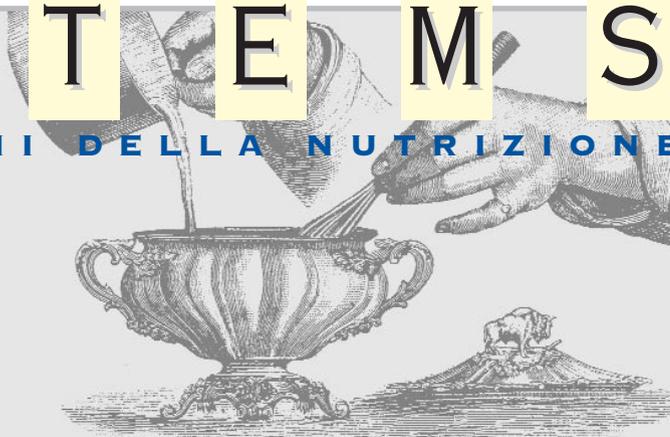


I T E M S

I T E M I D E L L A N U T R I Z I O N E



Gli alimenti

Aspetti tecnologici e nutrizionali

A cura di

Alberto Daghetta

*Professore Ordinario di Analisi Chimica dei Prodotti Alimentari
Facoltà di Agraria. Università degli Studi di Milano*

Con la collaborazione di

Carlo Cantoni, Giuseppe Caserio, Danilo Catelani,
Ivano De Noni, Mara Lucisano, Marilena Manzini,
Maria Ambrogina Pagani, Pierpaolo Resmini, Antonio Tirelli

DANONE

ISTITUTO DANONE

MOTIVAZIONI E OBIETTIVI

Danone è una società multinazionale operante nel settore alimentare. La sua “mission” istituzionale è quella di migliorare l'alimentazione umana, sia con prodotti di alta qualità ed elevato valore nutrizionale, sia con iniziative di ricerca e di divulgazione scientifica. In quest'ottica ha deciso di destinare risorse alla ricerca e alla cultura della nutrizione, dando vita all'Istituto Danone.

L'ISTITUTO DANONE SI PREFIGGE DI:

- Incoraggiare la ricerca scientifica sul rapporto tra alimentazione e salute
- Promuovere una corretta educazione alimentare
- Diffondere i risultati della ricerca nutrizionale presso gli operatori della salute e dell'educazione alimentare
- Costituire un anello di giunzione tra il mondo scientifico e gli operatori della salute e dell'educazione alimentare

GLI OBIETTIVI DELL'ISTITUTO DANONE SONO QUINDI DUE:

- Conoscere** – attraverso la promozione di ricerche, proprie o di terzi, nel settore nutrizionale
- Far conoscere** – attraverso attività editoriali e congressuali mirate a diffondere la cultura della nutrizione

Per adempiere a questa missione, l'Istituto Danone si avvale di un Comitato Scientifico che rappresenta l'elemento propositivo, la fonte delle conoscenze ed il garante della scientificità di tutte le attività dell'Istituto stesso. A far parte di questo Comitato sono stati chiamati, tra i massimi esperti nazionali dei vari settori della nutrizione umana, i professori Marcello Giovannini (Presidente), Ermanno Lanzola e Carlo Vergani (Vicepresidenti), Vittorio Bottazzi, Michele O. Carruba, Alberto Daghetta, Alberto Notarbartolo, Giancarlo Piva, Pierpaolo Resmini e Enrica Riva.

I T E M S

I T E M I D E L L A N U T R I Z I O N E

Gli alimenti

Aspetti tecnologici e nutrizionali

A cura di

Alberto Daghetta

*Professore Ordinario di Analisi Chimica dei Prodotti Alimentari.
Facoltà di Agraria. Università degli Studi di Milano*

Con la collaborazione di

Carlo Cantoni

*Professore Ordinario di Ispezione e Controllo dei Prodotti Alimentari
di Origine Animale. Facoltà di Veterinaria. Università degli Studi di Milano*

Giuseppe Caserio

*Professore Associato di Patologia Animale e Ispezione delle Carni.
DISTAM Facoltà di Agraria. Università degli Studi di Milano*

Danilo Catelani

*Professore Associato di Chimica Analitica.
DISTAM Facoltà di Agraria. Università degli Studi di Milano*

Ivano De Noni

*Ricercatore presso DISTAM Facoltà di Agraria.
Università degli Studi di Milano*

Mara Lucisano

*Professore Associato di Processi della Tecnologia Alimentare.
DISTAM Facoltà di Agraria. Università degli Studi di Milano*

Marilena Manzini

Esperta in Scienze dell'Alimentazione. Milano

Maria Ambrogina Pagani

*Professore Associato di Processi della Tecnologia Alimentare.
DISTAM Facoltà di Agraria. Università degli Studi di Milano*

Pierpaolo Resmini

*Professore Ordinario di Industrie Agrarie.
DISTAM Facoltà di Agraria. Università degli Studi di Milano*

Antonio Tirelli

*Ricercatore presso DISTAM Facoltà di Agraria.
Università degli Studi di Milano*

I NDICE

Introduzione	5
A. Daghetta	
Cereali e derivati	7
M. Lucisano, M.A. Pagani	
Il latte e i prodotti derivati	69
I. De Noni, P. Resmini, A. Tirelli	
Alimenti carnei e alimenti ittici	115
C. Cantoni, G. Caserio	
Condimenti lipidici	137
A. Daghetta, M. Manzini	
L'acqua e le bevande analcoliche	177
D. Catelani	

I NTRODUZIONE

A. DAGHETTA

Nell'intento di fornire ai Sigg. Medici, in maniera semplice e aggiornata, utili informazioni nutrizionali per il quotidiano approccio professionale, già nel 1° quaderno della collana ITEMS "I temi della nutrizione" un capitolo è stato dedicato alla composizione degli alimenti di cui venivano delineati gli specifici nutrienti e le relative fonti di rifornimento.

Una sintesi egregia per chiarezza e linearità, ma, a ben vedere, non del tutto sufficiente a dissipare dubbi e perplessità che possono insorgere nel Medico chiamato ad orientare non solo il paziente affetto da una specifica patologia, ma anche l'individuo sano, in una corretta scelta alimentare scevra di pregiudizi.

Pur col chiaro intento di evitare una mera rifrittura di un Trattato di Bromatologia (ingiustificata, vista l'esistenza di una miriade di opere validissime sia sul piano scientifico che divulgativo), si sono chiamati alcuni Esperti nei vari settori alimentari a delineare le peculiarità nell'ambito della specifica competenza, nella

consapevolezza di quanto possa essere ostico trarre chiari lumi dalla lettura della etichettatura e delle informazioni nutrizionali riportate sulle confezioni anche quando elaborate con la più scrupolosa osservanza della normativa.

Discernere fra "*denominazioni tassative*" e "*denominazioni di fantasia*", valutare le reali discrepanze quali-quantitative nell'ambito della medesima tipologia di prodotto, è compito non sempre agevole anche per gli addetti ai lavori.

Allo stesso modo, convincere il consumatore che il *tempo minimo di conservazione* "t.m.c." non rappresenta un'inderogabile data di scadenza, bensì semplicemente il periodo per il quale il produttore, sulla base della propria esperienza, giudica inalterate le prerogative, sia nutrizionali che organolettiche, del proprio formulato, richiede una buona conoscenza dei fenomeni biochimici che in quel dato prodotto si evolvono nel tempo.

Ringrazio i Colleghi Amici che in una

rida di disposizioni normative talvolta contrastanti e contraddittorie si sono addossati il compito di apportare un contributo di chiarezza, spezzando una lancia in favore delle Tecnologie alimentari, così da facilitare ai Colleghi Medici il compito di dirimere nel consumatore ataviche in-

certezze, *"idola tribus"* di baconiana memoria. Al benevolo lettore il compito di formulare un motivato giudizio sul risultato da noi effettivamente conseguito.

Alberto Daghetta

CEREALI E DERIVATI

M. LUCISANO, M.A. PAGANI

Cattedra di Processi della Tecnologia Alimentare
DISTAM Facoltà di Agraria
Università degli Studi di Milano

I CEREALI

I cereali sono senza dubbio i vegetali più largamente coltivati al mondo: si stima che circa i due terzi della superficie coltivabile sulla terra siano dedicati alla loro produzione. I prodotti della trasformazione dei cereali costituiscono da sempre gli alimenti “di base” per l'uomo. I cereali rappresentano infatti un'ottima fonte energetica, una discreta risorsa di proteine, vitamine e sali minerali e possono essere trasformati in un'ampia gamma di prodotti, soddisfacendo le abitudini e le tradizioni alimentari più diverse.

Il termine “cereali” definisce le piante afferenti alla famiglia delle *Gramineae*, coltivate per i loro particolari frutti, botanicamente definiti “cariossidi”, comunemente ma impropriamente chiamati semi. I principali cereali coltivati sono i seguenti: frumento, riso, mais, orzo, avena, segale, miglio e sorgo.

La produzione cerealicola mondiale nel 1995 è stata globalmente di 1.900 milioni di tonnellate, di cui il 25% è rappresentato dal frumento.

Questa disponibilità, se equamente suddivisa tra la popolazione mondiale, potrebbe essere sufficiente a fornire circa 1 kg di cereali/pro capite/die. Va tuttavia sottolineato che solo il 50% circa della produzione totale viene utilizzato per alimentazione umana, mentre un terzo del raccolto è destinato all'alimentazione animale e percentuali variabili vengono impiegate per altri scopi; infine non va dimenticato che una quota considerevole di materiale viene purtroppo persa per infestazioni di varia origine (microbiche, roditori, insetti, ecc.) o per condizioni di conservazione non appropriate.

ORIGINE DEI CEREALI, CARATTERISTICHE BOTANICHE E LORO COMPOSIZIONE

I cereali attualmente coltivati derivano da forme selvatiche spontanee che già dal Neolitico (10000-15000 a.C.)

l'uomo aveva introdotto nella sua alimentazione. Sembra che le prime specie coltivate, a partire dal 5000 a.C., siano state l'orzo (*Hordeum*) ed il frumento (*Triticum*) in alcune particolari aree dell'Asia Minore. A partire da queste forme primitive, si sono selezionate delle specie sempre più complesse e con un numero di cromosomi più elevato. Per quanto riguarda il **frumento**, ritenuto oggi il cereale più importante per l'alimentazione umana, le specie più diffuse (di cui si conoscono e si selezionano migliaia di varietà) sono il *Triticum durum*, o **frumento duro**, la cui destinazione d'uso principale è la pastificazione, ed il *Triticum aestivum*, o **frumento tenero**, impiegato per la produzione di pane e di altri prodotti da forno.

La cariosside dei cereali è un frutto il cui corpo fruttifero è tutt'uno con il seme, di piccole dimensioni, variabili comunque a seconda della specie (Fig. 1).

La struttura anatomica della cariosside di tutti i cereali è sostanzialmente simile: si riconoscono infatti tre regioni principali, corrispondenti ai **tegumenti** (sia del frutto che del seme), all'**embrione** (comunemente definito germe) e all'**endosperma amilaceo** o **mandorla farinosa** (Fig. 2). Ognuna di queste regioni è composta da più strati e possiede un'organizzazione strutturale ed

una composizione chimica diversa e specifica per meglio rispondere alla propria funzione biologica (Tab. 1).

L'embrione, o germe, consiste in un abbozzo della futura pianta (asse embrionale) e in una regione (scutello) in grado di fornire principi nutritivi alla pianta durante la germinazione. La composizione dell'embrione è perciò caratterizzata da un'elevata presenza in proteine, lipidi, zuccheri solubili e vitamine. L'endosperma rappresenta percentualmente la maggior parte del chicco: è composto da due regioni, la più esterna delle quali è conosciuta come **strato aleuronico**. Si tratta di un tessuto assai ricco in proteine, sali minerali, vitamine ed enzimi. La maggior parte dell'endosperma è rappresentata dalla cosiddetta **mandorla**, o **albume**, costituita da cellule in cui sono immagazzinati, in forma insolubile, nutrienti importantissimi, che potranno essere resi disponibili durante la fase di germinazione del chicco. La frazione glucidica è per la maggior parte rappresentata dall'**amido**, sotto forma di granuli; il secondo costituente, in termini percentuali, sono le **proteine**. In tutti i cereali vi è un gradiente di concentrazione di questi due componenti, via via che si passa dalle cellule esterne della mandorla, più ricche in proteine, verso quelle più centrali,

Figura 1

Morfologia e dimensioni delle cariossidi dei principali cereali coltivati e loro suddivisione in tipi vestiti e svestiti (nudi). Le cariossidi vestite sono mostrate con e senza le glume di rivestimento.

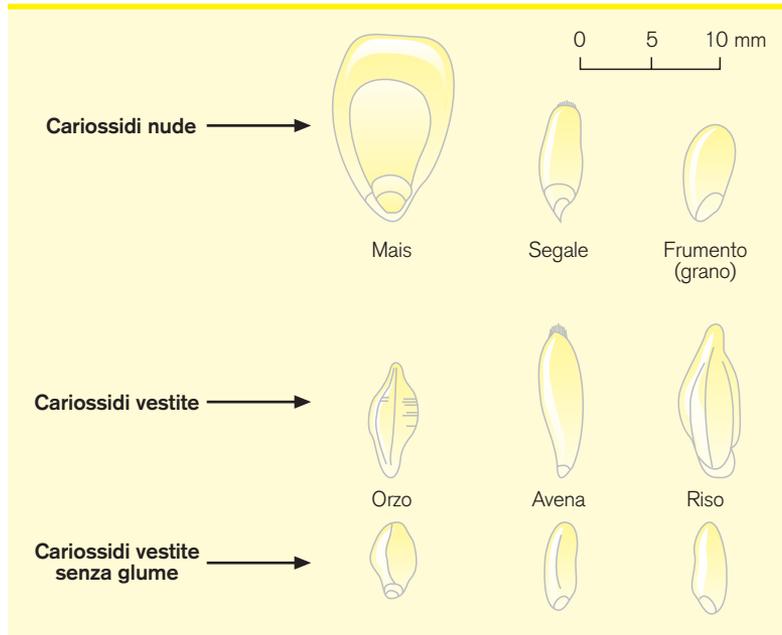


Figura 2

Struttura della cariosside di frumento e suddivisione percentuale nelle diverse zone anatomiche con indicazione dell'origine dei prodotti e sottoprodotti di macinazione.

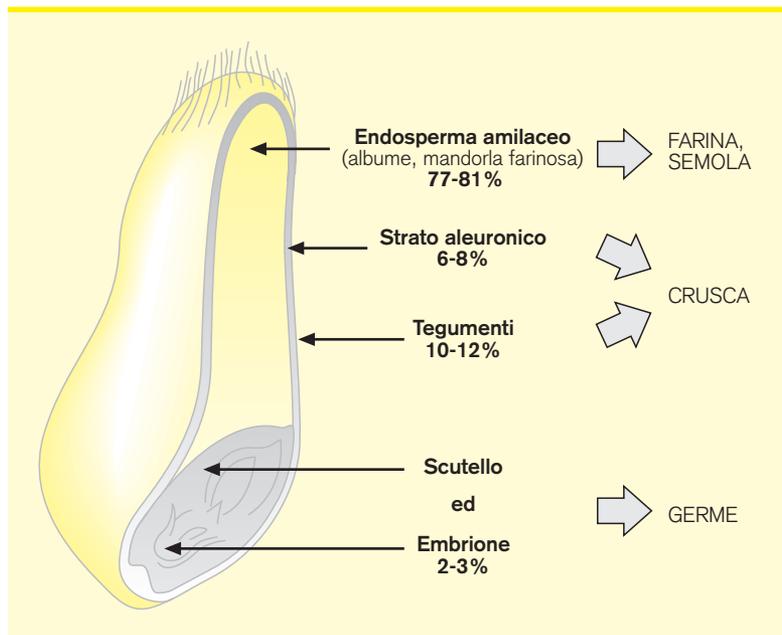


Tabella 1

Composizione della cariosside di grano e delle sue regioni anatomiche.

Regione anatomica della cariosside	Percentuale della cariosside	Amido e altri carboidrati %	Proteine %
Tegumento frutto (pericarpo)	4	14-16	10-14
Tegumento seme (testa)	1	9-11	13-19
Strato aleuronico	8	10-14	29-35
Germe	3	19-21	36-40
Endosperma	82	80-85	8-14

(Dati espressi per 100 g di sostanza secca)

più ricche in amido. I tegumenti sono composti da numerosi strati, alcuni afferenti al frutto (pericarpo), altri al seme (testa), la cui funzione protettiva è garantita dalla composizione particolarmente ricca in fibre cellulosiche ed emicellulosiche, sali minerali e fitati. La cariosside all'interno della spiga è protetta anche da altre strutture, le **glume** o **brattee**. In alcuni cereali (quali orzo, riso, avena) questi rivestimenti sono intimamente associati ai tegumenti del frutto: per questa caratteristica tali cariossidi sono definite "vestite", a differenza di quelle degli altri cereali, denominate "nude" o "svestite", in quanto si liberano facilmente di tali parti durante le operazioni di trebbiatura.

L'eliminazione delle glume nelle cariossidi vestite è indispensabile se il cereale è destinato ad usi alimentari, a causa dell'elevato contenuto in silice.

PROPRIETÀ FUNZIONALI DEI PRINCIPALI COSTITUENTI DELLA CARIOSSIDE

Conoscere le proprietà funzionali e il valore nutrizionale dei diversi costituenti della cariosside è basilare per comprendere i fenomeni che hanno luogo durante la trasformazione dei cereali in alimenti. Il successo e la diffusione del frumento rispetto agli altri cereali sono, ad esempio, legati alla capacità delle sue proteine di strutturarsi in un particolare complesso, conosciuto come **glutine**, vera e propria "impalcatura" di tutti i prodotti derivati dal grano.

CARBOIDRATI

La maggior parte dei carboidrati presenti nella cariosside dei cereali è

Lipidi	Cellulosa Emicellulosa Pentosani	Minerali
%	%	%
1-3	60-74	3-5
3-5	53-63	9-15
7-9	35-41	5-15
13-17	20-24	4-6
2-3	1-3	0,5-1,5

rappresentata dall'**amido**, macromolecola con funzioni di riserva, localizzata esclusivamente nell'endosperma. La pianta, a partire dal glucosio, sintetizza due diversi polimeri, l'**amilosio** e l'**amilopectina**, stoccati nelle cellule sotto forma di granuli. La morfologia e le dimensioni di questi ultimi sono diversi a seconda della specie botanica.

