiesel si espanderà costantemente, con una notevole crescita della domanda specialmente in Brasile, Argentina e Indonesia, in linea con le loro domande interne.

Nell'Africa sub sahariana la crescita dei consumi sarà più elevata per la maggior parte delle materie prime rispetto agli altri paesi in via di sviluppo. Ad ogni modo, questi tassi di crescita devono essere interpretati in ottica prospettica, dato che i livelli correnti di consumo sono molto inferiori in quest'area rispetto al resto del mondo. Inoltre, in questa area per la maggior parte dei prodotti agrico-

li, la crescita dei consumi attesa è solo marginalmente superiore rispetto alla crescita della popolazione. Infatti, la popolazione di questi paesi si prevede che crescerà del 33,6% tra il 2015 e il 2025, tasso molto più alto rispetto alla media del 10,5% negli altri paesi in via di sviluppo.

Crescita della produzione attraverso l'intensificazione

Nei prossimi anni, la produzione agricola si troverà di fronte a diversi cambiamenti. A partire dal 2013 si è assistito ad un leggero calo dei prezzi, le risorse sono state reintegrate e la crescita economica nei principali paesi produttori si prospetta possa rallentare. Ad ogni modo, come si è potuto evincere precedentemente, la crescita di domanda globale varia tra i diversi prodotti, ma in generale nel prossimo decennio dovrebbe essere più lenta rispetto agli anni precedenti.

Il risultante indebolimento dei mercati agricoli ha fatto sì che essi risultassero meno attrattivi per gli investimenti, limitando la totale crescita della produttività di beni alimentari all'1,6% per anno di media, durante il periodo preso in considerazione. Ne consegue che l'espansione della domanda globale potrà essere soddisfatta soprattutto attraverso miglioramenti di efficienza, richiedendo un aumento limitato dell'utilizzo dei terreni produttivi per le aree di raccolto e le mandrie di bestiame. Nel settore delle colture, l'incremento dei rendimenti saranno responsabili dell'80% della crescita totale degli output, mentre l'espansione delle aree coltivabili contribuirà per il 20% (OCSE/FAO, 2016).

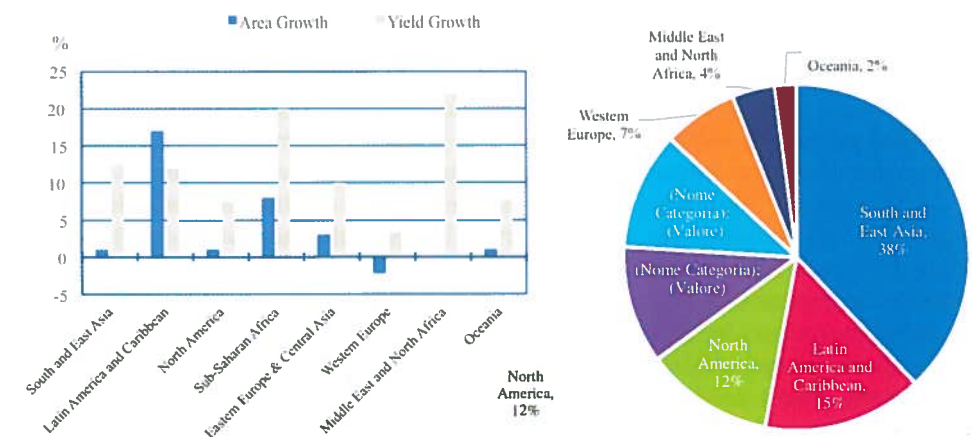


Fig. 20.3: Area e rendimento per regione: crescita delle aree agricole e del rendimento 2025 vs 2013-15 (sinistra) e quote di aree agricole nel 2025 (destra)
[Fonte: OCSE/FAO (2016), OCSE-FAO Agricultural Outlook 2016-2025]

Nella fig. 20.3 si può notare l'andamento della crescita delle aree e della crescita di rendimenti per ogni regione, oltre alla quota di ogni regione che si prevede sarà dedicata alle aree agricole nel 2025. Nell'Africa sub sahariana, per esempio la produzione sarà il risultato della combinazione di miglioramenti di rendimento ed espansione di terreni agricoli. Nel sudest asiatico e nell'Europa dell'est la crescita moderata sarà sostenuta soprattutto dall'aumento dei rendi-

menti. Al contrario invece, in America Latina e nelle zone caraibiche l'espansione dei terreni agricoli sarà il fattore trainante, e ciò sarà dovuto specialmente all'espansione della soia in Brasile e Argentina. Nel nord Africa, Medio Oriente e Est Europa, i miglioramenti dei rendimenti compenseranno la decrescita dei terreni adibiti ad uso agricolo; infine in Oceania, i più alti tassi di autosufficienza saranno dovuti all'incremento di rendimenti ed aree coltivabili.

Focus: incremento della produzione nonostante la limitazione di risorse nel sud-est asiatico

Quest'area, comprendente numerosi paesi in via di sviluppo, è considerata la più grande produttrice di beni agricoli; nel periodo 2013-2015 sono stati prodotti il 40% di cereali e di carne a livello globale ed il 60% di oli vegetali, specialmente di palma. Il settore agricolo però ha incontrato in questi anni numerose restrizioni riguardanti specialmente il rispetto delle aree e la disponibilità di acqua, così come la carenza di manodopera. Per prima cosa, attraverso l'intensificazione e i miglioramenti di efficienza, la produzione di beni agricoli in queste zone si prospetta che crescerà almeno del 20% nel prossimo decennio. Il settore del bestiame contribuirà attorno al 40% di questo sviluppo, mentre il settore riguardante le colture per il 33% e la pesca per il 27%.

Analizzando l'andamento di alcuni prodotti, per quanto riguarda il riso, per esempio, l'89% della crescita produttiva globale è da attribuire ai paesi del sud-est asiatico, in particolar modo India, Indonesia e Bangladesh. La produzione di grano turco, la seconda più importante coltura in queste zone, sarà in forte aumento soprattutto in Cina. L'India, attualmente il terzo maggior produttore di grano a livello globale, influenza lo sviluppo di questa coltura in questa regione: né l'India né altri paesi di questa zona fortemente agricola hanno sufficienti incentivi ad ampliare la superficie coltivata a grano, di conseguenza gran parte dell'incremento dell'output sarà dovuto ai miglioramenti dell'efficienza.

Per quanto riguarda i semi di soia, nel sud-est asiatico la produzione crescerà del 30% partendo da una base iniziale piuttosto modesta, soprattutto in Cina, Indonesia e India. Per il momento in quest'area, specialmente in Cina, continuerà l'importazione di una grande quantità di semi di soia. Oltre ad essere il primo importatore, la Cina è uno dei più grandi produttori di altri semi oleosi (specialmente arachidi), ma la produzione non sembra in significativa espansione. Inoltre, oltre a produrre cibi proteici e oli vegetali di semi, i paesi di questa zona trainano anche la produzione di olio di palma. La Cina poi continua ad essere la regione più importante per la produzione di bestiame, specialmente per quanto riguarda la carne suina. Si prospetta che il sud-est asiatico continuerà a dominare la produzione ittica, con Cina, India, Indonesia e Vietnam che faranno registrare la maggior crescita nei prossimi anni.

La rapida urbanizzazione e la crescita del reddito pro capite hanno portato ad un forte incremento della domanda nel settore lattiero-caseario, e si prevede che la produttività crescerà del 20% da qui al 2025. Grazie ad incremento del 47% dei volumi di produzione, nel 2020 l'India diventerà il più grande paese produttore di latte a livello mondiale (OCSE/FAO, 2016).

In generale per quanto riguarda l'area del sud-est asiatico ci si attende nei

prossimi decenni che lo sviluppo sarà trainato prevalentemente dai miglioramenti di efficienza dei rendimenti dei terreni adibiti ad attività agricole, piuttosto che dall'espansione delle aree destinate alle colture e ad allevamento di bestiame. Lo stesso trend si può notare per molti altri paesi ad eccezione, come evidenziato precedentemente, dell'America Latina dove sembrano esserci ancora ampi margini di espansione territoriale per fini agricoli.