L'amilosio è un polimero lineare formato da diverse migliaia di unità di glucosio; l'amilopectina, anch'essa costituita da solo glucosio, presenta una struttura ramificata, di dimensioni notevoli (Fig. 3). Nel granulo d'amido di quasi tutti i cereali l'amilosio rappresenta solo il 20-25%, ma questi valori possono essere inferiori nelle varietà dette *cerose* (o *waxy*).

La disposizione di amilosio e amilopectina all'interno del granulo non è casuale: infatti il granulo d'amido, in cui

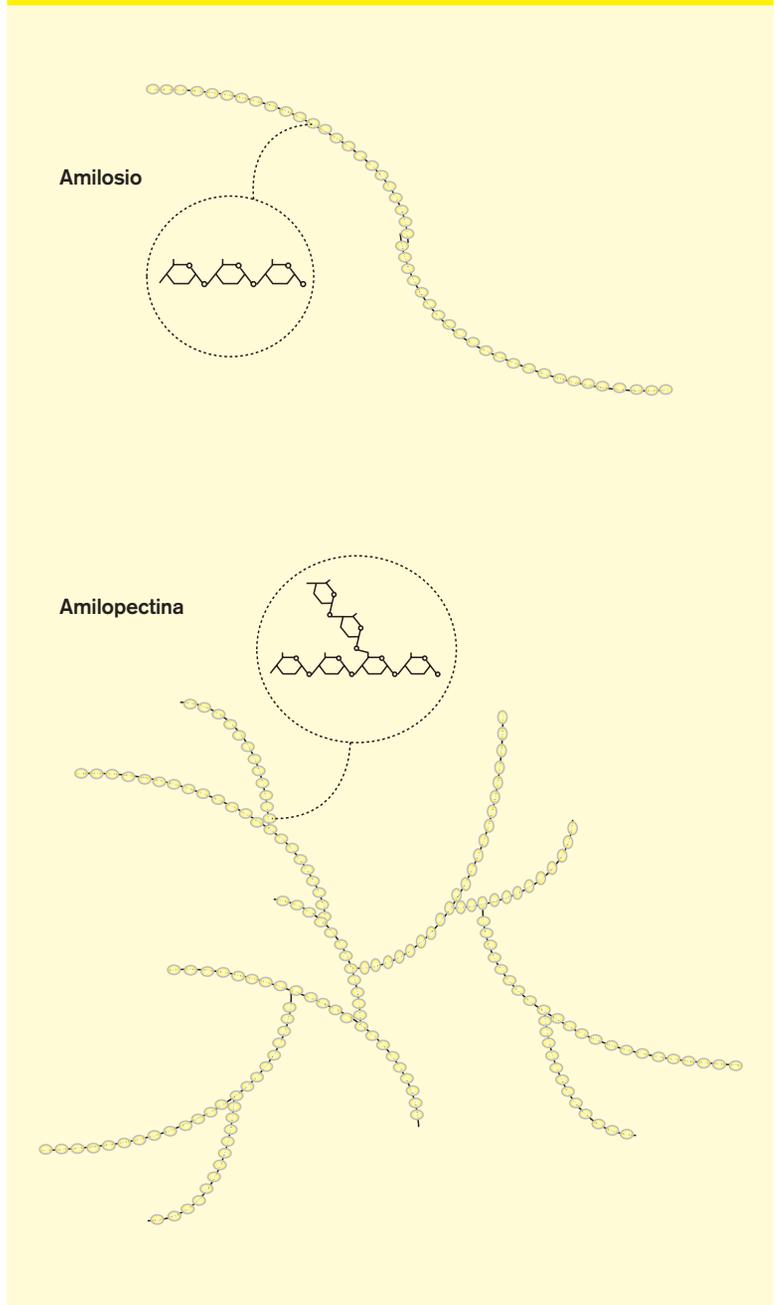
sono riconoscibili strati successivi di accrescimento, mostra, con test assai sofisticati, proprietà semicristalline, proprie di strutture "ordinate".

Questo materiale è caratterizzato da una spiccata insolubilità in acqua a freddo, ma cambia totalmente il proprio comportamento se, in presenza d'acqua, è sottoposto ad un riscaldamento: a partire dai 50-60 °C, i granuli sono interessati al fenomeno della **gelatinizzazione**, in cui sono riconoscibili più tappe: dapprima un sensibile rigonfiamento con incremento della viscosità del sistema, cui segue la rottura della struttura così rigonfiata con fuoriuscita e parziale solubilizzazione del materiale amilaceo nell'acqua, e formazione di quella che è comunemente definita *salda d'amido*. Ed è proprio questa proprietà funzionale che consente di utilizzare l'amido in numerose preparazioni industriali, come agente addensante o stabilizzante di gel ed emulsioni, o ancora come agente legante.

La gelatinizzazione, che può essere più o meno intensa e vistosa a seconda dell'origine botanica dell'amido e della quantità d'acqua presente nel sistema, produce interessanti modificazioni sulla digeribilità dell'amido: infatti le macromolecole di amido gelatinizzato sono più facilmente idrolizzabili da parte dei si-

Figura 3

Struttura semplificata delle macromolecole di amilosio e di amilopectina.



stemi enzimatici, quali l'alfa e la beta amilasi. La "disorganizzazione" strutturale associata alla gelatinizzazione si perde se il sistema viene sottoposto a raffreddamento: la massa si trasforma in un gel, in grado di trattenere efficacemente l'acqua, modificazione macroscopica associata ad una ritrovata organizzazione delle macromolecole di amilosio e amilopectina. Questo fenomeno, conosciuto come **retrogradazione** dell'amido, può ridurre la digeribilità dell'amido (frazione di amido resistente) e contribuire a rendere raffermi il pane e altri prodotti da forno.

Nella cariosside matura dei cereali si ritrovano solo in modeste quantità forme più semplici di carboidrati, quali **glucosio, fruttosio, maltosio e saccarosio**. La concentrazione di molte di queste molecole può sensibilmente aumentare a seguito della germinazione, complesso fenomeno che mobilita tutte le sostanze di riserva della cariosside per poter dare luogo allo sviluppo di una nuova pianta.

Carboidrati strutturali

Nelle parti tegumentali del chicco, dove si ritrovano cellule con una grossa parete cellulare, i carboidrati sono rappresentati da molecole con funzione biologica strutturale. La **cellulosa** è un

polimero costituito da solo glucosio, ma le singole unità sono interessate in un legame diverso da quello tipico dell'amido e, perciò, non idrolizzabile da parte dei sistemi amilolitici. Questa grossa macromolecola (anche in questo caso le unità di glucosio ammontano a diverse migliaia) si presenta completamente insolubile in acqua e assicura rigidità alla parete cellulare. Essa rappresenta una frazione importante di quella che viene comunemente chiamata **fibra alimentare**, di cui è stato largamente illustrato l'effetto positivo sulla peristalsi intestinale.

Un altro interessante componente delle pareti cellulari è rappresentato dalla frazione dei **pentosani**, polimeri assai complessi formati da zuccheri diversi dal glucosio (pentosi). I pentosani sono presenti in forme diverse per dimensioni, composizione, solubilità. In questi ultimi anni è stato loro riconosciuto un ruolo attivo nella formazione dell'impasto, dovuto all'elevata capacità di legare acqua.

PROTEINE

Le proteine presenti nei cereali sono, come detto, distribuite in percentuale diversa a seconda della regione

del chicco. Sebbene interessanti per quantità (circa il 10% dell'intero chicco), si ritiene che la componente proteica dei cereali, come ben noto, soddisfi solo in parte le esigenze nutrizionali dell'uomo in quanto carente di alcuni amminoacidi essenziali, in primo luogo la **lisina** (Fig. 4). La complessità e l'eterogeneità che caratterizza le proteine dei cereali è enorme.

Tradizionalmente la maggior parte degli studi relativi a questo settore prevede una suddivisione delle molecole proteiche dei cereali in 4 differenti classi a seconda della loro solubilità (Tab. 2). Si parla perciò di **proteine solubili** (albumine e globuline), per lo più proteine con funzioni enzimatiche, e di **proteine insolubili** o proteine di riserva, a loro volta distinte in **prolammine** e **gluteline** (rispettivamente **gliadine** e **gluteline** nel frumento).

La prima frazione, quella solubile, è particolarmente rappresentata nell'embrione e nello strato aleuronico.

Le seconde, che raggruppano percentualmente anche l'80% della componente proteica, sono localizzate nell'endosperma. La loro funzione biologica è completamente diversa da quella che contraddistingue le proteine solubili: si tratta in questo caso di sostanza di riserva, organizzate in una ma-

trice tra i granuli d'amido.

Il rapporto prolammine/gluteline è diverso a seconda dei cereali.

Nel caso del frumento queste due classi sono presenti in quantità confrontabile e sono caratterizzate da una composizione amminoacidica assai particolare, caratterizzata da una elevata percentuale (un terzo circa di tutti i residui amminoacidi) di acido glutammico (come glutamina) e di prolina, e di una bassa quantità di lisina. Questa particolare composizione consente a queste proteine di riserva di strutturarsi, durante l'impastamento della farina con acqua, in un complesso unico nel mondo vegetale, conosciuto come glutine e che può essere inteso come un tessuto reticolare.

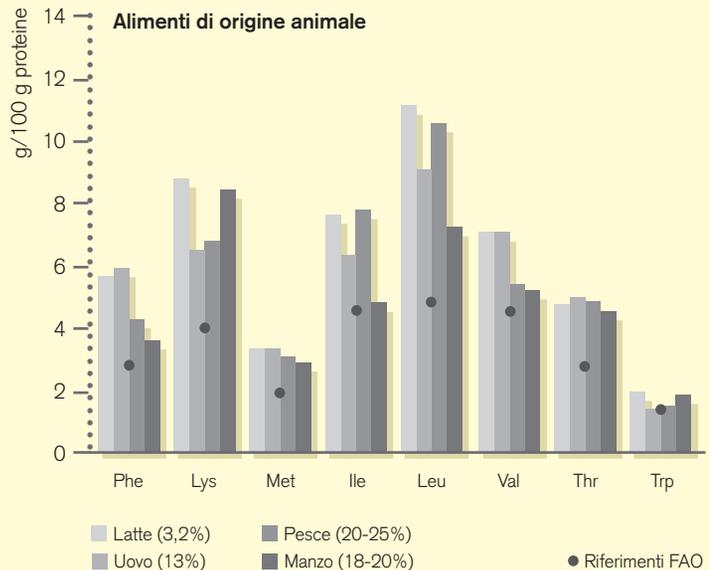
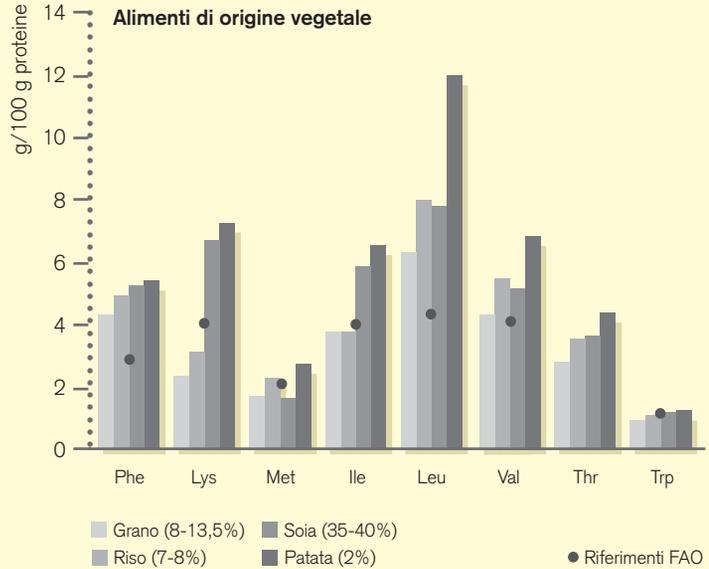
Le proprietà plastiche ed elastiche del glutine (proprietà reologiche) sono determinanti per la trasformazione della farina in pane o in qualsiasi altro prodotto da forno, e della semola in pasta alimentare.

Le diverse migliaia di varietà di frumento sono state selezionate nel corso degli anni in modo da migliorare anche il comportamento tecnologico del relativo sfarinato e, dunque, la sua idoneità alla trasformazione in un ben definito prodotto.

I trattamenti termici, sempre presenti nel processo produttivo dei pro-

Figura 4

Contenuto in aminoacidi essenziali delle proteine di alcuni alimenti di origine vegetale e animale: confronto con la proteina di riferimento FAO. In parentesi è indicato il contenuto in proteine (% tal quale) di ciascun alimento.



Phe = fenilalanina
 Lys = lisina
 Met = metionina
 Ile = isoleucina
 Leu = leucina
 Val = valina
 Thr = treonina
 Trp = triptofano

Tabella 2

Classificazione e principali caratteristiche delle proteine dei cereali.

Natura	Gruppi	Solubilità	Peso molecolare
Proteine citoplasmatiche	Albumine	Acqua	Basso
	Globuline	Soluzioni di sali	Basso
Proteine di deposito nell'endosperma	Gliadine	Etanolo 70%	Basso
	Glutenine	Acidi, basi, agenti idrofobici	Alto (> 100.000)

dotti derivati dei cereali (es. cottura in forno, essiccazione della pasta e sua cottura, ecc.) modificano in maniera sostanziale anche le proprietà funzionali delle proteine. A partire dai 60-70 °C le proteine, indipendentemente dall'umidità del sistema, sono interessate da fenomeni di **denaturazione** e coagulazione.

Nel caso del glutine il trattamento termico stabilizza la struttura reticolare che perde così la sua capacità nativa di estendersi e di deformarsi, ma anche di resistere a sollecitazioni troppo intense.

Le proteine solubili, come detto, sono per lo più proteine con attività enzimatiche. Gli enzimi maggiormente presenti sono di tipo idrolitico (amilasi, proteasi, lipasi), ma le cariossidi possiedono anche attività di tipo ossidativo (lipossigenasi, perossidasi).

In molti processi tecnologici di trasformazione dei cereali le attività enzimatiche devono essere attentamente controllate.

LIPIDI

Questi costituenti delle cariossidi sono generalmente considerati "minori" a causa della loro limitata quantità (vedi Tab. 1). Ciò nonostante, la loro importanza è rilevante sia da un punto di vista nutrizionale che tecnologico. I lipidi dei cereali costituiscono una classe estremamente eterogenea di sostanze, distribuita in maniera assai diversificata nei diversi tessuti del chicco. Accanto ai **trigliceridi**, i più rappresentati nel tessuto dell'endosperma, la cariosside contiene **lipidi polari**, le cui proprietà funzionali (emulsionanti, stabilizzanti) consentono interazioni con molecole proteiche ed amilacee e sono strategiche per le trasformazioni tecnologiche. La presenza rilevante di acidi grassi insaturi e polinsaturi nei lipidi dei cereali rende purtroppo assai frequenti i fenomeni di deterioramento, quali l'**irrancimento**. Tale elevata alterabilità potrebbe

Struttura	Proprietà	Contenuto %
	Enzimatiche Schiumogene, emulsionanti	15-20
	Estensibilità	40
	Elasticità, tenacità	40

in parte giustificare i trattamenti di **raffinazione** (separazione della sola mandorla farinosa) dei cereali che, sebbene ne abbassino il valore nutrizionale, assicurano una più facile conservabilità.

MINERALI

La maggior parte delle sostanze minerali contenute nella cariosside dei cereali è localizzata nelle parti tegumentali ed è costituita da **fosfati** e **solfati di potassio**.

Il fosforo è presente inoltre come **fitati**. Le proprietà nutrizionali negative di questi sali sono ben note e sono dovute alla loro capacità di formazione di complessi con i minerali, riducendo la biodisponibilità di questi ultimi. I cereali contengono in tracce numerosi elementi, tra cui ferro, rame e zinco.

VITAMINE

I cereali rappresentano una importantissima fonte di vitamine, soprattutto del **gruppo B** (Tab. 3). Esse sono localizzate prevalentemente nei tessuti del germe ed in quelli più periferici dell'endosperma.

La separazione di queste parti, operazione conseguente i trattamenti di macinazione del grano e di brillatura del riso, produce una forte perdita di questi principi nutritivi.

Tabella 3

Vitamine presenti nei cereali e loro localizzazione nella cariosside.

Vitamina	Nome chimico	Localizzazione
B ₁	Tiamina	Embrione (scutello)
B ₂	Riboflavina	Più parti del chicco
B ₆	Piridossina	Strato aleuronico
B ₁₂	Niacina	Strato aleuronico
	Acido pantotenico	Strato aleuronico, endosperma
E	Tocoferolo	Embrione

LA CONSERVAZIONE DEI CEREALI

I cereali vengono raccolti in un solo momento nell'arco dell'anno, corrispondente alla maturazione della cariosside. La richiesta del prodotto si estende, al contrario, nello spazio dell'intero anno.

È perciò indispensabile provvedere alla conservazione della granella per periodi di svariati mesi o addirittura di anni. Lo stoccaggio di questi prodotti è, potenzialmente, un'operazione semplice a causa della loro bassa umidità (10-15%) e della presenza di componenti che per natura ed organizzazione strutturale sono poco suscettibili a deterioramenti. Nonostante ciò, una importante parte del raccolto mondiale di cereali

viene, come detto, persa a seguito di non corrette e inadeguate condizioni di conservazione.

I pericoli derivano da un'eccessiva umidità del prodotto al momento della sua raccolta, condizione che facilita il surriscaldamento della massa; infestazioni da microrganismi, in modo particolare muffe (*Aspergillus*, *Penicillium*, ecc.), da insetti e da roditori; deterioramento a seguito di attività enzimatiche (germinazione, ecc.).

Non è raro osservare interazioni tra questi eventi negativi con effetto catalitico assai difficile da controllare e contenere. Le legislazioni di tutti i paesi consentono trattamenti di disinfestazione contro insetti ed altri predatori mediante insetticidi e fumiganti.