20.2. ANALISI DELL'OFFERTA

20.2.1. Inquadramento Generale

Il mercato alimentare globale è in continua evoluzione e a guidare il cambiamento non sono solamente le preferenze dei consumatori, ma anche la tecnologia, i legami tra i soggetti appartenenti alla filiera produttiva e le politiche aziendali. Consumatori, produttori e distributori sono solamente alcuni degli attori che compongono il complesso scenario, caratterizzato da diverse tendenze che influenzano l'ambiente in cui tali soggetti agiscono. Le nuove tendenze, e l'elevato grado di dinamicità dello scenario, impongono ai produttori l'utilizzo di determinate strategie, spesso mirate solamente ad alcuni mercati piuttosto che optare per un'unica strategia standardizzata. Assumono ruoli molto importanti anche le attività a sostegno dell'immagine aziendale, riguardanti il brand e la responsabilità sociale. In particolare, sono sempre di più i consumatori preoccupati per il forte impatto ambientale dell'industria alimentare e per le disuguaglianze nella distribuzione del reddito derivanti dalla produzione di cibo. Sono questi alcuni dei motivi che hanno spinto le imprese ad intraprendere delle strategie per cercare di perseguire lo sviluppo sostenibile della produzione, sia del punto di vista del prodotto che da quello lavorativo.

20.2.2. Elementi Caratterizzanti

Competere nel settore alimentare mondiale non è sicuramente un compito semplice, essendo il mercato in continua evoluzione e guidato principalmente dalle preferenze dei consumatori, caratterizzate da un elevato grado di variabilità e spesso influenzate da una precisa collocazione geografica dei soggetti. Le imprese si trovano a dover rispondere a questi specifici bisogni, fornendo alimenti, grazie a tecnologie produttive sempre più sofisticate e personalizzate, per poter soddisfare gusti e preferenze locali. Normalmente il cibo viene venduto al consumatore finale sia attraverso il canale distributivo al dettaglio, sia tramite i soggetti appartenenti al settore della ristorazione, come alberghi e ristoranti. Le vendite globali di prodotti alimentari attraverso entrambi i canali, ammontavano, riferendosi all'anno 2002, a 4 trilioni di dollari (Tabella 20.I). Oltre il 40% delle vendite totali appartenevano al settore della ristorazione e si suppone che nel futuro le vendite di tale settore supereranno quelle al dettaglio, a livello mondiale, dovuto anche in parte alla crescente domanda dei paesi in via di sviluppo, rappresentata dai fast food. Circa il 60% delle vendite dei prodotti confezionati nel mon-

	Retail stores	Food service	Total
Billion \$			
Fresh Foods	531	382	913
Processed Products	1,762	1,42	3,182
Packaged food	1,148	828	1,976
Beverages	614	592	1,206
Alcoholic drinks	316	422	729
Hot Drinks	53	12	65
Soft Drinks	245	167	412
Total food	2,293	1,803	4,096

Fonte: Euromonitor, 2003 in new direction in global food markets, 2005

Tab. 20.I - Global Food Sales, 2002.

do (sempre riferite al 2002) sono state effettuate in territori ad alto reddito, come l'Europa, l'America e il Giappone, e in queste regioni il cibo confezionato rappresentava circa la metà della spesa in prodotti alimentari, contrariamente ai paesi in via di sviluppo dove la percentuale si attestava intorno al 30% o meno (fig. 20.4).

Parlando dell'aspetto dimensionale del mercato alimentare, risulta sicuramente più difficoltoso tracciarne l'ampiezza. Nei paesi sviluppati il settore della ristorazione rappresenta una quota consistente del cibo venduto, molto spesso raggiunta sfruttando una rete più o meno ampia di punti vendita. Nelle economie in via di sviluppo invece in molti casi è più difficile reperire informazioni a

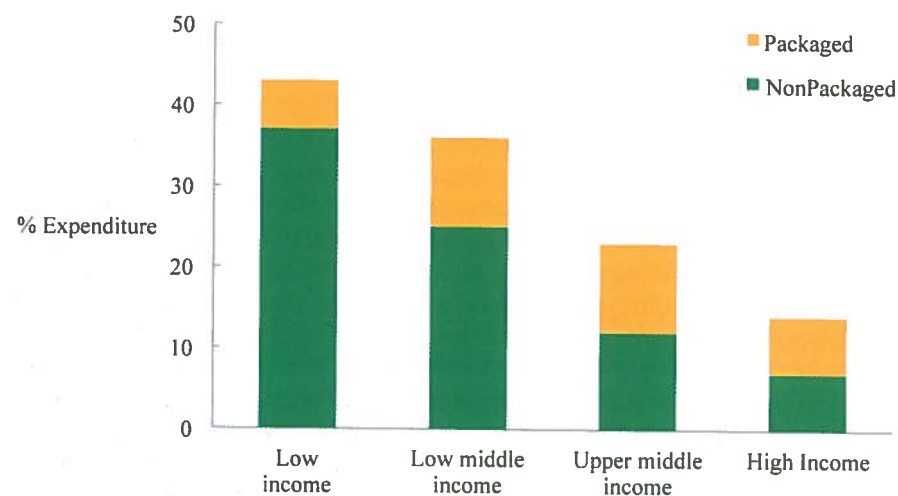


Fig. 20.4 - Food share of total expenditures declines while processed food share of food expenditures increases with income, 2002.

Source: Euromonitor, 2003. World Bank classification of countries.

riguardo; molti cibi vengono venduti da bancarelle situate direttamente in strada, con il cibo spesso preparato in casa. Per cercare di stimare il più accuratamente possibile la dimensione del mercato si fa riferimento ai dati di vendita al dettaglio (escludendo quindi il settore della ristorazione). Tuttavia anche in questo caso si presentano alcuni problemi, che potrebbero impedire di cogliere efficacemente la dimensione globale del mercato. Pur essendo la presenza di supermercati sempre maggiore anche nei paesi ad alto potenziale, le differenti metodologie di vendita che in alcuni casi si presentano, rispetto ai paesi sviluppati, potrebbero portare a sottostimare l'effettiva dimensione dei mercati in via di sviluppo.

20.2.3. La Grande Distribuzione

Le dimensioni dei mercati sono sensibilmente più grandi nei paesi sviluppati, tuttavia la crescita è generalmente più rapida nei paesi in via di sviluppo. Alimenti come gli oli e i grassi, e i latticini hanno fatto registrare notevoli incrementi soprattutto nelle economie in via di sviluppo, mentre nei paesi ad alto reddito la crescita delle vendite è sensibilmente inferiore, mostrando in alcuni casi dei valori negativi. Soprattutto in questi ultimi paesi è calata la richiesta di alimenti usati nella preparazione dei pasti, a favore di prodotti già pronti da consumare, mostrando una tendenza di fondo orientata al consumo di cibo pronto e preconfezionato.

Come rivelano le tendenze della domanda alimentare (vedi sezione 1), una delle principali forze trainanti del settore alimentare è il consumatore; la crescita del reddito unita ai cambiamenti nello stile di vita dovuti a fenomeni quali l'urbanizzazione, ne hanno modificato le abitudini, e di conseguenza la domanda si sta adattando a tutti questi cambiamenti. Queste linee di sviluppo sono state fortemente influenzate da alcuni strumenti, che nel tempo hanno raggiunto un numero sempre maggiore di abitazioni: ci si riferisce principalmente ai frigoriferi e ai forni a microonde. La diffusione esponenziale di questi strumenti ha permesso ai produttori di offrire cibi più facilmente deperibili, così da poter essere conservati, e la commercializzazione di pasti pronti all'uso, facilmente adatti ad un rapido consumo senza eccessive lavorazioni. Tutto questo trova ulteriore conferma nel fatto che la maggioranza dei cibi, viene venduta tramite grossi supermercati, localizzati soprattutto negli stati rappresentati da mercati maturi, mentre nelle economie emergenti sono presenti anche altre realtà (tab. 20.II). In questo contesto, le multinazionali si adoperano per differenziare l'offerta nei diversi mercati in cui operano, rendendola flessibile alle differenti esigenze dei consumatori locali. L'aumento della diffusione dei supermercati rivela infatti, come la standardizzazione del modello distributivo si stia diffondendo sempre di più anche nelle economie in via di sviluppo.

20.2.4. Espansione dei supermarket in America Latina ed Asia

Negli ultimi decenni, la diffusione e l'espansione dei supermercati nei paesi in via di sviluppo è stata guidata dai già citati fattori, molto simili in tutti i pae-

si caratterizzati da economie emergenti. Parallelamente si è assistito anche ad un evento di svolta nell'ambito economico, ossia la liberalizzazione dei regolamenti sugli investimenti diretti provenienti dall'estero (come per esempio in base agli accordi dall'Asia-Pacific Economic Cooperation APEC, 2003), che ha garantito un massiccio afflusso di capitali da investire anche nell'industria alimentare. Successivamente a tale evento, gli investimenti medi nei paesi in via di sviluppo sono incrementati notevolmente, soprattutto da parte dei grossi investitori rappresentati dalle multinazionali.