L'INDUSTRIA MOLITORIA

La molitura è il processo tecnologico che consente la trasformazione delle cariossidi dei cereali in sfarinati. Viene anche definito processo di macinazione a secco in quanto i chicchi vengono lavorati in assenza di acqua.

È difficile individuare con precisione l'epoca alla quale far risalire l'origine della macinazione dei cereali; già nelle Sacre Scritture si legge che Abramo fece preparare per i suoi ospiti del pane confezionato con la farina più fine.

Non è perfettamente noto quale tra la pietra a sella o il pestello con il mortaio fosse il primo dispositivo di macinazione, anche se numerose testimonianze rinvenute negli scavi in Egitto fanno ritenere che il pestello con il mortaio fosse il primo strumento utilizzato a tale scopo.

In seguito si sostituì il pestello con una pietra, o mola cilindrica, molto larga e pesante, dotata di scanalature per agevolare la presa del chicco durante la macinazione e ruotante sopra

una mola inferiore.

A partire dal 200 a.C., furono impiegati gli animali quale sistema di movimentazione.

Successivamente si utilizzò, quale mezzo di propulsione, l'energia idraulica, come testimonia Vitruvio, architetto romano vissuto intorno al 115 a.C., che ha descritto le ruote propulsive ad acqua adottate per la molitura del grano il cui moto era trasmesso al molino mediante un meccanismo molto simile a quello presente nei moderni molini idraulici.

All'inizio del XII secolo furono utilizzati in Europa i primi molini a vento che sfruttavano appunto il vento quale mezzo di propulsione delle mole.

L'adozione dei laminatoi a cilindri e dei sistemi di abburattamento del materiale macinato divenne comune solo verso la fine del XIX secolo, anche se già nella seconda metà del XVIII secolo ne era stato proposto e sperimentato l'uso.

DEFINIZIONE DI PRODOTTO E CARATTERISTICHE DI QUALITÀ

Nel caso del frumento vengono distinti i prodotti ottenuti dalla molitura del **grano tenero** da quelli ricavati dal **grano duro**.

Dal primo si ottengono **farine**, impiegate principalmente nella panificazione e nella produzione dei prodotti da forno, dal secondo si ricavano **semole** e **semolati** usati prevalentemente nell'industria pastaria.

La definizione delle diverse tipologie di sfarinati è stabilita da una legge specifica (legge 4 luglio 1967, n. 580) che disciplina la lavorazione ed il commercio dei cereali, degli sfarinati, del pane e delle paste alimentari e che riporta i limiti di alcuni parametri analitici quali l'umidità, le ceneri, la cellulosa e il contenuto di glutine (Tab. 4).

La qualità di uno sfarinato è valutata non solo in termini di composizione chimica, ma principalmente sulla base delle caratteristiche reologiche degli impasti, preparati ed analizzati secondo metodiche standardizzate.

La destinazione d'uso di una farina è infatti condizionata dalla sua maggiore o minore capacità di dar origine ad un impasto in grado di resistere a prolun-

gati sforzi meccanici quali quelli che si registrano durante l'impastamento o durante lunghe fasi di lievitazione.

Le farine vengono in tal modo classificate come **farine deboli, medie e forti**. Ciascun prodotto da forno richiede una farina che risponda a specifici requisiti sia dipendenti dalle caratteristiche del prodotto finito sia dalla tecnologia adottata: così per la produzione di un biscotto secco, caratterizzato da una elevata friabilità, è opportuno utilizzare una farina debole, mentre per un prodotto lievitato tipo panettone o pandoro è indispensabile disporre di una farina forte caratterizzata da un'elevata stabilità.

TECNOLOGIA DI PRODUZIONE

La macinazione industriale del grano è un processo assai diverso da quello tradizionalmente realizzato con i molini a molazze.

L'attuale tecnologia può essere suddivisa nelle quattro fasi seguenti: 1) ricezione, prepulitura e insilamento del grano in arrivo, 2) pulitura e condizionamento, 3) macinazione, 4) conservazione degli sfarinati prodotti.

Il grano in arrivo al molino, trasportato generalmente "alla rinfusa" in ca-

Tabella 4

Caratteristiche di legge degli sfarinati di grano commercializzati in Italia (legge n. 580, 4 luglio 1967).

Farina

È denominata “farina di grano tenero” o semplicemente “farina” il prodotto ottenuto dalla macinazione e conseguente abburattamento del grano tenero liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità. Le farine di grano tenero possono essere prodotte solo nei tipi “00”, “0”, “1”, “2” e “integrale” e devono presentare le seguenti caratteristiche:

Tipo e Denominazione	Umidità massima %	In percento sul secco		
		Ceneri	Cellulosa	Glutine secco
		max.	max.	min.
Farina 00	14,50	0,50	–	7
Farina 0	14,50	0,65	0,20	9
Farina 1	14,50	0,80	0,30	10
Farina 2	14,50	0,95	0,50	10
Farina integrale	14,50	1,40-1,60*	1,60	10

* intervallo di variabilità

Semola

È denominata “semola di grano duro” o semplicemente “semola” il prodotto granulare a spigolo vivo ottenuto dalla macinazione e conseguente abburattamento del grano duro, liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità.

Semolato

È denominato “semolato di grano duro” o semplicemente “semolato” il prodotto ottenuto dalla macinazione e conseguente abburattamento del grano duro, liberato dalle sostanze estranee e dalle impurità, dopo l'estrazione della semola.

Tipo e Denominazione	Umidità massima %	In percento sul secco				
		Ceneri		Cellulosa		Sost. azotate (N x 5,7)
		min.	max.	min.	max.	min.
Semola	14,50	0,70	0,90	0,20	0,45	10,50
Semolato	14,50	0,90	1,20	–	0,85	11,50
Farina**	14,50	1,35	1,60	–	1,00	11,50

** da destinare esclusivamente alla panificazione

mion cassonati, treni o navi, viene scaricato in grandi tramogge con apertura grigliata per facilitare la separazione di corpi estranei di maggiore dimensione.

Questa operazione è preceduta da veloci controlli analitici di campioni rappresentativi dell'intera partita che consentono la valutazione di alcuni parametri di qualità previsti dal capitolato d'acquisto.

Le operazioni preliminari di pulitura, effettuate prima dell'immissione della granella nei sili, consentono di allontanare principalmente i corpi estranei grossolani.

La **pulitura** vera e propria del grano è effettuata immediatamente prima del processo di macinazione. Essa consiste in una successione di operazioni aventi lo scopo di separare impurità, corpi estranei e polveri, realizzate sfruttando la differenza in dimensione, forma e peso specifico del materiale che si vuole rimuovere rispetto alla cariosside intera.

Determinante per il rendimento delle operazioni successive è la fase di **condizionamento** del grano, cioè la sua umidificazione fino ad innalzare di 2-4 punti percentuali il contenuto in acqua delle cariossidi.

Questa operazione ha lo scopo di ridurre la friabilità delle parti tegumentali evitandone una eccessiva frammenta-

zione e di rendere più fragile l'endosperma amilaceo, facilitando la separazione di queste due zone anatomiche della cariosside.

Il tempo di condizionamento (variabile da 6 a più di 24 ore) e la quantità di acqua utilizzata dipendono dal tipo di grano. Dopo tale fase le cariossidi presentano circa il 16-17% di umidità, distribuita in modo omogeneo.

L'obiettivo della **macinazione** è quello di separare l'endosperma amilaceo dalle parti tegumentali e dal germe e di ridurre la granulometria dell'endosperma a valori inferiori a 150-200 μm per la farina e a 500 μm per la semola.

La separazione selettiva della mandorla è resa possibile dal fatto che, come è stato precedentemente evidenziato nella Tabella 1, la sua composizione differisce da quella del germe e del tegumento.

La separazione non è tuttavia quantitativa, ma nei sottoprodotti della macinazione si perdono parti di endosperma e nella farina sono inevitabilmente presenti piccole percentuali di particelle tegumentali. La bontà della separazione ed il rispetto delle caratteristiche stabilite dalla legislazione condizionano dunque la resa produttiva di farina o di semola.

Il diagramma di molitura è comples-

so, sia per il tipo di operazioni che lo compongono, sia per il numero delle operazioni stesse e la modalità con la quale si susseguono.

Nella Figura 5 viene presentato uno schema semplificato relativo sia alle operazioni di molitura sia alle operazioni di classificazione sulla base della dimensione e del peso specifico.

Il grano subisce una **rottura iniziale** condotta in **laminatoi**, coppie di cilindri in ghisa opportunamente distanziati, che presentano una superficie rigata e ruotano in senso opposto a velocità diversa. Alla prima operazione di rottura ne seguono altre (generalmente 4 o 5).

I passaggi di rottura, nel loro insieme, hanno la funzione di aprire, tagliare e laminare i chicchi di grano, distaccare l'endosperma dai tegumenti, frantumandolo, e lasciare la crusca sotto forma di lamelle larghe e piatte, in modo da consentire una sua più facile rimozione.

Perché ciò avvenga in modo ottimale, l'operazione di rottura viene realizzata gradualmente per evitare l'eccessiva frantumazione delle parti cruscali che, se di dimensioni molto ridotte, sono di difficile separazione.

Ogni passaggio di rottura è seguito da una **classificazione per dimensioni** (stacciatura) effettuata con *plansichters*, macchine costituite da una serie di

setacci piani (buratti) aventi un'apertura delle maglie adeguata alla granulometria del materiale alimentato.

I grossi frammenti denominati **semole** si dividono tradizionalmente in "vestite", costituite da mandorla farinosa alla quale sono rimaste attaccate parti cruscali, e "nude"; queste due frazioni sono separate sulla base del loro peso specifico e della dimensione utilizzando particolari attrezzature chiamate **semoiatrici** che operano in corrente d'aria.

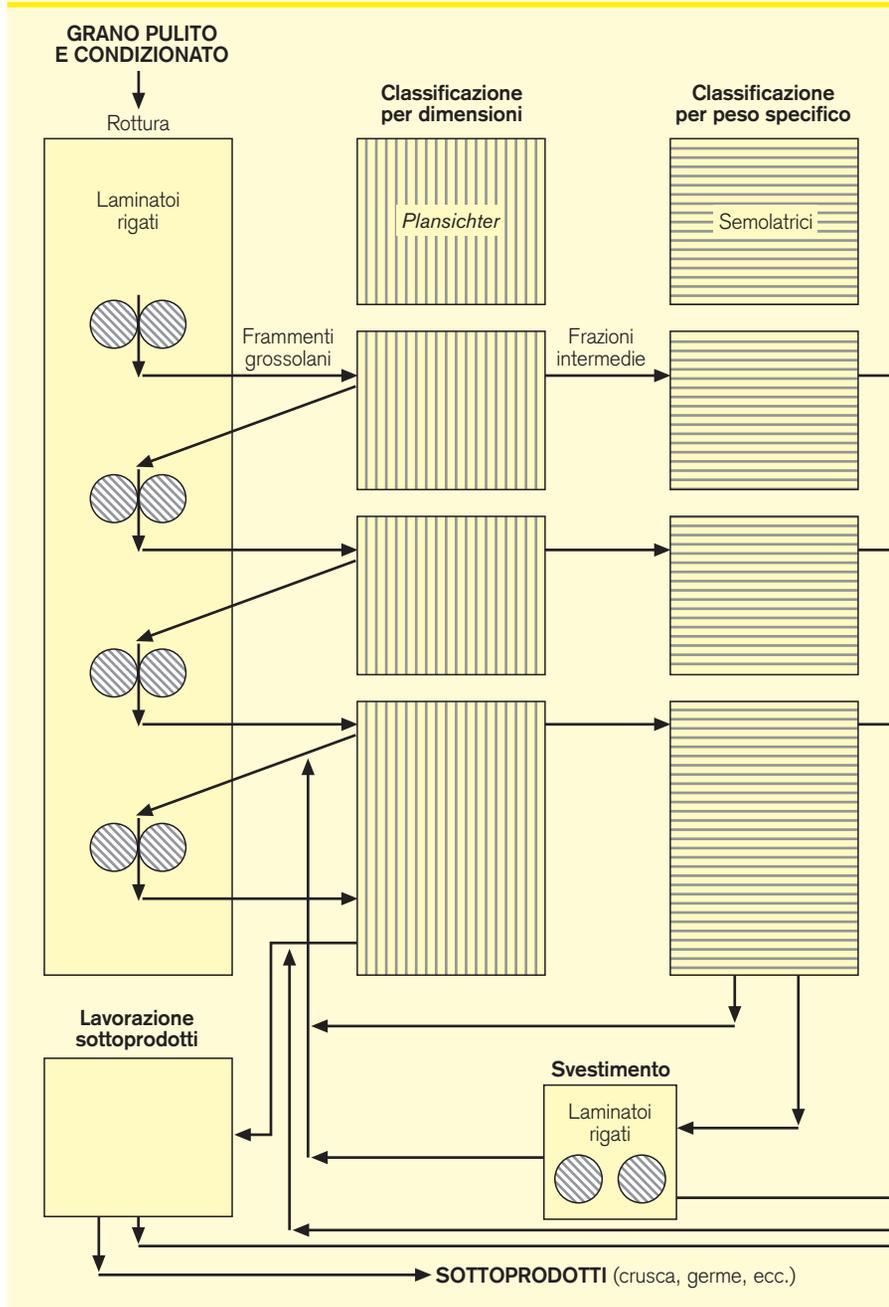
Le semole vestite subiscono in seguito passaggi detti di **svestimento**, attraverso laminatoi finemente rigati. Anche lo svestimento è immediatamente seguito da una classificazione mediante *plansichters*.

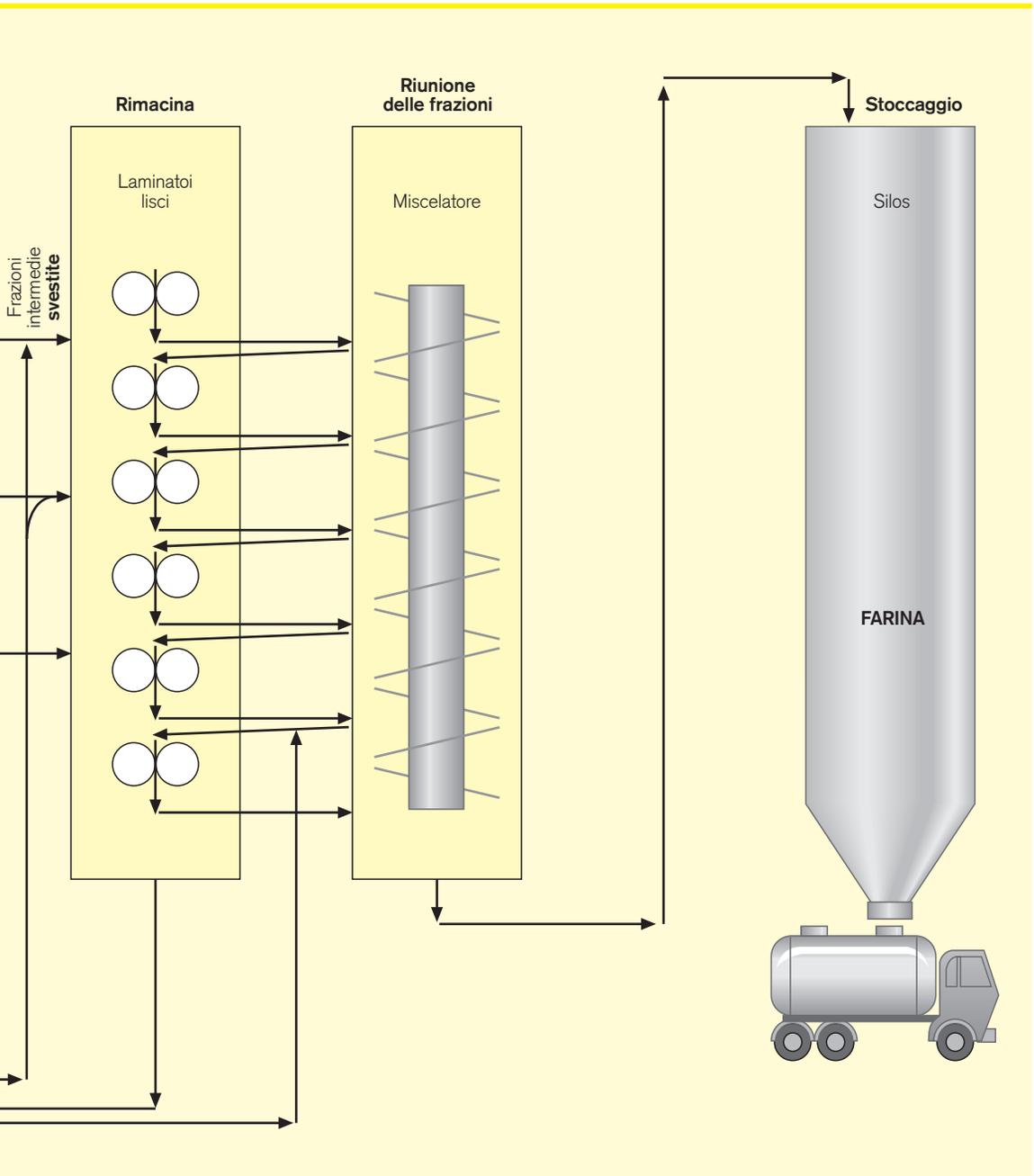
Le semole nude sono invece destinate alle **operazioni di rimacina**, condotte con cilindri lisci. Le rimacine rappresentano i passaggi finali di macinazione, aventi la funzione di ridurre a farina le semole, selezionate e pulite nelle fasi precedenti di lavorazione.

Il diagramma di macinazione prevede un numero idoneo dei diversi passaggi, in modo da assicurare che la maggior parte dell'endosperma sia convertito a farina, nel caso del grano tenero, o a semola, nel caso del grano duro, e che la maggior parte dei tegumenti sia separata e rimossa come sot-

Figura 5

Schema semplificato delle operazioni di macinazione del frumento.





toprodotto. Da ognuno dei numerosi passaggi di molitura si ottiene una frazione di farina: la miscelazione di tutte queste farine consente di ottenere la farina finale commerciale, detta anche **tuttocorpo**.