Come si può notare dalle **tab. 20.II e 20.III**, raffiguranti rispettivamente la percentuale rappresentata dai diversi canali di vendita in alcuni paesi nel mondo (**tab. 20.II**) e le vendite delle principali catene di distribuzione presenti in Asia

	Latin America	North America	Europe	Asia/Pacific	Africa & Middle East
Large Supermarket	13	41	25	11	33
Hypermarket	11	32	24	18	1
Traditional	24	-	8	38	42
Convenience	1	20	6	7	4
Small Supermarket	18	-	17	12	5
Drug Store	9	7	4	5	6
Hard Discounter	-	1	11	-	-
Bar	5	-	-	2	4
Kiosk	6	-	1	1	1
Specialty	-	-	1	-	-
Other	4	-	4	7	4

Source: Dobson et al. (2015)

Tab. 20.II - Percent Share of Trade by Retail Channel for World Regions

(**tab. 20.III**), si può anche constatare la notevole presenza dei nuovi modelli di distribuzione rappresentati dalle grandi catene multinazionali, presenti sui territori tramite i supermercati. Sia in America Latina che in Asia, i supermercati rappresentano ormai una realtà consolidata, che sta lentamente soppiantando i punti vendita tradizionali. In particolare, l'America Latina presenta una bassa concentrazione nel mercato della vendita al dettaglio in molti paesi (Agriculture and Agri-Food Canada, 2012), ma le multinazionali stanno incrementando notevolmente i volumi di vendita nel continente, espandendosi continuamente. Nello specifico, cinque rivenditori generano un fatturato annuo superiore ai 15 miliardi di dollari (Retail structure and competition assessment with application to Latin America and the Caribbean, 2015). Anche la **tab. 20.III**, mostra la crescita delle catene di distribuzione in diversi paesi dell'Asia, dove i dati mostrano un trend di crescita nel corso degli 8 anni considerati dallo studio. La crescita delle vendite è rappresentata sia dalla nascita di nuove catene, sia dallo sviluppo di quelle

Wave	2001 sales	2005 sales	2001-2005 annual compound growth (%)	2009 sales	2005-2009 annual compound growth (%)	2001-2009 annual compound sales growth rate (%)	Real GDP compound growth rate 2000-2008 (%)	No. of leading chains followed
First wave								
South Korea	19,1	38,5	19,2	41,7	2,0	10,3	4,5	18,0
Taiwan	7,1	13,9	18,3	17,6	6,1	12,0	NA	17,0
Second wave								
Indonesia	1,8	4,0	22,1	7,3	16,2	19,1	5,2	14,0
Malaysia	2,0	3,6	15,8	7,1	18,5	17,2	5,5	16,0
Philippines	1,9	3,5	16,5	6,8	18,1	17,3	5,1	13,0
Thailand	5,4	10,9	19,2	17,7	12,9	16,0	5,2	21,0
Third wave								
China	13,1	40,2	32,4	91,5	22,8	27,5	10,4	47,0
India	0,2	0,9	45,6	5,1	54,3	49,9	7,5	33,0
Vietnam	0,1	0,7	62,7	2,0	30,0	45,4	7,7	16,0

Source: Reardon et al. (2012)

Tab. 20.III - Sales of leading modern retail chains that sell food, and GDP growth, over selected Asian countries, over 8 y (2001-2009), in billions of USD.

già presenti, guidata anche qui, come in America Latina, da diversi fattori quali l'urbanizzazione, la crescita del potere d'acquisto, e alle politiche nazionali mirate all'espansione economica.

In entrambi i continenti i supermercati hanno raggiunto una posizione molto importante e di rilievo, prima in America Latina e successivamente con qualche anno di ritardo anche in Asia, dove in alcuni stati si registra ancora una forte presenza di altri canali di vendita, tuttavia in calo a favore proprio di questi grossi punti vendita.

Sono tre le principali tendenze che hanno caratterizzato questa espansione:

- Le strutture sono principalmente di proprietà di grossi investitori esteri, identificati nelle grandi aziende multinazionali;
- Il Settore è fortemente concentrato, in mano a poche multinazionali che posseggono numerosi punti di distribuzione nei singoli paesi;
- La diffusione sempre più capillare dei punti di distribuzione, che adesso non raggiungono solamente le grandi città come accadeva in precedenza, ma anche piccoli e medi centri abitati e le zone rurali.

La sostituzione dei punti vendita tradizionali, in favore dei supermercati, è stata tuttavia accolta più lentamente per quanto riguarda il settore dei cibi freschi, rappresentato prevalentemente da frutta e verdura, rispetto agli altri setto-

ri alimentari. I piccoli negozi risultano ancora convenienti per gli abitanti locali, ma l'aumento della qualità e i prezzi competitivi, insieme a politiche mirate in generale a garantire un'offerta dotata di standard elevati, hanno contribuito fortemente alla crescita dei supermercati. In molti casi questi grossi rivenditori, hanno preso spunto direttamente da questi piccoli negozi locali, cercando di fornire un ambiente familiare e rassicurante per il cliente, considerato una delle caratteristiche dell'offerta più importanti da parte dei consumatori. A fronte di questi cambiamenti, e all'introduzione da parte di alcuni di norme sulla sicurezza alimentare, molti negozi locali sono stati costretti a modificare sia la propria offerta che le proprie strategie, per reagire alla forte pressione dei supermercati, adottando prassi igieniche diffuse e nuovi metodi di approvvigionamento dei prodotti, influenzando così anche quella parte del mercato alimentare che era presente nel paese anche prima di questo cambiamento, e che aveva abitudini e metodi completamente diversi. Questo settore alimentare è in crescita rispetto al passato, e mentre prima solitamente esistevano due mercati all'interno del medesimo settore, uno costituito da prodotti di qualità inferiore, destinato ai consumatori interni, e uno di qualità superiore destinato all'esportazione, oggi grazie soprattutto all'avvento dei supermercati in questi paesi la situazione si è modificata, ed entrambi i mercati rivestono una posizione importante.

20.2.5. Cambiamenti Nella Catena del Valore nei Paesi Emergenti

Rispetto ai paesi più sviluppati, la commercializzazione degli alimenti in Sud America e in Asia è pesantemente vincolata da uno scarso supporto istituzionale e da infrastrutture pubbliche spesso insufficienti e arretrate dal punto di vista tecnologico. Tutto questo si traduce in un rischio costante, che limita l'attività dei fornitori di prodotti. Pertanto i supermercati in queste regioni hanno dovuto affrontare notevoli sfide e ostacoli, per sviluppare una catena di distribuzione caratterizzata da elevati standard qualitativi. Per competere dunque in settori ad alto rischio, come quello dei cibi freschi, i supermercati hanno dovuto implementare tutta una serie di cambiamenti nel processo distributivo per vincere le sfide incontrate nei mercati emergenti.

Questo processo si può rappresentare in 4 passaggi:

- 1) Sistema di distribuzione e approvvigionamento centralizzato: con l'aumento dei punti vendita delle grandi catene multinazionali si è registrata la tendenza a passare da un sistema di approvvigionamento dei singoli punti vendita, ad uno centralizzato, che si occupa di rifornire tutti quelli presenti in una determinata area geografica (città, regione, ma molto spesso anche diversi stati). In alcuni casi vengono anche centralizzati i processi decisionali in materia di distribuzione dei prodotti, riducendo i costi e aumentando l'efficienza.
- 2) Miglioramenti logistici: per coprire eventuali aumenti di costi derivanti dalla centralizzazione del processo di approvvigionamento, le grandi catene multinazionali hanno effettuato moltissimi investimenti per garantire un rapido rifornimento del punto vendita, adottando anche nuove pratiche di gestione per garantire un'interfaccia semplice con i grandi magazzini della catena. Inoltre alcune catene multinazionali hanno optato per soluzioni alternative,

esternalizzando la fase di distribuzione, oppure creando delle joint venture con aziende di trasporti.

- 3) Standard qualitativi privati: quando non sono presenti degli standard pubblici atti a garantire un determinato livello di qualità, possono essere introdotti degli standard privati creati appositamente ad hoc. Questi standard possono risultare delle vere e proprie armi competitive nei confronti dei punti vendita concorrenti e in parte sono stati guidati dalle grandi multinazionali che hanno voluto stabilire degli standard qualitativi, introducendo gli stessi livelli presenti nei punti vendita dei paesi sviluppati, e in quei casi molto spesso regolamentati dalla legge.
- 4) Alleanze tra produttori: spinte dalla necessità di ridurre i costi di transazione, molte multinazionali hanno effettuato dei cambiamenti nella filiera produttiva. L'obiettivo di disporre sempre di cibo fresco e vario per tutto l'anno, ha indotto le aziende a creare molte joint venture o alleanze strategiche tra imprese localizzate in posizione geografiche opposte, che commercializzano però prodotti complementari. In questo modo la stessa azienda può soddisfare la domanda di determinate categorie di prodotti, durante tutto l'anno (Regmi e Gehlar, 2005).

20.2.6. Evoluzione e Prospettive

20.2.6.1. Mercato locale del cibo

Non esiste una definizione univoca di alimento locale, avendo principalmente il concetto una natura geografica e presentando forti differenze a seconda del luogo e del contesto in cui ci si trova. Provando ugualmente a fornire una definizione, incentrata sulla distanza tra produzione e consumo, si può fare riferimento alla definizione adottata dal congresso degli Stati Uniti, con il Farm Act nel 2008: un prodotto non può essere trasportato per più di 400 miglia (640 km), dal luogo in cui viene prodotto, per essere considerato locale. Secondo il New Oxford American Dictionary (NOAD), una persona considera cibo locale quello coltivato o prodotto nel raggio di 100 miglia (160 km). Tuttavia non bisogna dimenticare come la stessa definizione sia avvolta da una forte componente di aleatorietà, in quanto il concetto può assumere diversi significati, semplicemente cambiando la destinazione geografica di riferimento. Alcuni consumatori di determinate zone devono compiere brevi spostamenti per procurarsi il cibo, mentre per altri in zone diverse, la distanza da coprire può essere sensibilmente più ampia. Le caratteristiche geografiche di una determinata area geografica possono influenzare sensibilmente la capacità di approvvigionamento del cibo, è nato quindi il concetto di localismo flessibile (Ilbery e Maye, 2006).

La vicinanza geografica è solamente una delle componenti che contribuiscono a definire il concetto di alimento locale. I consumatori, prendono in considerazione però anche altre caratteristiche per associare il prodotto, al sistema di produzione e distribuzione locale, quali ad esempio metodi sostenibili ed ecologicamente validi, oppure ancora tutte quelle caratteristiche che possono contribuire a creare un'immagine del produttore che ruota attorno a determinati valo-

ri, trasmessi direttamente agli alimenti che produce, creando una vera e propria storia attorno al prodotto (Thompson et. al., 2008). Il cibo locale può essere ancora definito dalle caratteristiche della filiera produttiva; una catena corta facilita il collegamento tra il produttore e il consumatore fornendo maggiori informazioni circa l'origine e le caratteristiche del prodotto alimentare, permettendo all'acquirente di conoscere anche chi produce e come svolge tale attività. Una tipica caratteristica di una catena di produzione corta è rappresentata dalla vicinanza spaziale, dove i beni sono prodotti e venduti al dettaglio in una specifica area geografica, mettendo in diretto collegamento produttore e consumatore finale. Sono principalmente due le tipologie di mercati alimentari, quelli che includono le transazioni dirette tra produttore e consumatore (direct to consumers) e quelle verso i venditori al dettaglio e il settore della ristorazione (direct to retail/foodservice).

In questa tipologie di mercati rientrano diverse varietà di metodologie distributive, ma le più importanti sono sicuramente i mercati degli agricoltori e le iniziative della comunità a supporto dell'agricoltura. Osservando i dati del mercato statunitense, il settore è in rapida crescita sotto molti punti di vista, pur rappresentando ancora una piccola quota del mercato (tab. 20.IV). Può essere utile fare riferimento al mercato americano per cercare di interpretare l'andamento futuro di questo fenomeno sia grazie alla rilevanza del mercato in questione, in quanto rappresenta uno dei più grandi al mondo, sia per la sua influenza sui consumi e sull'offerta di alimenti a livello mondiale. Per fare un esempio della rilevanza in generale del mercato statunitense e delle sue aziende, 6 su 10 fanno parte delle "big 10" food and beverage companies (Oxfam Briefing Paper 166, 2013). È innegabile quindi che l'influenza di tale paese si estenda ben oltre i confini nazionali, potendo influenzare molto spesso, e in maniera consistente, consumi e offerta di moltissimi altri mercati.

Un mercato di agricoltori è uno spazio comune dove questi si riuniscono, su base ricorrente, per vendere prodotti direttamente ai consumatori. In passato erano considerati il mezzo principale per vendere i prodotti nei centri urbani, ma oggi con lo sviluppo delle città la loro importanza si è notevolmente ridot-

Year	Total agricultural sales	Direct-to-consumer sales	Total at-home consumption	Direct-to-consumers sales as percentage of total agricultural sales	Direct-to-consumers sales as a percentage of total home consumption
	Million dollars			%	
2007	297,22	1,211	577,002	0,4	0,21
2002	200,646	812	451,278	0,4	0,18
1997	196,865	551	374,02	0,3	0,15

Source: USDA, Economic Research Service analysis of USDA, National Agricultural Statistics Service, Census of Agriculture data, various years in Local food systems Systems: Concepts, Impacts, and Issues", 2010.

Tab. 20.IV - Direct marketing's impact on agriculture and consumption 1997-2007.

ta (Futamura, 2007). Il numero di tali mercati tuttavia ha recentemente ripreso a crescere, raggiungendo quota 5.274 nel 2009, registrando un incremento della presenza sul territorio del 92% rispetto al 1998 (USDA, Agricultural Marketing Service, 2009).

Il concetto di comunità agricola sostenuta è nato in Svizzera e in Giappone (Farnsworth et al., 1996) e consiste nell'acquisizione da parte del consumatore di una parte del raccolto futuro del produttore secondo determinate modalità. Nel 2005 i CSA (Community Supported Agriculture) sono stati 1144, rispetto ai 761 nel 2001 e si stima che tale numero continuerà a crescere in futuro. Entrambe queste tipologie di mercato, nonostante rappresentino solo una piccola quota delle vendite totali del mercato di riferimento, stanno crescendo, in maniera graduale, rispetto al passato, andando incontro alle nuove abitudini ed esigenze dei consumatori.

Entrambe queste tipologie di attività di vendita diretta al consumatore, unite seppur ad altre di minor impatto, rappresentano lo 0,4% delle vendite totali dirette dell'intero mercato (vedi sempre tab. 20.IV). Seppure come menzionato ad inizio paragrafo la percentuale sia molto bassa rispetto al totale, si intravede facilmente dalla tabella il trend che queste tipologie di vendite stanno assumendo e la crescita che le ha caratterizzate.

La maggior parte delle vendite degli alimenti locali, proviene dai venditori al dettaglio e dal settore della ristorazione. Un'indagine condotta in una contea dello stato di New York, per valutare l'esperienza di diverse tipologie di negozi alimentari nella vendita di prodotti locali, ha dimostrato come questi ultimi vengano considerati prodotti speciali, che possiedono una qualità superiore (Guptill e Wilkens 2002). La vendita di prodotti locali non viene più svolta solamente dai piccoli rivenditori al dettaglio o direttamente dagli agricoltori, ma tramite nuovi canali distributivi che hanno ormai preso il sopravvento negli ultimi anni. I grossi supermercati rappresentano in moltissimi stati il principale rivenditore al dettaglio di prodotti, e le aziende stanno reagendo di conseguenza, ponendo in questi casi moltissima attenzione alla promozione dei prodotti locali, sempre più richiesti dai consumatori. Anche se la distribuzione dei prodotti si sta globalizzando attorno al concetto di supermercato-ipermercato, si assiste ad una differenziazione dell'offerta da parte dei produttori, verso i prodotti locali tipici dei diversi luoghi di produzione, anche da parte di queste grosse strutture. Nel 2008, Wal-Mart ha espresso il suo impegno verso la promozione nei propri punti vendita di frutta e verdura prodotte localmente, per mantenere i prezzi bassi ed offrire allo stesso tempo cibi freschi e salutari. Iniziative simili, sempre verso prodotti locali sono state promosse da altre grandi catene come Safeway e Publix.

L'offerta di cibo locale non proviene solamente dalla distribuzione al dettaglio, ma anche da altri settori, ad esempio quello ristorativo. Sempre più ristoranti stanno sostenendo il consumo di cibo locale, considerato da moltissimi chef uno dei trend più caldi degli ultimi tempi³. Anche nelle scuole, i programmi scolastici alimentari rappresentano una componente importante per promuovere tali prodotti. Sia a livello di istruzione, che a livello di alimentazione (mensa sco-

³ http://www.restaurant.org/pdfs/ricerca/whats_hot_2010.pdf/

	Weighted share (N=391)
School district participates in State farm to school program	14%
School district has guidelines for buying locally grown produce	16%
School district has guidelines for buying fresh produce	10%
Source: USDA, Economic Research Service analysis of School Nutrition Dietary Assessment III survey data in Local food system, 2010	

Tab. 20.V - School district participation in State farm to school programs and use of guidelines for buying fresh or locally grown produce, 2005.

lastica) gli obiettivi sono quelli di mettere a stretto contatto gli agricoltori con i consumatori finali, per promuovere la freschezza del cibo e l'aspetto salutare, per contrastare la crescente obesità e fornire per tempo i mezzi per un'alimentazione consapevole. Anche queste iniziative stanno seguendo un andamento positivo, raddoppiando il loro numero tra il 2006 e il 2009. Dall'indagine condotta nel 2005 dalla School Nutrition Dietary è emerso come il 14% dei distretti scolastici abbia partecipato a programmi alimentari (tab. 20.V)⁴.