La resa percentuale di macinazione, espressa come numero di chilogrammi di farina ottenuta da 100 chilogrammi di grano già pulito e condizionato, è generalmente compresa tra il 72 e il 76% per il grano tenero, e tra il 68 e il 72% per il grano duro.

È opportuno ricordare che tanto più raffinata è la farina (ad esempio farina 00) quanto minore è il tasso di estrazio-

ne; infatti durante la sua produzione vengono eliminati insieme ai tegumenti anche gli strati più esterni dell'endosperma.

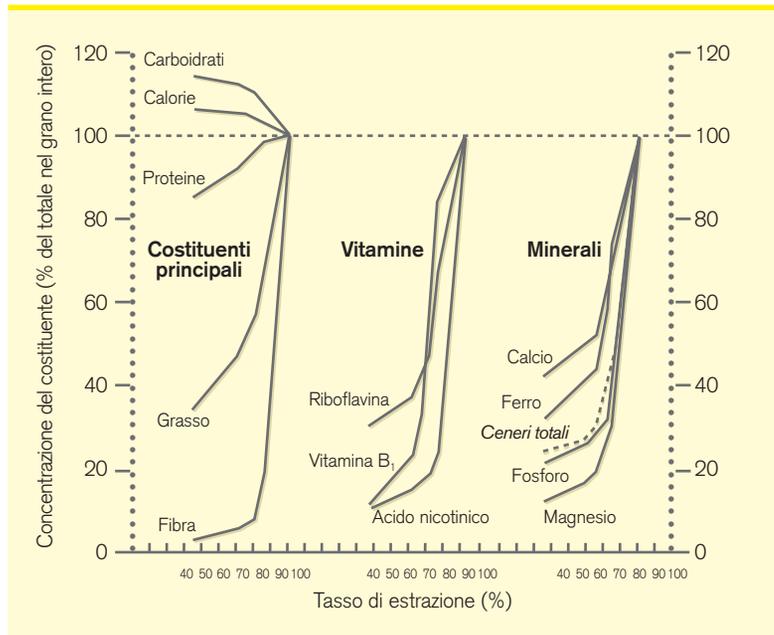
VALORE NUTRIZIONALE DEGLI SFARINATI

La separazione del germe e degli strati più esterni della cariosside durante il processo di molitura inevitabilmente determina profonde modificazioni nella composizione chimica e, di conseguenza, nel valore nutrizionale dei prodotti finiti.

In particolare, la farina o la semola presentano rispetto alla cariosside una

Figura 6

Composizione in nutrienti della farina a diverso tasso di estrazione: confronto con la composizione della cariosside intera.



minore concentrazione di ceneri, di proteine, di vitamine e di zuccheri semplici e un maggiore contenuto di amido.

La differenza relativa tra la composizione della materia prima e quella dei prodotti finiti dipende ovviamente dall'efficienza con cui avviene la separazione degli strati più esterni della cariosside dall'endosperma; così una farina 0, alla quale corrisponde un tasso di estrazione di circa il 75%, contiene, rispetto a una farina integrale, il 5% della fibra, il 45% del grasso, il 30% delle sostanze minerali e una quota variabile tra il 15 e il 40% delle diverse vitamine. Per contro, il contenuto di carboidrati, in particolare di amido, è superiore nella

farina di circa il 10% (Fig. 6).

È ovvio che l'eliminazione del germe, ricco di acidi grassi insaturi tra i quali predomina l'acido linoleico, determina una diminuzione del valore nutrizionale del cereale, ma nel contempo incrementa la conservabilità degli sfarinati che facilmente potrebbero andare incontro a reazioni degradative a carico degli acidi grassi con sviluppo di rancidità nel prodotto, già dopo brevi periodi di conservazione. Anche l'eliminazione dei tegumenti, nella cui composizione predominano i costituenti della cosiddetta **fibra dietetica**, migliora la digeribilità, la conservabilità degli sfarinati, ma, soprattutto, la loro qualità sensoriale.

LA PASTA ALIMENTARE

La pasta alimentare è senza dubbio uno degli alimenti più conosciuti ed apprezzati al mondo disponibile in diverse tipologie (Fig. 7). La scarsità di documenti relativi all'origine di questo prodotto ha alimentato numerose leggende.

Alcune collegano la nascita della pasta al nostro paese, in altre vengono date origini assai più lontane, forse cinesi. Un prodotto simile alla nostra pasta è descritto in un trattato di arte culinaria risalente all'epoca dell'imperatore Tiberio. Bisogna tuttavia attendere il XII secolo per trovare altre citazioni su questo alimento.

La sua produzione avveniva prettamente in ambito familiare: solo a partire dalla metà del '300 sono documentate le prime produzioni in botteghe artigianali. Sebbene l'origine della pasta sembri essere collocabile in Sicilia, è a Napoli che l'industria della pastificazione si sviluppa.

Le botteghe dei vermicellai lasciano il posto a stabilimenti solo nei primi anni

di questo secolo, in concomitanza della comparsa dei primi motori elettrici.

Sicuramente l'introduzione della pressa continua nel processo di forma-

Figura 7

Le diverse tipologie di pasta alimentare.



PASTE
ALIMENTARI

tura dell'impasto intorno agli anni '30 rappresentò un'innovazione tecnologica decisiva per lo sviluppo di questo prodotto: il processo produttivo, da discontinuo quale era stato fino a quel momento, divenne continuo, consentendo così una maggiore produttività ed economicità.

I motivi alla base del successo e della diffusione della pasta alimentare nel mondo risiedono soprattutto nella possibilità di utilizzare, a seconda del

paese e delle tradizioni alimentari, anche cereali diversi dal grano duro, spesso i più economici e disponibili, e nella estrema semplicità della formulazione e delle operazioni tecnologiche richieste per la sua produzione (Fig. 8).

Sostanzialmente queste sono rappresentate dall'impastamento dello sfarinato con acqua, dalla formatura di questa massa in svariati formati mediante due approcci tecnologici, l'**estru- sione** sotto pressione e la **laminazione**,

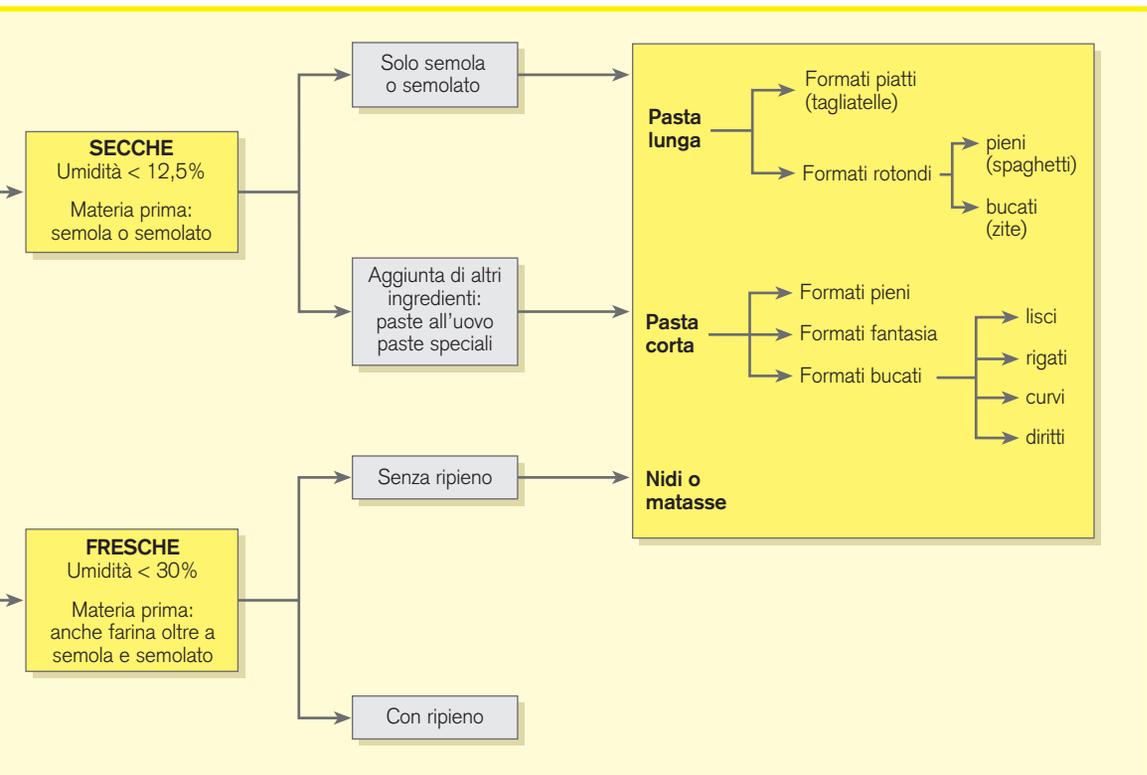
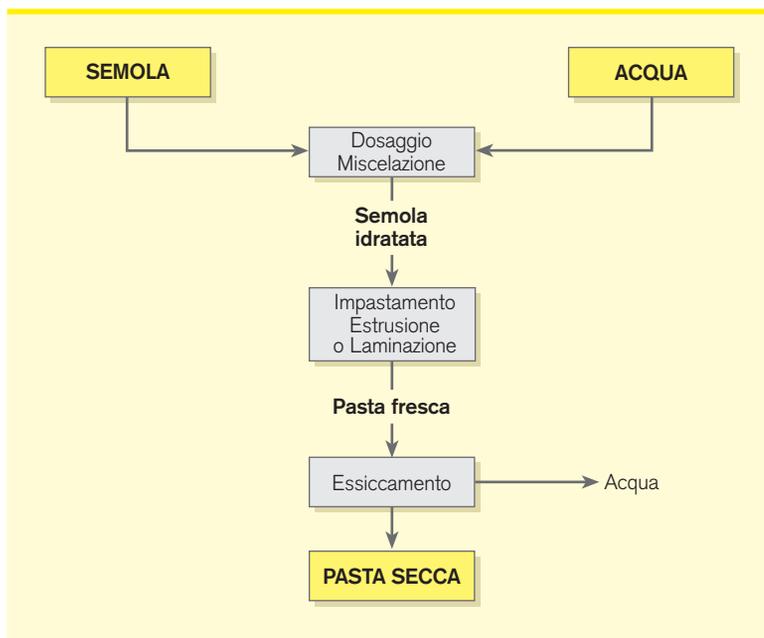


Figura 8

Le principali operazioni del processo di pastificazione.



cui segue l'essiccazione ed il confezionamento. L'insieme di queste operazioni garantisce alla pasta secca una lunga conservabilità e, vista la mancanza di qualsiasi additivo o conservante, una elevata genuinità.

In questi ultimi anni anche altri fattori hanno incrementato, soprattutto all'estero, l'interesse per la pasta. Al piatto tradizionale, preparato esclusivamente con sfarinati di cereali, si affiancano spesso prodotti simili alla pasta per forma ma caratterizzati da un più elevato valore nutrizionale perché integrati con proteine di diversa origine (es. pasta all'uovo, pasta arricchita di siero-

proteine, ecc.), vitamine e sali minerali, sia essiccati che pronti per il consumo, dunque già cotti e conditi (*convenience food*). Infine, la riscoperta dei vantaggi nutrizionali della cosiddetta *dieta mediterranea* ha finalmente liberato questo alimento dal pregiudizio di "piatto ingrassante".

DEFINIZIONE DI PRODOTTO E CARATTERISTICHE DI QUALITÀ

La pasta secca rappresenta senza dubbio la tipologia di pasta preferita da-

gli italiani: rappresenta infatti il 90% circa dei volumi d'acquisto del comparto. Accanto a questo prodotto, va sempre più affermandosi la cosiddetta **pasta fresca**, denominazione che, secondo la nostra legislazione, fa riferimento al solo contenuto di umidità dell'alimento e non alla data di produzione (vedi Fig. 7).

Se tale criterio di classificazione rimane il più diffuso, non va dimenticato che altri parametri utili per discriminare i diversi prodotti possono essere la presenza di particolari ingredienti nella formulazione (pasta all'uovo e paste speciali) oppure il processo tecnologico e, quindi, il tipo di formato (pasta lunga e corta, laminata o estrusa).

La materia prima d'elezione per la pasta alimentare e l'unica permessa dalla nostra legislazione per la pasta secca resta la **semola di grano duro** (Tab. 5).

Le proprietà funzionali delle proteine di questo cereale e l'elevato tenore in pigmenti consentono infatti di ottenere un prodotto considerato "di qualità". Tuttavia le caratteristiche che la pasta alimentare deve possedere per poter essere giudicata di buona qualità dal consumatore, frequentemente non coincidono con quelle indicate dalla legislazione e possono essere assai differenti a seconda delle abitudini alimentari dei

consumatori: in altre parole la scala di valutazione è fortemente soggettiva in quanto basata su preferenze del tutto personali.

È importante ricordare che il giudizio sulla pasta, a tutt'oggi, non considera l'integrità nutrizionale del prodotto, caratteristica che può essere, come verrà discusso successivamente, ampiamente influenzata dal processo tecnologico utilizzato.

Il giudizio finale del consumatore tiene sicuramente conto dell'aspetto del prodotto allo stato secco e il suo comportamento in cottura. A tale proposito vale la pena soffermarsi brevemente sul ruolo e sul comportamento dei due principali componenti della semola e della pasta, l'amido e le proteine.

Nella pasta secca l'amido si trova ancora sotto forma di granuli integri, così come è possibile osservarli nella semola; le proteine, disposte tra granulo e granulo in maniera più o meno uniforme e regolare, sono per la maggior parte interagite a formare il complesso del glutine.

Durante la cottura i granuli d'amido e le proteine hanno un comportamento completamente diverso: i primi si rigonfiano rapidamente e tendono a disperdersi e in parte a solubilizzarsi; le proteine, al contrario, diventano completamen-

te insolubili e coagulano creando un reticolo. Poiché questi fenomeni avvengono approssimativamente alle stesse temperature, più le proteine formano rapidamente, durante la cottura, un reticolo compatto, più il rigonfiamento dell'amido sarà contenuto e i componenti

amilacei resteranno intrappolati nella maglia proteica, assicurando al prodotto buon "nerbo" e assenza di collosità. Al contrario, se il reticolo manca di elasticità o tarda a formarsi, i granuli d'amido, non trovando fisicamente alcun ostacolo, si rigonfieranno molto facilmente e

Tabella 5

Caratteristiche di legge della pasta alimentare commercializzata in Italia (legge n. 580, 4 luglio 1967).

Pasta e pasta all'uovo

Sono denominati "pasta di semola di grano duro" e "pasta di semolato di grano duro" i prodotti ottenuti dalla trafilazione, laminazione e conseguente essiccamento di impasti preparati esclusivamente con:

- a) semola di grano duro e acqua;
- b) semolato di grano duro e acqua.

La pasta destinata al commercio può essere prodotta soltanto nei tipi e con le caratteristiche riportate nella successiva tabella.

La pasta con l'impiego di uova deve essere prodotta esclusivamente con semola e con l'aggiunta di almeno 4 uova intere di gallina, prive di guscio, per un peso complessivo non inferiore a grammi 200 di uova per ogni chilogrammo di semola.

La pasta prodotta con l'impiego di uova deve essere posta in commercio con la sola denominazione di "pasta all'uovo" e deve avere le caratteristiche riportate nella seguente tabella.

Tipo e Denominazione	Umidità massima %	In percento sul secco					
		Ceneri		Cellulosa		Sost. azotate (N x 5,7)	Acidità in gradi*
		min.	max.	min.	max.		
Pasta di semola di grano duro	12,50	0,70	0,90	0,20	0,45	10,50	4
Pasta di semolato di grano duro	12,50	0,90	1,20	–	0,85	11,50	5
Pasta all'uovo	12,50	0,85	1,05	0,20	0,45	12,50	5

* Il grado di acidità è espresso dal numero di centimetri cubi di soluzione alcalina normale occorrente per neutralizzare grammi 100 di sostanza secca.

Tabella 5

[segue]

Paste alimentari fresche

È consentita la produzione di paste alimentari fresche. Nella produzione di tali paste devono essere osservate le prescrizioni stabilite per le paste alimentari secche, salvo che per l'umidità.

È consentito l'uso delle farine di grano tenero. Le paste alimentari fresche, poste in vendita in confezioni sigillate, devono presentare le seguenti caratteristiche:

Tipo e Denominazione	Umidità massima %	In percento sul secco					
		Ceneri		Cellulosa		Sost. azotate (N x 5,7)	Acidità in gradi*
		min.	max.	min.	max.		
Pasta fresca (semola)	30,0	0,70	0,90	0,2	0,45	10,5	6
Pasta fresca (semolato)	30,0	0,90	1,20	–	0,85	11,5	6
Pasta fresca all'uovo (semola)	30,0	0,70	1,10	0,2	0,45	12,5	5

* Il grado di acidità è espresso dal numero di centimetri cubi di soluzione alcalina normale occorrente per neutralizzare grammi 100 di sostanza secca.

parte del materiale gelatinizzato e solubilizzato passerà nell'acqua di cottura: il prodotto verrà giudicato colloso e di scarsa consistenza.

È facile dunque capire come una buona qualità in cottura sia associata a un alto contenuto in proteine della semola e ad una loro pronta reticolazione a formare glutine: numerosi studi sono condotti allo scopo di selezionare nuove varietà meglio rispondenti alle esigenze delle aziende produttrici di pasta.

TECNOLOGIA DI PRODUZIONE

La qualità della pasta è influenzata, oltre che dalle proprietà della materia prima, anche dalle condizioni in cui è attuato il processo di pastificazione: gli effetti sui componenti possono essere assai diversi, condizionando in cottura il risultato della competizione fra amido e proteine.

Sebbene la pasta sia un alimento

conosciuto da secoli, il suo processo produttivo è interessato ancora oggi da importanti innovazioni tecnologiche, motivate per lo più da esigenze economiche e produttive.