Recentemente, anche le strutture ospedaliere si stanno orientando in questa direzione, forti della loro posizione in materia e consapevoli della loro capacità di persuasione. A partire dal 2009, 284 strutture ospedaliere, tra cui diversi ospedali privati, negli Stati Uniti, hanno sottoscritto l'iniziativa Health Care Without Harm Healthy Food Pledge impegnandosi ad incrementare l'offerta di frutta e verdura, unita ad alimenti poveri, appositamente selezionati per garantire uno sviluppo sostenibile, educando e promuovendo cibi sani, individuati nei prodotti locali. Ristoranti e ospedali, seppur con motivazioni di fondo diverse, stanno rispondendo a cambiamenti intervenuti nella domanda nel tempo; infatti il consumatore odierno, cerca di essere più attento all'ambiente e alla salute, ricercando alimenti che siano prodotti e/o distribuiti secondo nuove logiche salutistiche ed ecosostenibili. Per questi motivi entrambe le tipologie di strutture citate precedentemente stanno offrendo cibi salutari a basso contenuto di grassi e zuccheri (Bonini e Oppenheim, 2008).

20.2.6.2. Corporate Social Responsibility (CSR)

Nel mercato alimentare odierno, trainato sempre più dalla domanda e dai suoi repentini mutamenti, è importante per le imprese identificare quelle che

⁴ Negli Stati Uniti solitamente le scuole pubbliche appartengono a distretti scolastici, governati da consigli scolastici, che rappresentano normalmente organizzazioni indipendenti, sotto la guida dei governi statali. Normalmente, anche se la definizione può variare a seconda del territorio in cui ci si trova, per la costituzione del distretto in questione devono essere presenti tre tipologie di scuole: una scuola elementare, una scuola media, e un liceo - https://en.wikipedia.org/wiki/School_district

possono essere le giuste direzioni dal lato dell'offerta. I continui cambiamenti nelle abitudini, nei valori e nelle preferenze dei consumatori, insieme alla rivoluzione delle tecnologie dei mezzi di comunicazione, hanno portato il tema della Corporate Social Responsibility (CSR) ad assumere un ruolo preponderante anche nell'offerta di cibi e bevande (Luo X. Et al., 2006). L'intera società chiede ormai sempre con maggiore insistenza di prendere in considerazione le conseguenze sociali e ambientali delle proprie azioni, per fornire una maggiore trasparenza e apertura nei confronti delle persone. (Freeman et al., 2010). Secondo la norma ISO 26000 (ISO, 2010), viene data una definizione generale di quella che viene considerata come responsabilità sociale delle organizzazioni:

"...la responsabilità di un'organizzazione per l'impatto delle sue decisioni e attività sulla società e l'ambiente, attraverso un comportamento trasparente ed etico che contribuisce allo sviluppo sostenibile, compresa la salute e il benessere della società, tiene conto delle aspettative degli stakeholders, è conforme con le leggi applicabili ed è coerente con le norme internazionali di comportamento, oltre ad essere una parte integrale di tutte le relazioni di un'organizzazione."

In particolare la CSR nel settore alimentare è molto rilevante per tre ragioni principali:

- L'elevato impatto e stretta dipendenza con le risorse naturali ed umane (Genier et al, 2009).
- La nutrizione rappresenta un'esigenza basilare nella vita delle persone, queste vedono perfettamente che cosa mangiano o bevono e molto spesso sono consapevoli di tutte le condizioni che si vengono a creare lungo la catena del valore alimentare. Quindi le politiche aziendali devono adattarsi di conseguenza (benessere degli animali, energia, condizioni di lavoro) (Maloni e Brown, 2006).
- Può rappresentare un'utile politica di differenziazione a livello di prodotto e immagine aziendale, rappresentando non solo la cosa giusta da fare, ma anche quella più intelligente (Smith 2003, pg. 52).

Per le aziende alimentari dunque, essendo molto esposte nei confronti dell'opinione pubblica, la CSR assume un ruolo sempre più centrale nelle politiche delle imprese, nonostante siano ancora un numero esiguo quei consumatori informati e critici, e la maggior parte della clientela sia rappresentata da tutti quei consumatori che fanno affidamento sui segnali trasmessi nei punti vendita o sulle etichette degli alimenti (Walther et al., 2010). Tuttavia, negli ultimi tempi la consapevolezza di quel che si mangia sta aumentando, grazie ai nuovi mezzi di comunicazione e anche al ruolo di molte ONG, che sono sempre più in grado di influenzare in maniera efficace le opinioni dei consumatori (Devinney et al., 2010). Un'autorevole indagine di mercato Statunitense mette in luce che nel 1993 solo il 26% delle persone intervistate consideravano le aziende come dei veri e propri membri della collettività, mentre nel 2004, tale percentuale è salita circa all'80% (Berner, 2005). Ancora moltissimi lavori in letteratura hanno evidenziato come il benessere degli animali, i processi di produzione e la tecnologia stiano guadagnando notevole importanza nelle preferenze dei consumatori (Phan-Huy e Fawaz, 2003). Tutte queste testimonianze evidenzia-

no la posizione centrale di queste politiche, dovute sicuramente ai cambiamenti di preferenze nei consumatori, e quindi strettamente collegate alla domanda, ma anche alla possibilità di acquisire nuova clientela, tramite una nuova tipologia di offerta, influenzando i consumatori. Ovviamente non è chiaro in molti casi quali siano i reali motivi che spingono le aziende a soddisfare la nuova domanda responsabile, se veramente sia dovuta ad una responsabilità cosciente, oppure solamente legata al profitto e alle quote di mercato, effettuando investimenti in tale direzione, ma solamente per accaparrarsi maggiore clientela, e quindi considerando i consumatori solamente come dei meri numeri finanziari. È innegabile tuttavia che molte aziende nel tempo hanno intrapreso iniziative esplicite di CSR, infatti ben il 90% delle aziende Fortune 500 stanno andando in tale direzione (Kotler e Lee, 2004). Molte grandi catene multinazionali stanno attuando politiche responsabili, spesso riguardanti l'intera catena di approvvigionamento, come McDonald e Starbucks (2004). A livello legislativo invece sia la Commissione Europea che l'Organizzazione internazionale di normalizzazione (ISO) stanno introducendo linee guida e standard sostenibili e responsabili. Questi casi però appaiono più come eccezioni, piuttosto che come standard dell'industria alimentare, che molto spesso ha mantenuto un approccio reattivo o difensivo, e solamente in rari casi volontario, spesso dovuto al basso livello pubblico di criticità in tale ambito, come menzionato anche precedentemente (Maloni e Brown, 2006). Sicuramente queste politiche rivestiranno un ruolo sempre più importante nell'industria alimentare; i consumatori sempre più informati verso quello che accade attorno a loro, insieme ad un'informazione sempre più diffusa sulle odierne condizioni ambientali e sullo stato dell'industria alimentare, garantiranno una forte attenzione sulle industrie del settore che saranno incentivate a cambiare le loro politiche, alcune anche distruttive, del passato. Molte domande devono ancora trovare risposta e necessitano pertanto di ulteriori indagini di mercato. Tuttavia, appare chiaro come la CSR rappresenti oggi una componente che caratterizza l'offerta di prodotti nel mercato alimentare in maniera notevolmente maggiore rispetto al passato.

20.2.6.3. Omogeneizzazione della produzione

Un'altra tendenza che contraddistingue l'offerta globale alimentare è rappresentata dall'omogeneità dei prodotti offerti sul mercato e dalle sue conseguenze. Generalmente una dieta varia, viene considerata indispensabile per una corretta e sana alimentazione (Graham RD et al., 2007), anche per quanto riguarda la sicurezza alimentare (Ruel MT, 2003). Con lo sviluppo dell'agricoltura moderna, di nuove tecniche agricole e con l'introduzione di nuove macchine e macchinari sono diminuite le colture che precedentemente raggiungevano i consumatori; moltissimo cibo disponibile sul mercato proviene sempre più da un piccolo numero di colture, e questo è in costante diminuzione (Harlan, 1975). Tra il 1961 e il 2009 l'omogeneità totale è aumentata del 16,7%, come misurato dalla variazione media tra la somiglianza dell'offerta di ciascun paese e quella globale, con picchi per i singoli paesi del 59,7%; mentre la media della somiglianza tra i diversi paesi è aumentata del 35,7%.

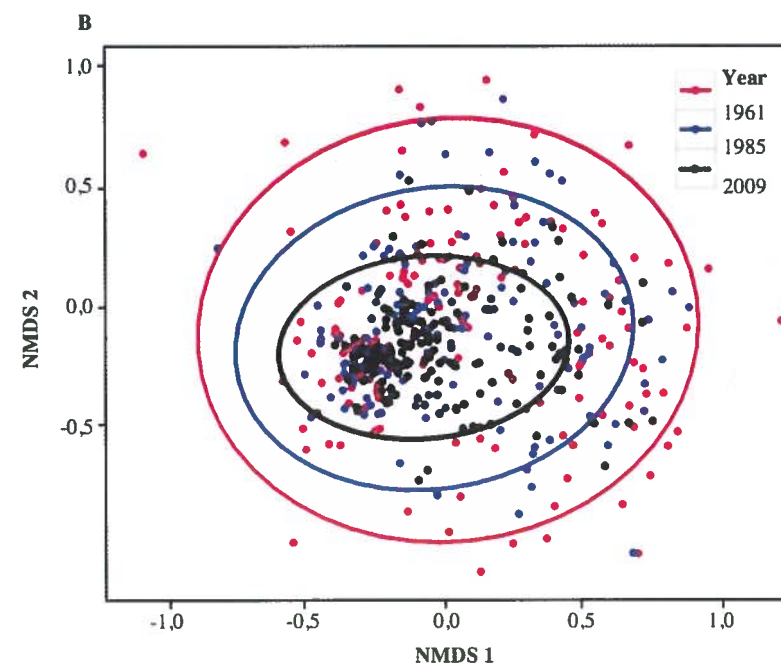


Fig. 20.5 - Fonte: *Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security (2014)*.

Come si evince dalla fig. 20.5, i punti colorati rappresentano la composizione multivariata delle materie prime di ciascun paese, nel 1961, 1985 e 2009 e le linee il 95% degli intervalli di previsione da modelli con effetti misti lineari. Tra il 1961 e il 2009, l'area contenuta all'interno di questi cerchi si è ridotta del 68,8%, e rappresenta il declino della composizione delle materie prime nel corso del tempo, e quindi l'omogeneizzazione attorno a poche materie prime. La velocità verso la standardizzazione sta procedendo senza rallentare e nonostante in alcuni paesi il numero delle colture sia aumentato, a livello globale, la diversità totale delle colture che rappresentano l'offerta globale si sta sempre più riducendo (i dati si basano su 152 paesi e il campione copre il 98% della popolazione mondiale).

Diversi fattori vengono considerati come responsabili di questa globalizzazione dell'offerta. Primo su tutti il cambiamento delle abitudini alimentari, indirizzato verso alimenti ad alta densità energetica, dovuto ad un aumento del potere d'acquisto a livello globale. A questo si aggiungono altri fattori legati sia alla domanda ma anche all'offerta, ad esempio le preferenze alimentari associate alla globalizzazione e all'urbanizzazione, che hanno portato il diffondersi di varie tendenze e stili di vita, con conseguenti consumi di determinate categorie di alimenti (carne, lattiero-caseari). La diffusione delle grandi catene multinazionali in tutto il mondo, insieme all'avvento dei grandi supermercati ha contribuito al sistema alimentare ad orientarsi verso questa direzione. Anche i numerosi cam-

biamenti al sistema produttivo agricolo e a livello legislativo possono essere considerati altri fattori determinanti, basti pensare ai sussidi rivolti verso determinate colture piuttosto che ad altre, oppure all'impiego di macchine in sostituzione dell'uomo (Khoury C.K. et al., 2014).

Tali tendenze possono influenzare la sicurezza alimentare globale, che ruota attorno ad un numero sempre inferiore di alimenti; in alcuni casi, seppure rari, si riscontra però una tendenza inversa, come quella dei paesi del Nord Europa nei quali si riscontrano ancora delle culture alternative che garantiscono una diversificazione maggiore.

20.3. CRITICITÀ

20.3.1. Possibile crescita delle differenze tra Paesi

Il rapporto della FAO del 2011 evidenzia come i cambiamenti climatici potrebbero accrescere la siccità in alcune aree del globo terrestre, nelle quali sono collocati prevalentemente i paesi in via di sviluppo. Ciò può costituire un elemento di forte svantaggio per quest'ultimi, i quali troverebbero maggiori difficoltà nell'accrescere la produzione agricola interna e porre le basi per costituire un proprio ruolo all'interno del panorama mondiale. La diminuzione della produttività agricola comporterebbe la necessità di approvvigionamento attraverso le importazioni, e si stima che i paesi in via di sviluppo oltre a quelli dell'est asiatico saranno importatori netti di prodotti agricoli nel 2030 (FAO, 2011(a)). Questa tendenza può costituire una fonte rilevante di opportunità per le organizzazioni dei paesi sviluppati ed una modalità per consolidare la propria posizione nel mercato globale. Definire concretamente se lo scenario esposto possa essere favorevole oppure no è complicato, ma è presumibile che un aumento delle importazioni possa accrescere la presenza delle multinazionali all'interno dei paesi emergenti. Al fine di ridurre le divergenze tra paesi sviluppati e non, può essere opportuno che i secondi inizino un percorso che garantisca una propria crescita autonoma; un primo passo in questa direzione può essere rappresentato dalla stabilità politica ed una pianificazione che favorisca un utilizzo lungimirante delle risorse. Ciò rappresenterebbe un elemento fondamentale e strategico, in quanto permetterebbe maggiore certezza sugli esiti degli investimenti e la possibilità di intraprendere programmi di lungo termine.

20.3.2. Competizione per l'utilizzo delle risorse agricole

Considerando la crescita attesa della popolazione, la quale avverrà principalmente all'interno dei paesi emergenti, la crescita delle importazioni all'interno di questi paesi e quindi l'importanza della distribuzione, è plausibile attendersi una maggiore pressione sulla domanda di risorse fossili come fonte di carburante. Tenendo conto del già forte consumo di tali risorse e del loro lento ciclo di ripristino, i biocarburanti costituiscono già oggi una fonte alternativa. Quest'ultimi vengono prodotti attraverso l'impiego di risorse agricole, le qua-

li possono essere sia destinate al consumo alimentare (es. il grano), che non (es. la legna e altre risorse fossili). Un primo vantaggio dei biocarburanti rispetto a quelli fossili è dato dalla facilità con cui le risorse possono essere ripristinate, essendo quest'ultime vegetali e coltivabili. Contestualmente il loro rendimento è maggiormente esposto ai cambiamenti climatici, i quali possono influire sulla disponibilità stessa delle risorse. A ciò va aggiunta la potenziale concorrenza che si creerebbe nella destinazione del raccolto: rispettivamente come cibo o carburante (FAO, 2011(a)). In relazione a quest'ultimo punto, l'esistenza di maggiori margini di profitto crea dei forti incentivi a perseguire la seconda direzione. In questa ipotesi, si potrebbe assistere ad una diminuzione di disponibilità di beni per la soddisfazione della domanda alimentare. Al fine di ridurre tale criticità si stima che in futuro ci sarà un crescente impiego di risorse non destinate al consumo alimentare (ad esempio l'impiego di legname), il cui ciclo di ripristino può risultare più lungo rispetto a quello idoneo per soddisfare tempestivamente la domanda. L'impiego di risorse non alimentari costituisce un punto di sviluppo dei biocarburanti di seconda generazione, per i quali (FAO, 2011(a)) stima un utilizzo più consistente a partire dal 2020. Va sottolineato come nonostante tutto, alcune criticità permangono ancora. La prima riguarda un potenziale incremento della deforestazione, e il relativo impatto che questo potrebbe creare sulle condizioni ambientali per la sopravvivenza dell'uomo. La problematica potrebbe essere circoscritta attraverso un ripristino delle aree boschive, pur considerando il lungo ciclo di vita necessario a rigenerare le risorse. Nell'ipotesi si optasse di destinare parte delle aree coltivabili per attività di selvicoltura, potrebbe sorgere un conflitto rispetto al costo opportunità di usare lo stesso terreno per soddisfare la domanda alimentare.

Sempre il rapporto della FAO del 2011, attraverso il confronto di ricerche svolte da Millennium Ecosystem Assessment (MA) e United Nations Environment Programme (UNEP), evidenzia come sia comune la previsione dell'impatto positivo che lo sviluppo della tecnologia avrebbe sul settore agricolo. In particolare, attraverso un incremento della produttività del raccolto, è possibile creare delle aree agricole distinte per il consumo alimentare e dei biocarburanti, riducendo i conflitti legati allo sfruttamento di medesime aree per soddisfare più bisogni. Ciò potrebbe influire positivamente sull'incremento della disponibilità del raccolto.