Il processo di pastificazione è oggi condotto su linee completamente automatizzate. Le semole vengono trasportate, mediante un sistema pneumatico, fino alla prima sezione della **pressa continua**, dove si provvede all'**impastamento** con acqua ottenendo un impasto con un tenore di umidità totale del 30% circa. In questa fase, la cui durata è di circa 15-20 minuti nelle macchine tradizionali, è importante assicurare una idratazione delle particelle di semola il più possibile uniforme per evitare punti bianchi nel prodotto finito.

La massa umidificata, che si presenta come grumi di materiale più o meno grossi, viene successivamente "formata" nella seconda parte della pressa, zona formata da un cilindro disposto orizzontalmente in cui ruota una vite senza fine che assicura la movimentazione dell'impasto, facilitando e favorendo l'interazione delle proteine idratate a formare il glutine.

Questa operazione è per lo più effettuata in macchine sotto vuoto per evitare che l'inclusione di piccole bolle d'aria e l'ossidazione dei pigmenti nativi

della semola provochino perdite di lucentezza e attenuazioni di colore.

L'impasto viene poi spinto dalla vite di compressione verso la **trafila**, piastra di bronzo (materiale in grado di sopportare le pressioni presenti all'interno della macchina) recante fori diversi a seconda del formato desiderato e generalmente ricoperti di teflon per ottenere una superficie liscia nel prodotto. L'impiego della trafila di solo bronzo, al contrario, dà una rugosità superficiale che, secondo alcuni consumatori, è preferibile in quanto consente alla pasta di trattenere meglio il sugo.

Questa fase del processo produttivo, denominata **estrusione** o **trafilazione**, è sempre accompagnata dallo sviluppo di notevoli pressioni all'interno della macchina, anche superiori alle 100 atm.

La scarsa fluidità della massa produce inoltre forti attriti con aumenti di temperatura, effetto indesiderato in parte controllabile rendendo termostatico il cilindro stesso a temperature di 40-45 °C. Temperature superiori favorirebbero il rigonfiamento dei granuli d'amido e la coagulazione delle proteine in ammassi disordinati: entrambi questi fenomeni avrebbero ripercussioni negative sulle proprietà in cottura del prodotto finito.

Gli attuali sistemi di controllo degli impianti permettono di evitare danni al prodotto: la pasta appena uscita dalla trafila rispecchia fedelmente le caratteristiche di qualità della semola utilizzata. Le innovazioni apparse nel corso degli anni a carico di questa prima fase del processo di pastificazione, anche le più recenti, hanno riguardato prevalentemente l'ottimizzazione da un punto di vista ingegneristico delle prestazioni della macchina, ma non hanno sostanzialmente cambiato le modalità con cui l'impasto viene formato.

Il prodotto appena estruso, la pasta fresca, presenta un contenuto di umidità del 30% circa, caratteristica che lo rende poco conservabile alle condizioni ambiente.

L'essiccazione ha dunque lo scopo di abbassare la sua umidità fino al 12,5%, valore massimo imposto dalla nostra legislazione e che assicura condizioni di acqua libera (*aw*) inferiori a 0,4, tali da impedire la proliferazione indesiderata di microrganismi e ridurre numerose attività enzimatiche. Allo stesso tempo il prodotto acquisisce sapore, aroma e consistenza caratteristici. L'essiccazione ha sempre rappresentato, e resta ancora oggi, l'operazione cruciale di tutto il processo di pastificazione: ne sono un chiaro indice la superficie ri-

chiesta per lo sviluppo degli essiccatoi, i tempi richiesti per l'operazione (che variano a seconda del formato ma che restano, anche per il ciclo più breve, di alcune ore) e le innovazioni dedicate a tale momento.

Essiccare una pasta non vuol dire solo far evaporare dell'acqua: tale operazione deve avvenire nel rispetto della struttura chimico-fisica del prodotto.

Vanno soprattutto evitate le tensioni che si possono creare nelle diverse zone e tra i componenti della pasta, dovute sia a disomogenee distribuzioni d'acqua tra regioni superficiali e regioni interne sia a diverse affinità per l'acqua tra proteine e amido.

La pasta deve ridurre la propria umidità (e il proprio volume) in modo uniforme e omogeneo.

Fino al secolo scorso la buona riuscita dell'essiccazione dipendeva solo dall'abilità del pastaio e dall'esistenza di particolari condizioni ambientali-climatiche come quelle delle aree prospicienti il golfo di Napoli e il golfo di Genova. Un ciclo di essiccazione per pasta lunga poteva durare anche più giorni ed esigeva numerosa manodopera. I progressi tecnologici avvenuti all'inizio di questo secolo hanno reso finalmente indipendente l'essiccazione dalle condizioni climatiche: a partire dagli anni '40, l'ope-

razione cominciò a essere condotta in gallerie a clima artificiale in cui l'aria poteva essere condizionata per temperatura e umidità, controllandone così le capacità di adsorbimento d'acqua.

Qualsiasi ciclo di essiccazione della pasta può essere per semplicità diviso in due fasi: il primo stadio è denominato di **pre-essiccazione** o di **incartamento** (dal nome "carta" attribuito alla sottile crosta superficiale che viene a formarsi); si instaurano i presupposti per ottenere un prodotto senza difetti. In questa fase la pasta può perdere velocemente acqua, fino ad un terzo di quella aggiunta durante l'impastamento.

Terminata la fase di incartamento, l'umidità presente nella pasta (come detto circa il 18-20%) è differentemente distribuita fra superficie più secca (anche 15% di umidità) e parte interna, dove il contenuto d'acqua è del tutto confrontabile a quello della pasta appena estrusa.

Nella seconda fase del ciclo di essiccamento, la cui durata è di gran lunga superiore a quella di incartamento, sono previsti periodi cosiddetti di "rinvenimento" o "riposo" in ambienti ad alta umidità, necessari per consentire una distribuzione omogenea di umidità all'interno del prodotto. Si evitano così fessurazioni nella pasta (bottature), a seguito

delle tensioni di tipo fisico tra le zone a diverso contenuto di umidità.

Fino a una decina di anni or sono il ciclo di essiccazione prevedeva momenti di essiccazione, o di "ventilazione", alternati a momenti di riposo, ottenuti scegliendo convenientemente le condizioni igrometriche all'interno degli essiccatoi.

Oggi le moderne macchine sono progettate per effettuare in una sola fase l'evaporazione dell'acqua, cui segue una lunga fase di stabilizzazione per ottenere una distribuzione d'umidità uniforme. Al termine dell'essiccazione la pasta viene raffreddata a temperatura ambiente prima del suo confezionamento. Fino agli anni '70 le temperature massime utilizzate in essiccazione erano di 50-55 °C (oggi definite **basse temperature** o **LT**). In tali condizioni erano necessarie anche più di 24 ore per essiccare certi formati lunghi.

Potevano così instaurarsi fermentazioni, alcune delle quali desiderate in quanto apportavano al prodotto caratteristici gusti e aromi, ma non si osservavano significative modificazioni delle proprietà funzionali dei componenti della semola: la qualità in cottura risultava strettamente correlata alla qualità della materia prima utilizzata: pastificare un'ottima semola era, in quegli anni, la sola garan-

zia per ottenere un prodotto con buone proprietà in cottura.

Le innovazioni tecnologiche in questo scenario furono ovviamente legate alla ricerca di una maggiore economicità del processo, accompagnata da una maggior igienicità e costanza di qualità del prodotto.

Una delle soluzioni più logiche e tecnologicamente più semplici fu quella di innalzare le temperature, fino a 70-90 °C e oltre (diagrammi ad **alta temperatura** o **HT**), condizioni che consentirono una drastica riduzione dei tempi di processo, fino a 10 volte (4-8 ore a seconda dei formati), e conseguentemente, offrono sensibili vantaggi di natura economica, igienica e sensoriale (colore più intenso della pasta secca).

Del tutto inattesi furono i miglioramenti osservabili a livello della **qualità in cottura** del prodotto, talvolta con risultati sorprendenti rispetto alle caratteristiche della materia prima, correlati alle modificazioni indotte dai trattamenti HT a carico dell'amido e, soprattutto, delle proteine: queste ultime, infatti, in condizioni di temperatura e umidità opportune (a partire dai 70 °C con umidità del campione inferiore al 16-18%), coagulano e creano, già nel prodotto crudo, un reticolo assai simile a quello che si viene a formare in cottura, efficace nel

contrastare fin dai primi momenti un eccessivo rigonfiamento dei granuli d'amido e, quindi, un'elevata collosità e assenza di nerbo nella pasta cotta.

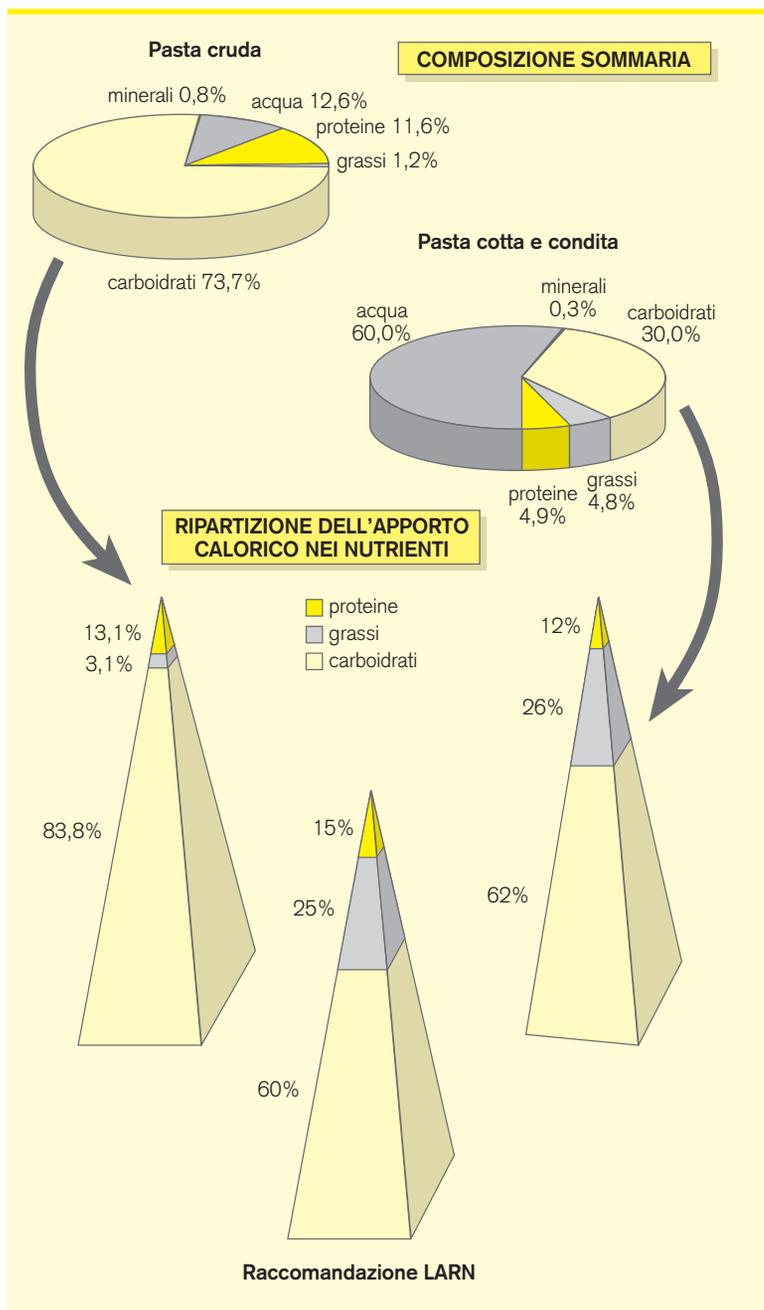
Le modificazioni associabili ai diagrammi di essiccazione HT non sono tuttavia solo positive. Queste condizioni influiscono sensibilmente su alcune proprietà sensoriali, provocando un appiattimento di gusto ed un eccessivo imbrunimento, ma, soprattutto, un danno termico non trascurabile nella pasta secca, di cui verrà discusso il significato in seguito.

VALORE NUTRIZIONALE DELLA PASTA

La composizione e il valore nutrizionale della pasta secca presentano, ovviamente, tutti gli aspetti positivi e negativi del grano da cui essa è prodotta. Nella Figura 9 è riportata la composizione di 100 g di questo alimento, informazione che oggi la maggior parte delle aziende produttrici riporta sulla confezione, e la distribuzione percentuale di calorie fornite dai singoli principi nutritivi, confrontata quest'ultima con quella suggerita dall'Istituto Nazionale della Nutrizione (Livelli di Assunzione Raccomandati di Nutrienti – LARN).

Figura 9

Composizione in nutrienti e loro ripartizione calorica nella pasta alimentare cruda e dopo cottura e aggiunta di condimento (salsa di pomodoro, olio e formaggio grana): confronto con le raccomandazioni dei LARN.



La pasta secca non può essere considerata un alimento equilibrato: mancano infatti quasi completamente i lipidi. Inoltre il valore biologico delle proteine è limitato, soprattutto a causa del basso contenuto in lisina. Tuttavia le 350 kCal assunte mediamente con 100 g di pasta cruda, fornite principalmente dall'amido, non devono essere viste in termini negativi.

L'amido è oggi considerato un componente calorico ottimale per l'uomo, specie se confrontato con carboidrati più semplici la cui assunzione è, nella dieta di tipo occidentale, in eccesso. La pasta è sempre consumata cotta e in combinazione con altri alimenti. La più comune integrazione è quella rappresentata dal condimento che prevede solitamente prodotti vegetali (olio e pomodoro nella più semplice delle salse) e formaggio tipo grana.

In questo modo non solo si eleva sensibilmente il valore qualitativo delle proteine, ma si ha una ripartizione dell'apporto calorico del tutto confrontabile con quello che una dieta equilibrata dovrebbe possedere.

Se è vero che la qualità nutrizionale della pasta è correlata ai componenti in essa presenti, è altrettanto vero che i trattamenti tecnologici possono modificare la disponibilità di alcuni nutrienti.

In particolare i cicli HT, oggi così largamente diffusi a causa dei numerosi vantaggi già ricordati, possono produrre un elevato danno termico, ascrivibile principalmente alla **reazione di Maillard**, facilmente quantificabile attraverso il dosaggio di particolari molecole, la più conosciuta delle quali è la **furosina** (Fig. 10). Tale *marker* dell'intensità del danno termico si viene a formare per idrolisi acida dai cosiddetti composti di Amadori, rappresentativi della prima fase della reazione di Maillard.

Queste modificazioni, oltre a poter incidere negativamente su alcune caratteristiche sensoriali della pasta secca (colore e sapore anomali), causano una diminuzione del contenuto di **lisina biodisponibile**, fino al 40% della quota originariamente presente nella semola, e la comparsa di composti di neoformazione, tipici della crosta dei prodotti da forno e che si formano per degradazione dei composti di Amadori (es. pirroloaldeidi, ecc.).

L'impoverimento in lisina subito dal prodotto è un aspetto che il consumatore difficilmente può valutare in maniera diretta ma che potrebbe essere inserito nelle informazioni nutrizionali presenti sulle confezioni.

Sebbene questa perdita possa essere recuperata attraverso l'integrazio-

Figura 10

Intensità di danno termico (livello di furosina) in alcuni prodotti della filiera del grano duro.

	Furosina mg/100 g proteina	Perdita di lisina lys/100 lys tot.
Semola	3-9	0,2-0,6
Impasto	Pasta fresca fatta in casa	0,6-0,7
	Pasta fresca industriale	0,9-1,4
Pasta estrusa	10-15	0,7-1,1
Pasta essiccata	Bassa temperatura (55 °C)	2,8-5,6
	Alta temperatura (> 75 °C)	21-49

ne con il condimento (es. formaggio, carne, ecc.), è importante sottolineare che l'aggiunta di proteine animali ha un costo sicuramente più elevato di quello delle proteine del prodotto di partenza.

Le future innovazioni in questo settore dovranno tenere in considerazione anche questi aspetti.

LA PASTA ALIMENTARE FRESCA

Il mercato delle paste fresche, sebbene di dimensioni ridotte se confrontato con quello della pasta secca, è in

grande e continua espansione.

Tra i diversi motivi che giustificano questo successo, vi è sicuramente il forte legame nel consumatore tra idea di "freschezza" di un alimento e produzione a livello artigianale, con limitata conservabilità nel tempo. Questo criterio di classificazione è assai lontano da quello utilizzato dalla nostra legislazione, che definisce, come già sottolineato (vedi Tab. 5), la pasta fresca unicamente sulla base del parametro "umidità".

Attualmente sono commercializzate più tipologie di pasta fresca, differenti per la loro conservabilità.

Accanto al prodotto tipico del labo-

ratorio artigianale, la pasta fresca non confezionata, la cui conservabilità si limita a 3-4 giorni, si trovano prodotti la cui vita commerciale è assai prolungata: da 30-40 giorni fino a 120 giorni. Questo risultato è raggiungibile utilizzando uno o due trattamenti termici di pastorizzazione, il confezionamento in atmosfera "protettiva" (escludendo cioè l'ossigeno mediante atmosfere di azoto e/o anidride carbonica) e mantenendo il prodotto nella catena del freddo (4-8 °C).

Tali condizioni garantiscono un idoneo profilo igienico dell'alimento, aspetto assai critico soprattutto nel caso che la formulazione contenga uova (ingrediente generalmente previsto per i positivi effetti a livello tecnologico) e, come nelle paste speciali e farcite, altri derivati

di origine animale e/o vegetale (carne, formaggi, verdure, ecc.). Queste materie prime, infatti, veicolano assai frequentemente microrganismi patogeni come salmonelle e stafilococchi.

Le diversità rispetto alla pasta secca si estendono anche ad altri aspetti del prodotto: è infatti possibile utilizzare nella formulazione anche farina di grano tenero; il processo tecnologico di formatura dell'impasto in una sfoglia è condotto per laminazione attraverso cilindri: questa tecnologia, la cui produttività è largamente inferiore a quella del processo d'estrusione sotto pressione, consente di strutturare al meglio il reticolo proteico del glutine, anche in materie prime meno idonee alla pastificazione, quale è la farina.

IL PANE

Il pane, prodotto ottenuto dalla cottura di un impasto a base di farina, acqua e lievito, ha origini più antiche di quelle di ogni altro alimento.