Un altro rapporto sempre della FAO del 2011 evidenzia come esistano molteplici criticità legate alla catena di offerta alimentare, la quale include l'insieme dei passaggi che si susseguono dalla raccolta delle risorse agricole fino al consumo. Tali problematiche interessano sia i paesi sviluppati che quelli in via di sviluppo, ma su aspetti distanti tra loro. In entrambi i casi si assiste in media ad un mancato impiego pari al 40%; per i primi è legato alla fase di consumo; mentre per i secondi è attribuibile alle fasi di raccolto, lavorazione e distribuzione. Nello specifico è importante mettere in luce quali siano gli aspetti di inefficienza di entrambe i sistemi produttivi. Le organizzazioni all'interno dei paesi sviluppati possiedono ampie capacità di controllo all'interno di ogni singolo passaggio produttivo e logistico, e ne deriva un processo produttivo efficiente. La problematica rilevante consiste in un eccesso di offerta rispetto alla domanda, provocata da

aspettative del consumatore troppo specifiche rispetto alle potenzialità dell'offerta stessa. La presenza di difetti, così come la forma, il peso, il colore e il grado di maturità del prodotto costituiscono elementi critici per l'acquirente, da cui dipende direttamente l'acquisto. Tra le proposte per ridurre questa discrepanza ci sono alcune delle seguenti: una maggiore educazione al consumo dei prodotti, la creazione di un mercato per i prodotti non conformi, e lo sviluppo di un sistema informativo che permetta al settore agricolo di adeguarsi alla domanda e ridurre l'eccesso di produzione. Diversamente per quanto riguarda i paesi in via di sviluppo è stata evidenziata una problematica opposta rispetto ai paesi sviluppati. Se l'intera domanda è soddisfatta, e ciò lo si deve ad un'offerta ristretta e alla mancanza di ampie disponibilità economiche, esistono molteplici inefficienze legate all'offerta. Si registrano perdite di risorse durante le fasi di raccolta, trasporto, trasformazione e successiva distribuzione. Tali criticità possono essere limitate attraverso investimenti in sistemi tecnologici ed automatizzati, ma tali soluzioni spesso incontrano difficoltà nel reperimento di risorse finanziarie, sia per motivi di carenza di accesso al credito che per i bassi rendimenti di tali impieghi (FAO, 2011(b)).

20.3.3. Malnutrizione: il ruolo fondamentale della stabilità interna dei Governi

Il 1° gennaio 2016 è stato firmato il documento con cui gli stati appartenenti alle Nazioni Unite hanno definito quali siano gli obiettivi di carattere mondiale da raggiungere entro il 2030. Tra le principali priorità vi è l'intento di ridurre il più possibile il numero di soggetti denutriti. Il rapporto della FAO del 2015 evidenzia come ad oggi, rispetto ai primi anni '90, quest'ultimi siano calati più del 20% (da 991 a 780 milioni). La decrescita è destinata a continuare, tant'è che entro il 2030 si stima un'ulteriore diminuzione del 20% (da 780 a 630 milioni). Le proiezioni prendono come periodo-base il biennio 2005 - 2007, nel quale la povertà riguardava 949 milioni di persone collocate all'interno di 110 paesi; la concentrazione è differenziata, tanto che 829 milioni si collocano all'interno di 60 paesi, mentre la restante parte in 50. I primi sono destinati a ridurre la denutrizione, i secondi no.

Quest'ultimo rapporto della FAO mette in luce come la garanzia di protezione sociale e gli investimenti rappresentino fattori chiave per poter concretizzare la riduzione della povertà. Inoltre il 78% della popolazione in condizioni precarie risiede all'interno di aree rurali, di conseguenza il settore agricolo è di vitale importanza per l'inizio di un percorso di sviluppo. Tra le priorità diviene essenziale garantire condizioni minime per la sopravvivenza degli individui, favorite da investimenti che garantiscano un ambiente salubre per la crescita. Ciò è favorito anche dalla stabilità politica all'interno del paese, la quale offre maggiori sicurezze per la popolazione stessa e per i potenziali investitori. Sempre il rapporto della FAO del 2015 sottolinea come l'uscita da condizioni precarietà di 72 paesi in via di sviluppo, sia stata favorita dalla diminuzione dei conflitti al proprio interno. Condizioni di salute minime, maggiore sicurezza e stabilità rappresenta-

no gli elementi chiave che favoriscono gli investimenti concreti per il rilancio dei paesi in via di sviluppo.

Dato il ruolo rilevante che possiede la stabilità di un paese rispetto alla sua capacità di migliorare le condizioni di vita della popolazione che vive in stato di indigenza, la stabilità politica potrebbe costituire un fattore critico per quei paesi spesso interessati da conflitti interni. Va inoltre tenuto conto che nei prossimi decenni, il 95% della crescita demografica mondiale avverrà all'interno dei paesi in via di sviluppo. Questo fattore potrebbe significare un maggior limite allo sviluppo per alcuni di essi, date le difficoltà che spesso si riscontrano nel soddisfare i bisogni di una popolazione in rapida espansione.

20.4. BIBLIOGRAFIA

- Bonini S., Oppenheim J. "Cultivating the green consumer," *Stanford social innovation review*, 2008.
- Boumphrey S. "Why consumers are more willing than ever to buy time," *Euromonitor International*, 2016.
- Dobson P.W. et al. "Retail structure and competition assessment with application to Latin America and the Caribbean", *13th meeting of the Latin American Competition Forum, IDB/OECD conference*, Montego Bay, Jamaica 2015.
- Devinney T.M., Auger P. and Eckhardt G.M. "The Myth of the Ethical Consumer," Cambridge, US: Cambridge University Press, 2010.
- FAO(A), "Looking Ahead in World Food and Agriculture: Perspectives to 2050.", 2011.
- FAO(B), "Global Food Losses and Food Waste," 2011.
- FAO, "The State of Food Insecurity in the World," 2015.
- Farnsworth R.L. et al. "Community Supported Agriculture: Filling a Niche Market," *Journal of Food Distribution Research*, Vol. 27, pp. 90-98, 1996.
- Freeman R.E., Harrison J.S., Wicks A. C., Parmar B.L., and De Colle S. "Stakeholder Theory. The State of the Art", Cambridge, UK: Cambridge University Press (eds), 2010.
- Futamura T. "Made in Kentucky: The Meaning of 'Local' Food Products in Kentucky's Farmers' Markets," *The Japanese Journal of American Studies*, Vol. 18, pp. 209-227, 2007
- Gale F. "China at a Glance: A Statistical Overview of China's Food and Agriculture," in Fred Gale (ed.), *China's Food and Agriculture: Issues for the 21st Century*, Agriculture Information Bulletin No. 775, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 2002.
- Galizzi G. "Innovazione di prodotto ed internazionalizzazione dell'industria alimentare", *Economia e Politica Industriale*, n°65, 1990.
- Genier C., Stamp M. and Pfitzer M. "Corporate social responsibility for agro-industries development", In: C. Da Silva, D. Baker, A. Shepherd, C. Jenane and S. Miranda-da-Cruz (eds), *Agro-industries for Development*. Oxfordshire, UK: CABI, 2009.
- Graham R.D. et al. "Nutritious subsistence food systems", *Advances in Agronomy* 92, pp. 1-74, 2007.
- Grunert K.G. "Food quality and safety: consumer perception and demand," *European Review of Agricultural Economics*. 2005.
- Guptill A., and Wilkins J.L. "Buying into the Food System: Trends in Food Retailing in the U.S. and Implications for Local Foods," *Agriculture and Human Values*, Vol. 19, pp. 39-51, 2002.
- Agriculture and Agri-Food Canada, International Markets Bureau, Market Indicator Report, 2012.
- Harlan J.R. "Crops and Man", No. Ed. 2, American Society of Agronomy, 1992.
- Ilbery B., Maye D. "Retailing Local Food in the Scottish-English Borders: A Supply Chain Perspective", *Geoforum*, Vol. 37, pp. 352-367, 2006.
- Jabs J., Devine C.M. "Time scarcity and food choices: an overview," *Appetite*, 47.2, pp. 196-204, 2006.
- Khouri Colin K., et al. "Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111.11 (2014): 4001-4006.