In molte religioni il pane è stato considerato, e viene tuttora considerato, come simbolo sacro. Al tempo degli antichi Egizi era usato nei riti religiosi e veniva gettato nel Nilo in omaggio agli dèi, mentre i Greci lo ritenevano di tale importanza da erigere templi alla Dea del pane.

Nei più antichi processi di panificazione il grano veniva frammentato e consumato come una pasta acquosa, solo più tardi fu macinato in molini primitivi e poi setacciato.

La farina ottenuta era impastata e sagomata in grossi pani, cotti su piastre roventi o direttamente sul fuoco.

Il passo successivo fu la cottura dell'impasto fermentato; gli antichi Ebrei distinguevano infatti tra pane lievitato e pane non lievitato (pane azzimo).

La conoscenza della fermentazione venne in seguito tramandata a Greci e Romani.

Nell'antica Roma si conoscevano decine di qualità differenti di pane, spesso ottenuto con crusca o miscelando cereali meno "nobili" del grano tenero per i consumatori delle classi più povere.

A quel tempo i panettieri cuocevano il pane in forni di pietra o di argilla e la panetteria faceva frequentemente parte di un complesso comprendente anche un molino e una fabbrica di birra.

Nelle cittadine medioevali si registrò un incremento notevole nel numero delle panetterie, ancora associate a molini e fabbriche di birra.

La formulazione base e le principali fasi del processo di produzione del pane sono rimaste sostanzialmente invariate nel corso dei secoli sebbene, in molti paesi, il processo di panificazione sia stato progressivamente automatizzato e reso "continuo".

DEFINIZIONE DI PRODOTTO

La legge n. 580 del 4/7/1967 definisce il **pane** come il “prodotto ottenuto dalla cottura totale o parziale di una pasta convenientemente lievitata, preparata con sfarinati di grano, acqua e lievito, con o senza aggiunta di sale comune” .

Se l'impasto è costituito solamente dagli ingredienti suddetti, il pane è denominato **comune**, mentre se vi sono anche altri ingredienti si ha il **pane speciale**.

Il pane comune è classificato in diversi tipi a seconda del tipo di farina impiegata: “pane di tipo 00”, se prodotto con farina di grano tenero di tipo 00, “pane di tipo 0”, se prodotto con farina di grano tenero di tipo 0, e così via per le altre tipologie di farina di grano tenero, “pane di semola” e “pane di semolato”, prodotti rispettivamente con semola o semolato di grano duro o loro rimacine.

La nostra legislazione non prevede attualmente la panificazione di miscele di farina e semola.

Gli altri ingredienti permessi nei pani speciali devono far parte di una lista positiva, indicata all'articolo 20 della stessa legge. Lo scopo del loro utilizzo può essere semplicemente quello di rendere il

pane più appetibile, o anche di migliorarne la qualità (ad esempio rallentare il rafferimento, come nel caso del pane speciale all'olio).

È inoltre permesso l'impiego di farina di cereali maltati, estratti di malto, alfa e beta amilasi. Per esigenze tecniche di produzione di particolari forme di pane è ammessa la spalmatura con burro, olio d'oliva (escluso quello di sansa rettificato) e strutto. È assolutamente vietato aggiungere all'impasto residui di pane.

Poiché il pane deve essere venduto a peso, la legge n. 580 stabilisce il massimo contenuto in umidità del pane a cottura ultimata, in funzione della pezzatura.

È possibile vendere **pane parzialmente cotto**, surgelato o non, sia al consumatore finale, sia a operatori intermedi.

Tale prodotto deve essere confezionato e recare in etichetta, oltre all'indicazione che si tratta di un pane precotto, anche una serie di altre informazioni, tra cui le modalità di cottura per renderlo commestibile.

Nel caso di **pane surgelato**, è necessario specificare in etichetta che si tratta di pane surgelato, oltre alle indicazioni previste per tutti i prodotti surgelati.

MATERIE PRIME E TECNOLOGIA DI PRODUZIONE

Gli ingredienti base utilizzati in un impasto per panificazione sono la farina, l'acqua, il lievito e il sale. La farina è l'elemento strutturante nelle fasi di impastamento, lievitazione e cottura.

Durante l'impastamento, in seguito all'aggiunta di acqua e all'apporto di energia, si ha la formazione del glutine, struttura a maglia tridimensionale, in cui rimane intrappolato l'amido.

Il glutine possiede caratteristiche viscosose (conferitegli dalle gliadine) ed elastiche (grazie alle glutenine) e tali proprietà gli permettono di distendersi sotto la pressione dei gas di fermentazione e di trattenerli. Durante la cottura la struttura glutinica si irrigidisce in seguito alla denaturazione proteica, mantenendo così la forma e il volume del pane.

Altro ingrediente fondamentale è l'acqua, aggiunta in dosi variabili da 40 a 65 parti per 100 parti di farina, a seconda del tipo di pane e del metodo di lavorazione.

L'azione dell'acqua non si ferma alla formazione del glutine: essa regola le attività enzimatiche, idrata i granuli d'amido durante la cottura ed esplica un'azio-

ne solvente per altri ingredienti quali il glucosio, il saccarosio, il sale e il latte in polvere.

Il principale ruolo del lievito (generalmente *Saccharomyces cerevisiae*) è la conversione dei carboidrati fermentescibili presenti nell'impasto in anidride carbonica ed etanolo.

Il gas che si forma determina l'aumento di volume dell'impasto durante la fase di lievitazione e provoca, in tal modo, importanti modificazioni nella struttura del prodotto.

Le maggiori funzioni del sale, presente generalmente in percentuali dell'1-2% sul peso della farina, sono essenzialmente sensoriali e secondariamente strutturali per la sua capacità di incrementare la "forza" dell'impasto, presumibilmente attraverso legami salini con le proteine del glutine.

Come accennato precedentemente, nei **pani speciali** è permessa l'aggiunta di altri ingredienti, tra i quali si ricordano gli zuccheri, i grassi, l'estratto di malto o la farina di cereali maltati e l'acido ascorbico.

Gli zuccheri rappresentano una fonte di carboidrati per i lieviti e contribuiscono a migliorare il gusto e il colore del pane. Gli *shortening* (grassi anidri), sono aggiunti all'impasto in ragione del 4% circa sulla farina.

Il pane speciale con l'aggiunta di grassi si ottiene, invece, aggiungendo all'impasto burro, strutto o olio d'oliva in quantità tale che la materia grassa rappresenti almeno il 4,5% della sostanza secca nel prodotto finito. Il principale ruolo tecnologico degli *shortening*, se presenti in percentuale ridotta, è quello lubrificante: facilitano infatti lo scorrimento tra le macromolecole del glutine che sarà caratterizzato da una maggiore estensibilità prima della rottura (maggiore volume del prodotto finale). Inoltre i grassi stabilizzano le bolle d'aria create durante l'impastamento, evitando che queste si fondano in bolle di maggiori dimensioni dando origine a una alveolatura fine e regolare della mollica.

Durante la conservazione i lipidi prevenzionano le interazioni tra i granuli d'amido, rendendo più lenta la retrogradazione dell'amido, e ostacolano i fenomeni di migrazione d'acqua tra amido e proteine, rallentando il rafforzamento. Tutto ciò si traduce in un aumento della vita commerciale (*shelf-life*) del prodotto.

L'impiego di estratti di malto o farina di cereali maltati permette di arricchire l'impasto di enzimi in grado di scindere l'amido in zuccheri fermentescibili, substrato per i lieviti nella fase di fermentazione.

L'aggiunta di malto consente quin-

di un rapido avvio della lievitazione aumentando il volume del pane e migliorandone l'alveolatura.

L'acido ascorbico, l'unico additivo ammesso nella farina dalla nostra legislazione, viene aggiunto a livelli di parti per milione per la sua capacità di favorire la formazione di ponti disolfuro tra le proteine del glutine aumentando la forza dell'impasto.

Anche se vi sono differenze tra le tecnologie attualmente utilizzate per la formazione dell'impasto, si può affermare che il diagramma per la produzione del pane sia sostanzialmente costituito dalle operazioni unitarie riportate nella Figura 11.

Ciascuna delle fasi viene condotta per raggiungere specifici obiettivi e comporta una serie di modificazioni nel prodotto, come viene schematicamente indicato nella Tabella 6.

La produzione di pane è tradizionalmente un **processo di tipo discontinuo** in quanto le diverse fasi di impastamento, di lievitazione e di cottura sono condotte su quantità discrete di materiale e in impianti separati. Verso la fine degli anni '50, vennero introdotti negli Stati Uniti alcuni **processi di panificazione in continuo**, in cui il dosaggio degli ingredienti e le successive operazioni avvenivano senza alcuna interruzione.

Figura 11

Le principali operazioni del processo di panificazione.



Queste tecnologie sono poco diffuse in Italia per la produzione di pane, mentre trovano maggiore successo nei paesi anglosassoni, o nella produzione di altri prodotti da forno.

I processi di panificazione discontinui possono essere realizzati adottando un metodo diretto o un metodo indiretto, quest'ultimo differenziabile in una tecnologia che prevede la preparazione della cosiddetta **biga** (Fig. 12) e in un processo che fa uso di un **lievito naturale** o **madre acida** (Fig. 13).

Nel metodo diretto tutti gli ingredienti sono miscelati contemporaneamente per formare l'impasto che viene

lasciato lievitare. Dopo la fermentazione, l'impasto è suddiviso in parti della pezzatura voluta, modellato e posto nuovamente a lievitare prima della sua cottura.

Nei processi indiretti gli ingredienti sono aggiunti in più riprese, durante i cosiddetti rinfreschi dell'impasto.

Secondo il metodo con biga si ha la formazione di un impasto preparatorio (detto appunto biga), ottenuto miscelando parte del lievito compresso (dunque di colture selezionate di microrganismi), della farina e dell'acqua prevista nella formulazione.

Dopo un periodo di lievitazione va-

Tabella 6

Principali modificazioni osservabili nelle macromolecole durante il processo di panificazione.

Operazione	Obiettivi	Modificazioni
Impastamento	<ul style="list-style-type: none"> • Distribuire in modo omogeneo gli ingredienti • Formazione di una struttura coerente 	<ul style="list-style-type: none"> • Idratazione e solubilizzazione dei composti idrofili • Formazione del glutine • Inglobamento d'aria
Lievitazione	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentare il volume dell'impasto • Sviluppare caratteristiche aromatiche tipiche 	<ul style="list-style-type: none"> • Formazione di gas • Produzione di metaboliti di fermentazione, che influenzano la solubilità dei vari componenti e danno precursori dell'aroma
Formatura	<ul style="list-style-type: none"> • Dare forma all'impasto 	<ul style="list-style-type: none"> • Suddivisione dell'impasto a seconda delle pezzature finali
Cottura	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilizzare l'impasto aerato e formato • Rendere appetibile l'impasto • Dare al prodotto la tipica colorazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento di volume causa evaporazione dei gas di fermentazione. Il 20-30% del volume finale si ottiene in fase di cottura (fenomeno detto <i>oven spring</i>) • Denaturazione delle proteine • Gelatinizzazione dell'amido • Sviluppo di aroma e sapore • Eliminazione di acqua
Raffreddamento	<ul style="list-style-type: none"> • Permettere l'eventuale condizionamento del prodotto 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiamento della solubilità degli zuccheri, che solidificano • Solidificazione dei grassi
Condizionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Proteggere il prodotto a livello meccanico, fisico, chimico, biologico 	<ul style="list-style-type: none"> • Modificazione dell'atmosfera esterna e interna al prodotto

riabile da 10 a 20 ore, in funzione della tipologia di pane che si vuole produrre, si aggiungono gli altri ingredienti.

L'impasto finale, generalmente do-

po mezz'ora di lievitazione, è tagliato, modellato, ancora lasciato lievitare per circa un'ora e mezza e infine cotto.

Il metodo con lievito naturale preve-

Figura 12

Schema di flusso del processo di panificazione indiretto mediante "biga".

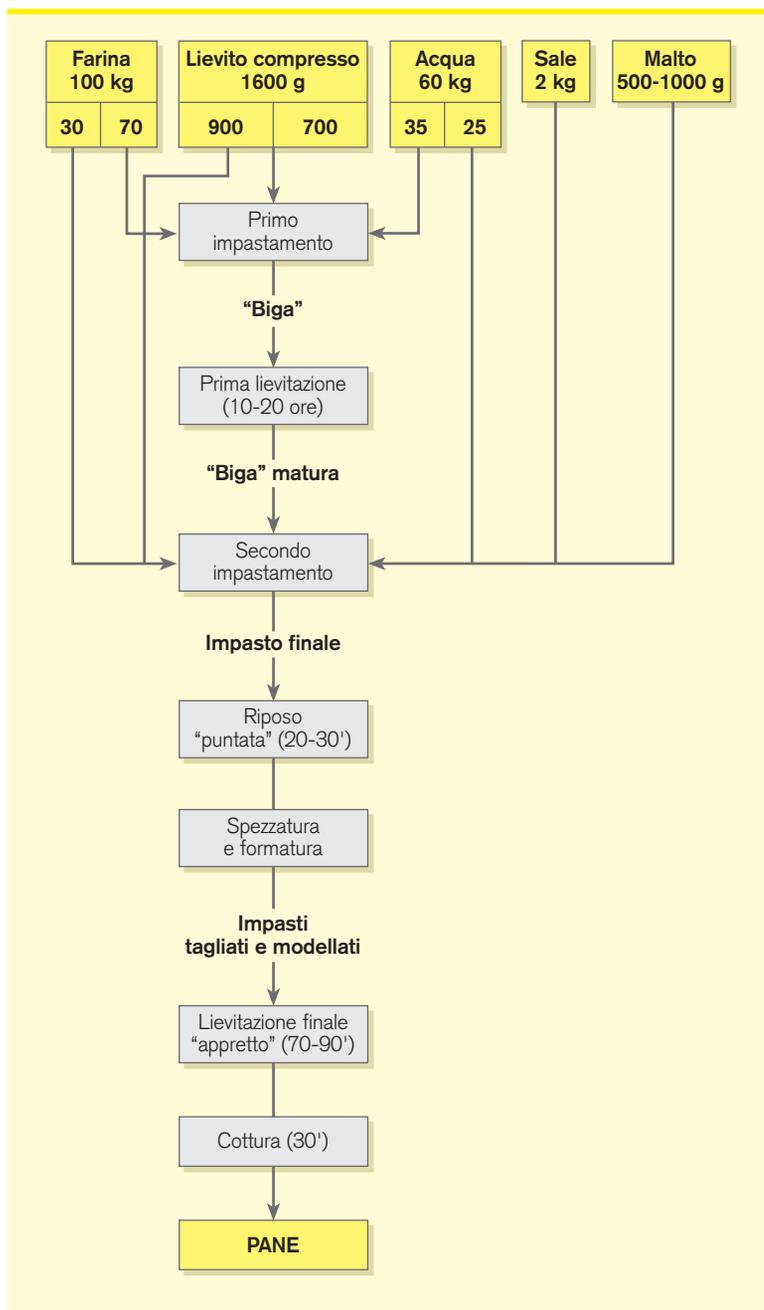
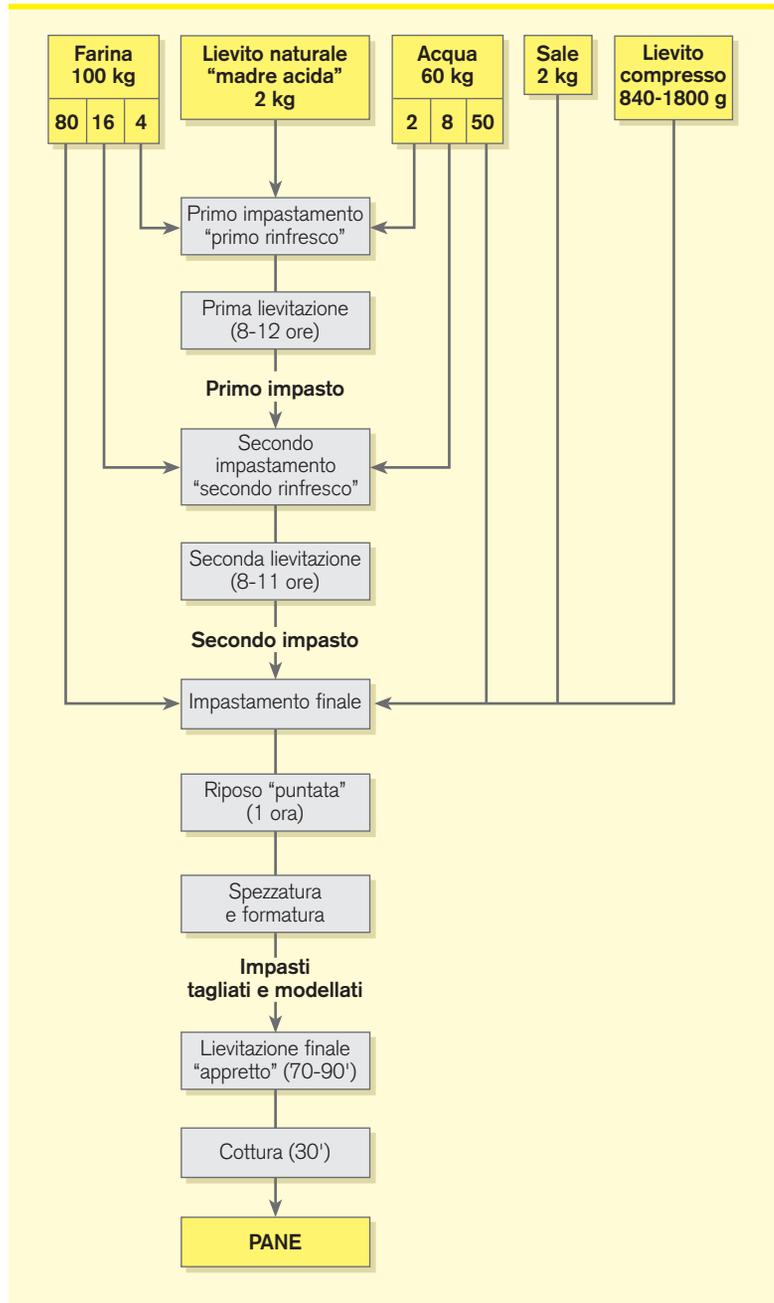


Figura 13

Schema di flusso del processo di panificazione indiretto mediante "madre acida".



de l'impiego di un **innesto** rappresentato da una parte dell'impasto del giorno precedente, opportunamente fermentato e conservato in ambiente refrigerato.

Nell'impasto sono presenti, oltre ai *Saccharomyces*, batteri, prevalentemente lattobacilli omofermentanti ed eterofermentanti. Generalmente si opera per rinfreschi successivi, seguiti ciascuno da una fase di lievitazione dell'impasto.

Con i processi indiretti si ottiene un pane con caratteristiche organolettiche migliori e con una maggiore durabilità rispetto al pane ottenuto con metodo diretto.

Inoltre, l'uso di un lievito naturale comporta notevoli vantaggi quali una più prolungata *shelf-life* del prodotto, grazie alla maggiore acidità dell'impasto, in grado di rallentare lo sviluppo di muffe. Il prodotto è caratterizzato da una alveolatura più fine e regolare, grazie ad una più lenta e graduale produzione di CO₂, in virtù della maggiore durata della fermentazione.

Inoltre, presenta un sapore e un profumo caratteristici, dovuti alla formazione di sostanze organiche volatili (prodotti secondari di fermentazione) e di sostanze aromatiche che si formano in cottura in seguito a reazioni di Maillard tra glucosio e aminoacidi liberati duran-

te il lungo processo di fermentazione. Non bisogna infine dimenticare che il pane prodotto con il lievito naturale sembra presentare una più elevata digeribilità, a causa di una più prolungata azione enzimatica.

D'altro canto, usando il lievito compresso si ha un processo più rapido e la possibilità di usare farine di forza inferiore, in quanto devono sopportare un minor tempo di lievitazione.

I principali processi continui (processi Do-Maker e Amflow) prevedono la preparazione di un prefermento liquido costituito da zucchero, lievito, acqua, materiale nutritivo per i lieviti ed eventualmente una piccola percentuale di farina.

Questa fase, durante la quale si ha lo sviluppo del lievito e la produzione degli aromi del pane, è seguita da una seconda fase di impastamento finale. Spesso, alla lievitazione biologica viene affiancata una lievitazione di tipo fisico (metodo Chorleywood), ottenuta per inglobamento di aria in un impasto fluido, o per forte azione meccanica da parte delle impastatrici o per insufflamento di aria sotto pressione nell'impasto.

In questo processo è necessario utilizzare una farina tenace in grado di resistere alle sollecitazioni meccaniche e aggiungere emulsionanti e grassi che

agevolano l'incorporazione dell'aria nell'impasto.

L'operazione conclusiva di qualsiasi processo di panificazione è rappresentata dalla **cottura**, condotta in forno generalmente a temperature comprese tra 180 e 220 °C per tempi proporzionali alla pezzatura del prodotto. La cottura induce trasformazioni radicali all'impasto lievitato che acquisisce così le caratteristiche peculiari di un "prodotto da forno". Le modificazioni sono complesse e interessano tutti i componenti presenti nell'impasto lievitato. Fino a che la temperatura dell'impasto si mantiene inferiore ai 50 °C, possono proseguire le attività enzimatiche e fermentative. Al di sopra di tale temperatura i gas di lievitazione, l'anidride carbonica e i vapori della miscela etanolo-acqua, si espandono in maniera sempre più vistosa.

Contemporaneamente i lieviti vanno incontro a una morte rapida, buona parte delle attività enzimatiche si riduce e inizia ad aver luogo, con intensità diversa a seconda della quantità d'acqua presente, il fenomeno della gelatinizzazione dell'amido (negli impasti non vi è acqua a sufficienza perché si possa manifestare anche la dispersione colloidale dell'amido).

Le proteine del reticolo glutinico, che si sono ulteriormente estese a se-

guito della dilatazione termica dei gas di lievitazione (fenomeno dell'*oven spring*) vanno incontro a denaturazione, perdendo così la loro capacità di estendersi: la forma del pane si stabilizza e si fissa anche la struttura alveolata della mollica.

Verso la fine della cottura si raggiungono all'interno del prodotto temperature vicine ai 100 °C: tale valore non è mai superato in quanto durante tutto il periodo della cottura si osserva l'evaporazione dell'acqua. Solo a livello del sottile strato di crosta la temperatura si avvicina a quella del forno, raggiungendo e oltrepassando i 150 °C.

La cottura rappresenta un'operazione fondamentale non solo per l'acquisizione delle caratteristiche di aroma e di gusto tipiche del pane (conseguenti alla reazione di Maillard, alla formazione di pirodestrine, a reazioni di pirolisi di carboidrati e proteine), ma anche per l'allontanamento di una buona parte dell'acqua presente nell'impasto in modo che nel prodotto non siano oltrepassati i limiti massimi imposti dalla legislazione.

La cottura può essere considerata un processo di spinta pastorizzazione in quanto non produce gli effetti di un processo di sterilizzazione: all'interno del prodotto possono rimanere vitali spore batteriche e fungine.

Una prolungata conservazione del pane è possibile solo se nel prodotto sono addizionate sostanze conservanti, quali agenti antifungini. È comunque importante ricordare che qualsiasi tipo di pane può essere soggetto, dopo cottura, a nuove contaminazioni a seguito delle operazioni di manipolazione, di taglio, trasporto e contatto con superfici sporche: le difese "naturali" del prodotto consistono essenzialmente nella bassa attività dell'acqua della crosta: queste condizioni, pur non consentendo la proliferazione dei microrganismi, ne garantiscono la sopravvivenza.

Accanto alle numerose unità produttive a carattere artigianale, a partire dalla seconda metà degli anni '80, si è sviluppato il settore della panificazione industriale il cui prodotto copre circa il 10% del mercato italiano di pane. Per il successo di questo comparto industriale sono risultati determinanti la capillare espansione della grande distribuzione e l'individuazione di materiali di confezionamento idonei per questa tipologia di prodotto.

L'industria della panificazione propone sia pane di tipo tradizionale, giornalmente posto in commercio previo opportuno confezionamento, sia pane parzialmente cotto.

Quest'ultimo, commercializzato co-

me prodotto refrigerato o dopo una fase di congelamento, completa il proprio ciclo di cottura a livello domestico, nei servizi di ristorazione collettiva o ancora, più frequentemente, presso il reparto panetteria di grosse catene distributive.

È questo un tentativo per fornire al consumatore un pane fresco, appena sfornato, superando il problema del rapido decadimento di qualità nel prodotto preparato presso il panettiere o presso l'azienda di panificazione e conservato al dettaglio per l'intera giornata.

Si è inoltre recentemente sviluppato l'uso di impasti surgelati, utili soprattutto per piccoli panifici, per i bar nel caso di prodotti di pasticceria tipo brioche e per il reparto di panetteria dei supermercati dove la fase di scongelamento e cottura può essere realizzata anche ad opera di personale non esperto, necessario altresì nelle prime fasi del processo di panificazione.

La tecnica della surgelazione è stata applicata non solo al pane precotto, ma anche ai prodotti da forno a cottura ultimata, sempre con l'intento di ritardare il raffermimento del prodotto e preservarne quindi le caratteristiche di freschezza.

Fase tecnologica comune alle diverse tipologie di prodotto precedentemente citate, che le differenzia dal pane

tradizionale artigianale o industriale, è il processo di congelamento. Al fine di ottenere un prodotto di qualità, è essenziale che quest'operazione venga condotta con impianti e operando in condizioni di processo tali da superare rapidamente la zona di temperature comprese tra 10 e -5 °C.

Infatti, solo con una rapida riduzione di temperatura si induce la formazione di numerosi cristalli di ghiaccio di piccole dimensioni che, a differenza di quelli di grosse dimensioni ottenibili con un processo di congelamento lento, non alterano le caratteristiche funzionali e strutturali degli impasti, dei pani precotti o dei prodotti finiti.

Velocità di congelamento molto elevate sono ottenibili con congelatori statici ad armadio o con tunnel di congelamento in continuo operanti con azoto liquido quale fluido criogenico; velocità più modeste si realizzano, invece, con sistemi di congelamento ad aria ventilata, anche se notevolmente superiori a quelle ottenibili nelle classiche celle di congelamento.

Ulteriori punti critici per la qualità dei prodotti congelati sono il confezionamento del prodotto e le sue condizioni di conservazione in quanto è essenziale evitare perdite d'umidità durante i diversi passaggi della catena distributiva

e limitare i fenomeni di ricristallizzazione del ghiaccio, indotti principalmente da fluttuazioni di temperatura.

VALORE NUTRIZIONALE DEL PANE

Il pane è uno dei componenti fondamentali della dieta mediterranea. Contrariamente a quanto si possa pensare, i consumi di pane in Italia, all'incirca 65-67 kg/pro capite/anno, non sono tra i più alti in Europa: non va infatti dimenticato che nella nostra dieta copre un ruolo fondamentale anche la pasta, alimento che, dal punto di vista nutrizionale, presenta analogie con il pane.

È tuttavia risaputo che nel corso degli ultimi 40 anni il consumo di pane nel nostro paese si è quasi dimezzato mentre sono sempre più diffusi, a causa di profondi cambiamenti sia nel tenore e nello stile di vita sia nelle abitudini alimentari, prodotti di origine industriale (crackers, grissini, fette biscottate, ecc.) che possiedono un elevato contenuto di servizio e sono indicati per spuntini veloci.

Le differenze tra pane integrale e pane "bianco" da farina raffinata sono del tutto trascurabili a livello energetico e assai più importanti a livello di singoli

costituenti. Il **pane bianco** possiede indiscutibilmente una maggiore digeribilità e una più elevata qualità igienica conseguenti l'allontanamento delle parti esterne tegumentali che raccolgono anche le diverse sostanze inquinanti. Il **pane integrale** facilita la peristalsi intestinale proprio per la presenza di fibra indigeribile.

Indipendentemente dal tipo merceologico e, dunque, dalla materia prima utilizzata, il pane, al pari di tutti gli altri alimenti derivati dai cereali "non dolci" è un alimento altamente energetico per via del suo elevato tenore in amido (Tab. 7).

Questa macromolecola a livello nutrizionale è definita da alcuni Autori co-

me un glucide "lento", in grado cioè di innalzare lentamente il tasso glicemico del sangue.

L'aumento del consumo di prodotti ricchi di zuccheri solubili è sicuramente una delle cause dell'attuale diffusione del diabete anche in individui giovani. La presenza in tutti i prodotti da forno di amido non più allo stato nativo, ma gelatinizzato a seguito della cottura rende veloce la digestione di questa molecola da parte delle amilasi, a cominciare da quelle salivari.

Recenti ricerche hanno tuttavia evidenziato l'esistenza in numerosi alimenti amilacei di una frazione di amido non digeribile dai sistemi enzimatici e perciò denominata "amido-resistente".

Tabella 7

Composizione centesimale e valore energetico di alcuni tipi di pane e di altri prodotti da forno.

Prodotto	Umidità %	Glucidi digeribili %	Fibra alimen. %	Proteine %	Grassi %	Energia kcal/100 g
Chicco frumento	14	65	8	11	2	360
Farina tipo 00	14,5	75	2	8	0,5	380
Pane integrale	29*	52	7	10	2	300
Pane tipo 00	29*	60	2	8	1	310
Pane all'olio	29*	55	2	8	5	330
Biscotto	5	62	2	6	25	530
Croissant	7	45	2	6	40	600

* valore massimo per pezzature fino a 70 g

Tale frazione si comporta a livello nutrizionale come la fibra dietetica e sembrerebbe per lo più formata da amido retrogradato. Ne consegue che più il pane risulta raffermo e l'amido retrogradato, più il fenomeno assumerà importanza.

I processi di cottura del pane, oltre a facilitare l'idrolisi dell'amido da parte delle amilasi, sembrano migliorare anche la digestione proteica grazie a una migliore azione degli enzimi proteolitici sulle proteine denaturate.

A livello della crosta, zona dell'alimento in cui il tenore d'umidità è assai ridotto, si hanno tuttavia perdite assai rilevanti di lisina (fino al 40% rispetto alla materia prima), amminoacido già limitante del grano, con conseguente riduzione della qualità nutrizionale dell'alimento. Il fenomeno responsabile di questi cambiamenti è la reazione di Maillard che, a seguito di trattamenti termici, ha luogo tra zuccheri riducenti (es. glucosio, fruttosio, maltosio) e gruppi amminici liberi (es. ϵ -gruppo della lisina).

I prodotti finali di questa reazione sono numerosissimi e alcuni sono responsabili del particolare e caratteristico quadro aromatico dei prodotti da forno.

I lipidi nativi dei cereali sono presenti in quantità trascurabili e perciò non sono di interesse nutrizionale, an-

che se è stato dimostrato un loro ruolo positivo in panificazione.

Tale classe di composti raggruppa molecole assai diverse, ma tutte caratterizzate dal possedere una limitata stabilità chimica e fisica: proprio questa proprietà ha motivato da sempre l'allontanamento delle regioni ricche di lipidi (germe e strato aleuronico) durante le operazioni di macinazione del grano.

L'aggiunta di grassi in alcune tipologie di pane e nella maggioranza dei prodotti da forno provoca un sensibile incremento del contenuto calorico dell'alimento (vedi Tab. 7).

Per quanto riguarda i cosiddetti componenti minori, i costituenti minerali presenti nel pane rispecchiano esattamente quelli della materia prima di partenza, con perdite di tali composti tanto più elevate quanto minore è il tasso d'estrazione. Il frumento è infine ritenuto una interessante fonte di vitamina E e di alcune vitamine del gruppo B.

È importante sottolineare come l'interesse vitaminico del pane sia grandemente influenzato da un lato dal tasso d'estrazione della farina (la raffinazione comporta perdite stimabili tra il 40 e l'80%), dall'altro dalle operazioni tecnologiche di impastamento e, soprattutto, di cottura, che portano in pratica alla scomparsa di questi composti.

I PRODOTTI DA FORNO

I prodotti da forno (in cui è possibile includere il pane) rappresentano una famiglia assai eterogenea ma caratterizzata da una comune matrice merceologica in quanto alimenti derivati dagli sfarinati dei cereali. È possibile riconoscere anche altre analogie all'interno di questo gruppo.

Gli ingredienti “di base”, indispensabili per qualsiasi prodotto da forno, sono rappresentati dalla farina, dall'acqua e da un agente lievitante. Per quanto i processi tecnologici possano essere diversi, in ognuno di loro sono sempre presenti le operazioni di impastamento, di lievitazione e di cottura: queste fasi in successione consentono di trasformare lo sfarinato in un alimento appetibile e digeribile che, a livello macroscopico, presenta una struttura porosa differenziata in una crosta friabile e in una parte interna alveolata.

A livello microscopico è possibile riconoscere una struttura reticolare, il glutine, più o meno sviluppato in una

maglia regolare e omogenea che contiene l'amido.

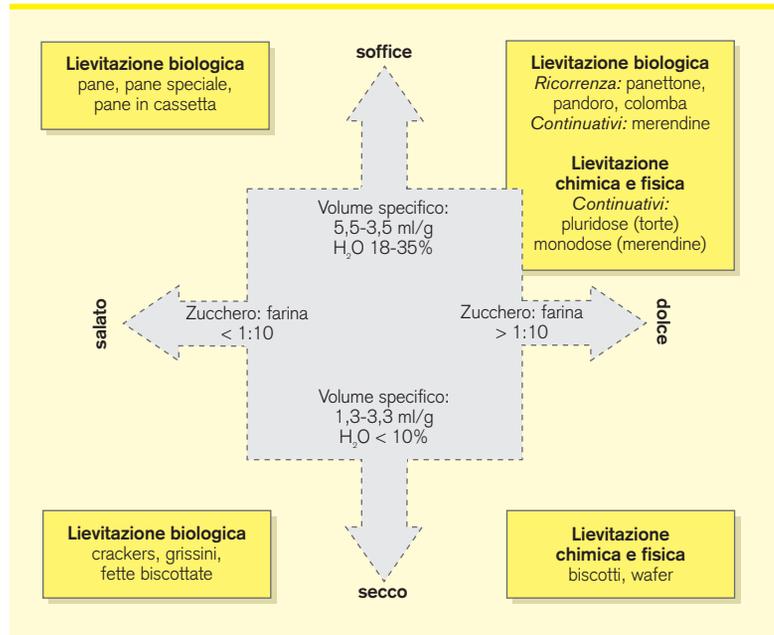
La classificazione dei prodotti da forno può essere basata su numerosi criteri. Un primo criterio (Fig. 14), quello più largamente impiegato a livello merceologico, discrimina i prodotti sulla base della loro **sofficità**, dunque del volume specifico e dell'umidità, e della presenza nella formulazione di una quantità di zucchero apprezzabile a livello sensoriale, corrispondente al 10% del peso della farina.

I prodotti da forno più semplici per formulazione sono dunque i vari tipi di pane. Il parametro “sofficità” esprime un insieme di proprietà derivanti dal tipo di processo tecnologico, in modo particolare dal tipo di lievitazione.

L'aumento in volume della massa è possibile in quanto l'impasto è capace di trattenere gas, quali l'anidride carbonica che origina dall'attività fermentativa dei lieviti, per lo più derivanti da colture selezionate di *Saccharomyces cerevi-*

Figura 14

Classificazione dei prodotti da forno secondo criteri di tipo merceologico e tecnologico.



siae (lievitazione biologica), oppure dalla reazione tra specifici sali (lievitazione chimica).

Anche l'aria, immessa e inglobata in gran quantità a seguito dell'impastamento condotto in particolari condizioni, può essere considerata un gas di lievitazione (lievitazione fisica). Gli effetti dei diversi tipi di lievitazione sulla struttura del prodotto sono riconoscibili anche a livello macroscopico. La lievitazione biologica, l'unica utilizzabile in panificazione, produce un'alveolatura importante ma eterogenea e, contemporaneamente, l'acidificazione della massa, fenomeno interessante non solo ai fini

sensoriali ma anche reologici (capacità di mantenere la forma prima della cottura) e di conservabilità del prodotto (prolungamento della *shelf-life*).