- Maloni M.J. and Brown M.E. "Corporate social responsibility in the supply chain: an application in the food industry", *Journal of Business Ethics* 68: 35–52, 2006.
- MC Cluskey J.J. "Changing food demand and consumer preferences," *Agricultural Symposium Federal Reserve Bank of Kansas City*, 2015.
- OECD/FAO, "OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2025", OECD Publishing, Paris, 2016.
- Oxfam Briefing Paper 166, "Behind the Brand", February 2013.
- Phan-Huy S. A. and R. B. FAWAZ, "Swiss Market for Meat from Animal-Friendly Production – Responses of Public and Private Actors in Switzerland", *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 16(2), pp. 119–136, 2003.
- Pepall L., Richards D.J., George N., Calzolari G. "Organizzazione Industriale", McGraw-Hill, 2013.
- Reardon T. and Berdegue J.A "The Rapid Rise of Supermarkets in Latin America: Challenges and Opportunities for Development". *Development Policy Review*, Vol. 20, No. 4, pp. 317-334, 2002.
- Reardon T., Peter Timmer C., and Minten B. "Supermarket revolution in Asia and emerging development strategies to include small farmers". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109.31, pp. 12332-12337, 2012.
- Regmi A., Gehlar M. "New Directions in Global Food Markets", *U.S. Department of Agriculture*, 2005.
- Rose P. "Basic Marketing: marketing in the third millennium", Cengage Learning Australia, 2004.
- Ruel MT. "Operationalizing dietary diversity: A review of measurement issues and research priorities" *The Journal of Nutrition*, 133(11, Suppl 2), pp. 3911S–3926S, 2003.
- Smith N.C. " Consumers as drivers of corporate social responsibility" In: A. Crane, A. McWilliams, D. Matten, J. Moon and D. S. Siegel (eds), *The Oxford Handbook of Corporate Social Responsibility*. Oxford, UK: Oxford University Press, pp. 281–302, 2009.
- Schlosser E. "Fast Food Nation – What the All-American Meal is Doing to the World" Penguin books, 2001.
- Scriven J. "The impact of globalization on the consumer," pp. 13-23, *Noumann Business Review*, 2014.
- Thompson E., JR. Harper A.M. and S. Kraus. 2008. Think Globally—Eat Locally: San Francisco Foodshed Assessment, American Farmland Trust.
- U.S. Department of Agriculture, "Trends in U.S. Agriculture 2009", National Agricultural Statistics Service, 2009.
- U.S. Department of Agriculture, "2007 Census of Agriculture: Organic Production Survey," National Agricultural Statistics Service, 2008.
- U.S. Department of Agriculture, "Farm to School" Food and Nutrition Service, 2010a.
- U.S. Department of Agriculture, "Local Food Systems: Concepts, Impacts, and Issues", 2010.
- WALES, M.E. "Understanding the role of convenience in consumer food choices: a review article", *Studies by Undergraduate Researchers at Guelph* 2.2, pp. 40-48, 2009.
- Walther M., Schenkel M. and Schüssler M., "Corporate social responsibility als strategische Herausforderung für den Mittelstand" In: D. Kathan, P. Letmathe, K. Mark, R. Schulte, M. Tchouvakhina and F. Wallau (eds), *Wertscho "Pfungsmanagement im Mittelstand. Tagungsband des Forums der Deutschen Mittelstandsforschung*. Wiesbaden: Gabler Verlag/Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, pp. 87–102, 2010.
- Wu B., Titus P., Newell S.J., Petroschius S. "Consumer Sophistication: the development of a scale measuring a neglected concept," *Marketing Management Journal*, 21.1, 2011.
- Xueming L. and Bhattacharya C.B., "Corporate Social Responsibility, Customer Satisfaction, and Market Value", *Journal of Marketing*, 70.4, 2006.

http://www.restaurant.org/pdfs/ricerca/whats_hot_2010.pdf/

<http://erae.oxfordjournals.org/>

<http://data.worldbank.org/>

<https://journal.lib.uoguelph.ca/>

<https://ssir.org/>

<http://www.euromonitor.com/>

<https://www.kansascityfed.org/>

<http://www.neumann.edu/>

<http://www.usatoday.com/>

POSTFAZIONE

In un mondo che dà la percezione di essere sempre più instabile e oscillante tra opzioni etiche, morali, economiche, scientifiche, ambientali, politiche e filosofiche contrastanti, e spesso antitetiche, due certezze sembrano essere acquisite.

La prima è che il genere umano *sia in grado di attivare comportamenti che gli consentono di non essere condannato alla estinzione per insufficienza o mancanza di cibo*, né per gli effetti estremi conseguenti ad irreversibili derive ambientali, che comunque potranno essere gestite in limiti controllabili anche nel medio-lungo periodo, a meno di eventi improvvisi e catastrofici.

La seconda è che rischi effettivamente incontrollabili potranno derivare piuttosto dalla "fiducia piena e cieca" che le generazioni attuali e prossime sembrano riporre nel "**pensiero dominante**": ossia *in modi di pensare e di agire, mutevoli su comando, propagandati e gridati come verità assolute da "predicatori", spesso non attendibili e spesso sostenuti da portatori di interessi globali*.

Il sistema perverso di cui si serve il **pensiero dominante**, per accreditare una propria convincente credibilità, fa leva su alcuni tabù atavici della società umana: lo spettro di catastrofi progressive e irreversibili come le derive ambientali, la scarsità e la rarefazione delle risorse energetiche, la carenza di disponibilità alimentari appunto.

Tra questi spettri, molti dei quali al momento per fortuna solo mediatici, che incombono sulla società umana, la fame rappresenta l'ombra più lunga, persistente e concreta: forse perché a livello individuale il primo stimolo che avvia il meccanismo della sopravvivenza è la ricerca del cibo, azionato appunto dalla fame.

È una questione ancestrale: infatti a livello individuale, di comunità e collettivo, un periodo caratterizzato da deprivazioni fisiche molto severe è da sempre connotato come "**tempo di fame e povertà**", locuzione che distingue con sorprendente precisione il bisogno primario di cibo (fame) da soddisfare in tempi brevissimi, dalla povertà che, viceversa, evoca uno stato prolungato di disagi, ma comunque sopportabile e quindi, almeno in prospettiva, superabile nel tempo.

Diciamo pure che lo stimolo della fame, più di ogni altro, ha dato la spinta propulsiva all'uomo per incamminarsi sulla via del progresso, dello sviluppo e della civiltà.

L'uomo per soddisfare la fame ha utilizzato dapprima la propria forza fisica, coniugandola alle proprie risorse mentali (come del resto avviene in tutto il regno animale); indi, per dare continuità e certezza al soddisfacimento di questo bisogno, è stato costretto ad organizzare e programmare il suo lavoro fisico. Da qui la nascita e lo sviluppo della pastorizia, dell'agricoltura, della caccia, della pesca e delle attività ad esse connesse, in particolare la

preparazione del cibo e la sua distribuzione.

Per concludere la propria opera, l'uomo infine ha dovuto stimolare il suo "spirito creativo", studiando e sviluppando idonee tecniche di conservazione degli alimenti, che generalmente sono disponibili ciclicamente in quantità molto elevata, superiore ai consumi immediati, ma solo per periodi molto brevi.

Il problema attuale è quello di estendere la possibilità di fruizione dei beni essenziali come quelli alimentari a tutti, anche a quella parte dell'umanità non ancora sufficientemente coinvolta nel circolo virtuoso del consumo e spesso inserita nel sistema dalla parte del solo dare e non anche da quella del giusto ricevere.

Sotto l'aspetto tecnico la lotta alla fame si è dunque **chiusa** con la vittoria dell'uomo solamente dopo la conquista ed il dominio pieno delle tecniche di conservazione e trasporto dei cibi su scala industriale e intercontinentale; viceversa sul piano concreto molti e importanti passi devono essere ancora fatti, perché la fame sia debellata *per sempre e per tutti*.

L'industrializzazione del cibo, insieme alla possibilità di trasportarlo massivamente e in tempi brevi su lunghe distanze, ha aperto anche la prospettiva, molto interessante economicamente, al *consumo globalizzato del cibo*, contribuendo nel primo stadio della *internazionalizzazione alimentare* in maniera decisiva all'omologazione dei costumi alimentari e alla sostanziale *uniformazione dei gusti* a livello planetario.

Si può quindi a ragione affermare che quella del cibo è stata, in fondo, una straordinaria, se non l'unica, rivoluzione democratica condivisa ed accettata da tutta l'umanità. Tale rivoluzione è sempre in divenire e bisogna correttamente sostenerla per evitare che possa degenerare in conflitti aperti.

Con la stesura di questo testo sull'Ingegneria Alimentare, destinato agli ingegneri impiantisti, ai tecnici degli impianti alimentari, ai consumatori più avveduti, e agli imprenditori più solerti, gli autori hanno inteso dare un concreto contributo di esperienza ad uno dei settori più strategici dell'attività, dell'economia e della politica umana.

G. Ferrett - F. Pavesi - R. Rizzo

Finito di stampare
nel mese di ottobre 2017
presso la Tipolitografia Giuseppini - Pinerolo (To)