La lievitazione chimica è di gran lunga la preferita nei prodotti di biscotteria e di pasticceria dove è desiderabile un'alveolatura finale del prodotto regolare e fine.

Nei prodotti di pasticceria, che costituiscono la base di molte torte e merendine, tale risultato è da mettere in relazione non tanto alle proprietà funzionali del glutine quanto alla presenza di particolari ingredienti nella formulazione (es. albume d'uovo) in grado di assicu-

rare stabilità alla “schiuma” (o *sponge*) prodotta con l’impastamento. La conservabilità di questi prodotti è assicurata dalla formulazione, ricca sia di zuccheri semplici sia di sostanze grasse in grado di rallentare i fenomeni di “invecchiamento”.

La friabilità che contraddistingue i prodotti di biscotteria rappresenta il risultato finale dell’impiego di farine “deboli”, caratterizzate cioè da glutine assai poco tenace, di formulazioni assai ricche in grassi saturi (burro, ecc., ingredienti che ostacolano la formazione di un reticolo omogeneo del glutine) e delle particolari condizioni in cui si effettua l’impastamento (*creaming*).

La classificazione generalmente utilizzata per i biscotti è basata sulle modalità con cui si effettua la fase di formatura. Si parla infatti di **biscotti stampati** (biscotti “secchi”) prodotti da impasti assai consistenti, di **biscotti estrusi** (tipo frollino) con forme a rilievo, anche decorate, e di **biscotti colati**, provenienti da impasti assai fluidi (cialde, wafer).

L’operazione della cottura è sicuramente la tappa decisiva che determina le caratteristiche desiderate al prodotto, tanto da assegnare il nome al gruppo merceologico. Come già descritto per il pane, i fenomeni che hanno luogo in cottura sono di natura sia chimica (de-

naturazione delle proteine, gelatinizzazione dell’amido, reazione di Maillard, ecc.) sia fisica (evaporazione dei gas, ecc.).

Interessanti innovazioni sono attualmente allo studio sia per quanto attiene alla forma di produzione che di trasmissione del calore in modo da rendere il processo più economico, pur garantendo la formazione della struttura tipica del prodotto da forno.

Il confezionamento, l’operazione finale del processo produttivo a livello industriale, assolve non solo funzioni di protezione meccanica del prodotto che ne facilitano il trasporto e la presentazione al punto vendita, ma anche di protezione delle caratteristiche igieniche, merceologiche, nutrizionali e sensoriali.

Infatti, con il confezionamento l’alimento viene dotato di un “involucro” i cui materiali, se opportunamente scelti, formano una barriera contro le contaminazioni e consentono la conservazione di quei parametri sensoriali quali l’aroma, il gusto, la morbidezza o la friabilità sviluppatasi durante le diverse fasi del processo e che costituiscono criteri di scelta da parte del consumatore.

Questi risultati positivi possono essere migliorati (ulteriore prolungamento della *shelf-life*) se il confezionamento

viene effettuato con un'ideale atmosfera di gas diversi dall'aria a contatto del prodotto (confezionamento in atmosfera modificata). La variazione dell'atmosfera ha lo scopo di ridurre la disponibilità di ossigeno e, conseguentemente, le alterazioni di tipo chimico, enzimatico e soprattutto microbiologico favorite da questo gas.

La strada tecnologica percorribile a tale scopo nel comparto dei prodotti da forno è quella che prevede la sostituzione dell'aria a contatto con il prodotto con un'atmosfera arricchita in CO₂ (fino a 100% CO₂). Tale gas è efficace nel

rallentare non solo la crescita microbica ma anche i complessi fenomeni dell'invecchiamento. Altre soluzioni possibili per il prolungamento della *shelf-life* consistono nell'impiego di vapori di etanolo (efficace già in concentrazione pari al 2% del peso del prodotto), permesso in Italia per il solo pane in cassetta.

In paesi extraeuropei è stato proposto con successo l'utilizzo di particolari sostanze di origine inorganica "assorbitori di ossigeno" inseriti all'interno delle confezioni e in grado di reagire velocemente con tale gas sequestrandolo dall'atmosfera.

IL RISO

Il riso è un alimento consumato da circa il 50% della popolazione mondiale e fornisce un quinto delle calorie totali assunte nel mondo. La sua coltura, dalla Cina, dove ebbe origine migliaia di anni fa, venne estesa dapprima all'India, poi a Siria, Egitto, Marocco e Spagna e, verso il 1400, all'Italia.

Vengono riconosciute due varietà principali: *Oryza sativa* var. *Indica*, con cariosside lunga e stretta, completamente vitrea, dalla quale hanno avuto origine le cultivar diffuse soprattutto nell'Asia Sud-Orientale; *Oryza sativa* var. *Japonica*, con cariosside tondeggiante, endosperma vitreo provvisto di una zona opaca (denominata **perla**), coltivata prevalentemente in Occidente.

La cariosside presenta le glume e le glumette intimamente associate ai tegumenti del frutto, necessita quindi di una serie di operazioni aventi lo scopo di liberare la parte più interna del seme (riso propriamente detto) dagli involucri e dalle parti fibrose (**lolla**).

L'elevata concentrazione in silice, che caratterizza queste regioni, rende la cariosside vestita (**risone**) non idonea né all'alimentazione umana né a quella animale. La lavorazione del riso inizia con la pulitura del risone, realizzata mediante **vagli** e **tarare** (sistemi di separazione in corrente d'aria), cui segue la fase di sbramatura condotta con molini a dischi o a rulli gommati (denominati **sbramini**) che consentono l'apertura e la rottura dei rivestimenti.

Dalla successiva classificazione in corrente d'aria e su vagli si separa il **riso sbramato** o integrale (cariosside nuda) dalla lolla (glume e glumette).

Le operazioni successive prevedono la separazione del riso sbramato dal risone residuo e dalle cariossidi immature e una serie di passaggi attraverso molini abrasivi, chiamati **sbiancatrici**.

Si ha così la rimozione graduale del pericarpo, dello strato aleuronico e della parte di germe residuo che costituiscono un sottoprodotto denominato **pula**,

mentre il riso così lavorato è detto **riso raffinato**. Le cariossidi possono essere sottoposte a un ulteriore trattamento di lucidatura con olio minerale (**riso camolino**) e/o a una fase di brillatura con talco e glucosio (**riso brillato**). La brillatura, oltre a migliorare l'aspetto esterno del riso, ne migliora la conservabilità.

Il riso lavorato ha forma allungata con un'estremità arrotondata (testa) e l'altra appuntita (punta). In corrispondenza della punta si nota un'incavatura (dente) lasciata dall'asportazione dell'embrione. L'endosperma ha generalmente una struttura vitrea, tuttavia in molte varietà si può riconoscere una zona opaca di endosperma farinoso, denominata perla, che presenta forma e posizione diversificate. Ai fini commerciali il riso viene classificato in quattro diverse tipologie distinte: riso comune, semifino, fine e superfino.

Riso comune

Con cariosside piccola e tondeggiante lunga meno di 5,5 mm, dente poco pronunciato, perla poco estesa e in posizione centrale.

Riso semifino

A cariosside lunga da 5,5 a 6,5 mm, dente pronunciato, perla centro-laterale estesa.

Riso fine

Lungo più di 6,5 mm, perla netta centro-laterale, dente sfuggente.

Riso superfino

Con cariossidi lunghe e affusolate, perla centrale estesa, dente sfuggente.

Il riso è prevalentemente consumato sotto forma di chicco raffinato. Il suo valore alimentare è inferiore a quello del riso sbramato in quanto con la pula vengono allontanate aliquote importanti di proteine, lipidi, minerali e di vitamine (Tab. 8). Come quelle di altri cereali, le proteine del riso sono carenti di alcuni amminoacidi essenziali, in particolare di lisina e di triptofano, quelle del riso brillato, e solo di lisina quelle del riso integrale.

Sono state sviluppate alcune tecnologie per incrementare il valore alimentare del riso, conferire una maggiore resistenza alla cottura e per diminuire i tempi necessari per la sua preparazione.

Il **riso *perboiled*** deriva da un particolare trattamento tecnologico, attuato sul risone, che incrementa il valore nutrizionale e rende più resistente alla cottura il riso raffinato. Durante il trattamento di ***perboiling*** si realizza la diffusione verso la parte interna del chicco dei sali minerali, delle proteine e delle

Tabella 8

Composizione di diverse tipologie di riso e di alcuni sottoprodotti (dati espressi per 100 g di sostanza secca).

Prodotto	Amido e altri carboidrati %	Proteine %	Lipidi %	Cellulosa Emicellulosa Pentosani %	Minerali %
Riso integrale	86,9	8,5	2,2	1,0	1,4
Riso raffinato	91,0	7,6	0,4	0,3	0,6
Riso <i>perboiled</i>	90,1	8,2	0,3	0,2	0,8
Lolla	34,1	1,1	0,4	34,1	27,3
Pula	10,0	14,4	21,1	10,0	8,9

vitamine, in particolare quelle del gruppo B e la vitamina E, composti presenti prevalentemente nel tegumento e nel germe e che verrebbero altrimenti eliminati durante la raffinazione.

Inoltre la parziale gelatinizzazione della superficie del chicco, evitando perdite d'amido durante la cottura, determina una maggiore integrità e una minore collosità del prodotto cotto.

La tecnologia di produzione di riso *perboiled* prevede l'immersione in acqua del risone per uno o due giorni, il trattamento con vapore per circa 30 minuti e l'essiccamento del prodotto prima della normale raffinazione.

Sono stati recentemente proposti numerosi processi per la produzione di **riso a cottura rapida**. Alcuni prevedono la cottura in acqua bollente del riso raffinato, fino a ottenere la gelatinizzazione

dell'amido e il successivo essiccamento, condotto in condizioni controllate, al fine di creare una struttura finemente porosa.

In altri processi si opera direttamente con aria calda sul chicco raffinato con la conseguente formazione di macrofessurazioni.

In entrambi i casi si determina una più rapida penetrazione dell'acqua, con una conseguente diminuzione dei tempi di cottura.

Altri prodotti che si ricavano dal riso sono alcuni **sfarinati** quali la crema, la farina e il semolino, ottenuti dalla macinazione della cariosside fino a una diversa granulometria, il **riso soffiato** ottenuto per rapida evaporazione dell'acqua contenuta nel prodotto cotto e il **sakè**, bevanda debolmente alcolica, prodotta dal mosto di riso fermentato.

IL MAIS

Nel linguaggio degli Indiani d'America la parola **mais** significava letteralmente *quel che mantiene in vita*. Con il frumento e il riso il mais è uno dei cereali più coltivati nel mondo: la produzione mondiale annua si aggira intorno ai 500 milioni di tonnellate.

La sua coltura ha avuto inizio nell'America Centrale, in Messico, circa 7000 anni fa.

Questa pianta ha rappresentato l'elemento centrale della civilizzazione Maya ed Azteca, ricoprendo un ruolo importante non solo nell'alimentazione, ma anche nella religione di questi popoli. Alla fine del XV secolo, dopo la scoperta dell'America, il mais venne introdotto in Europa, diffondendosi dapprima nel bacino del Mediterraneo, quindi nelle regioni nord-europee.

È noto come le popolazioni dell'America Centrale da sempre sottopongono il mais, prima della sua assunzione in preparazioni alimentari tipiche (*tortillas*, ecc.), a una serie di operazio-

ni che lo trasformano in un prodotto denominato **masa**. Le cariossidi sono riscaldate a temperature superiori a 80 °C in presenza di calce e quindi lasciate raffreddare.

Questo procedimento, oltre a facilitare la separazione delle parti tegumentali, permette la liberazione della niacina (vitamina PP), presente nel chicco in forma non disponibile (niacinogeno).

La carenza di tale vitamina determina l'insorgenza della **pellagra**, malattia assai diffusa in passato nell'Italia settentrionale in gruppi la cui alimentazione era basata prevalentemente su prodotti derivati dal mais.

Il mais viene utilizzato non solo per l'alimentazione umana, ma anche per l'alimentazione animale sia come granello sia come pianta intera. Questa, opportunamente condizionata ed insilata, viene impiegata con successo nell'alimentazione dei bovini da latte e da carne.

Accanto ai sopra citati impieghi, una

quota sempre più importante di questo cereale viene oggi destinata a trasformazioni industriali.

Tra le cariossidi dei cereali, quella del mais si distingue per le sue dimensioni (vedi Fig. 1) e per lo sviluppo del germe che rappresenta circa il 10% dell'intero chicco. Ne deriva che un'interessante destinazione d'uso di questo chicco assai ricco in lipidi (Tab. 9) consiste nell'estrazione di un **olio commestibile**, assai apprezzato.

La cariosside del mais, inoltre, possiede un'organizzazione peculiare della mandorla farinosa: accanto a zone vitrose, d'aspetto translucido, se ne riconoscono altre opache e "farinose". Tale differenza è legata alla diversa compattezza con cui il materiale di riserva, amido e proteine, viene stoccato durante la maturazione.

La distribuzione percentuale di queste due zone è assai diversa tra le varietà. Infatti, negli ibridi di mais "dentati", *Zea mays indentata*, così chiamati per la caratteristica forma del chicco e a cui appartengono le varietà più coltivate in Italia, la zona farinosa occupa la parte centrale ed è circondata da regioni vitree più o meno estese. Le varietà vitrose o *flint* (*Zea mays indurata*) presentano una mandorla per la maggior parte vitrosa.

Questa diversa organizzazione strutturale condiziona la destinazione d'uso della granella. Infatti, gli ibridi vitrosi, cornei, in macinazione tendono a formare solo piccole percentuali di "farina" (materiale con particelle di dimensioni massime di poche centinaia di micron) ma, di preferenza, si spezzano in frammenti grossolani, suddivisi in *hominy*, quelli di maggior dimensioni, e *grits* quelli di taglia intermedia.

Tale materiale è idoneo a essere trasformato in "focchi" (*corn flakes*) ed è ritenuto assai pregiato anche per l'industria della birra e per la produzione di farina per polenta.

La produzione di *grits* prevede un processo di macinazione a secco, previa decorticazione per eliminare i tegumenti. Le macchine sono simili a quelle impiegate per la macinazione del frumento, ma il diagramma è assai più semplice con un numero di passaggi inferiore. Il germe, opportunamente se-

Tabella 9

Composizione della cariosside di mais e delle sue regioni anatomiche (dati espressi per 100 g di sostanza secca).

Regione anatomica della cariosside

Germe
Endosperma
Pericarpo
Cariosside

parato, viene destinato, come detto, all'estrazione dell'olio.

Buona parte della produzione mondiale di mais è destinata all'amideria, filiera industriale il cui obiettivo consiste nell'estrazione dell'amido nativo e nella sua trasformazione in un numero assai vasto di derivati, quali amidi modificati, destrine, sciroppi di glucosio (Fig. 15). Il processo di macinazione differisce sostanzialmente da quelli illustrati finora in quanto consente di ottenere non solo una separazione delle diverse parti della cariosside, ma permette anche una suddivisione dei costituenti sulla base della loro natura chimica. La prima operazione (che dà il nome all'intero processo di macinazione per via umida) consiste in un'importante umidificazione delle cariossidi a circa 50 °C per 30-50 ore in acqua contenente piccole quantità di SO₂.

Questo composto, che svolge attività antisettiche, consente l'idrolisi dei

ponti S-S tra le proteine, facilitando le successive operazioni di estrazione. L'umidità finale dei chicchi raggiunge valori di 45-50%.

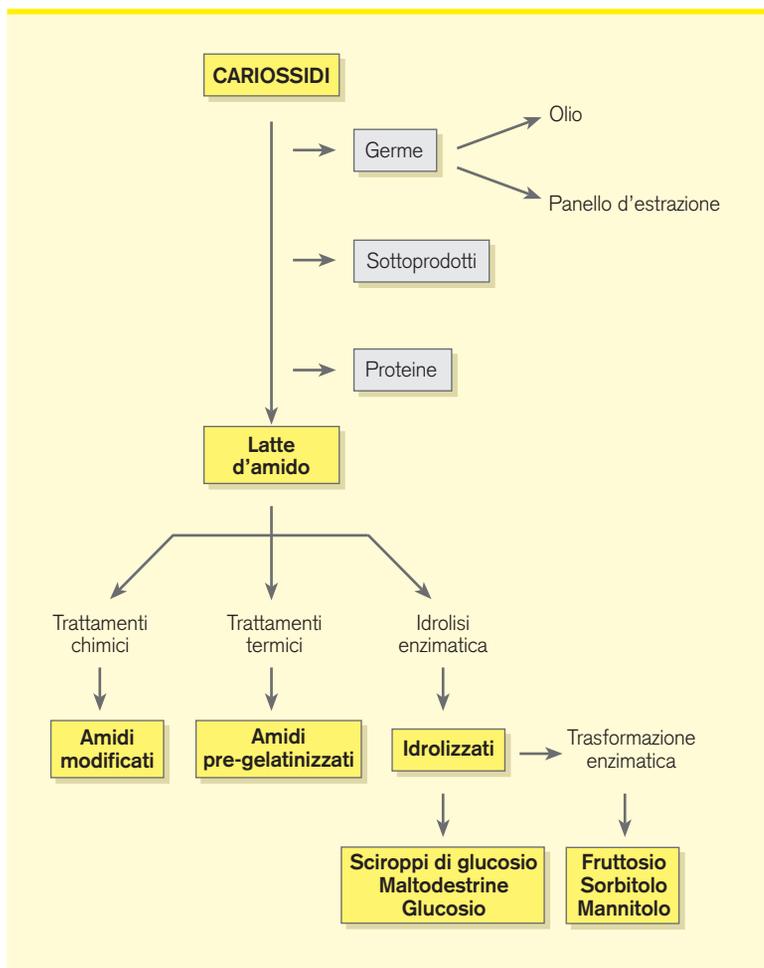
La struttura dell'endosperma viene resa così assai soffice, facilitando sia la degerminazione (anche in questo processo il germe viene inviato all'estrazione) sia la separazione dell'amido dal materiale fibroso e proteico mediante operazioni di macinazione, setacciatura e sedimentazione. I sottoprodotti della lavorazione trovano largo impiego in mangimistica.

L'amido così estratto, dopo opportuna purificazione, può essere ulteriormente trasformato in una gamma assai ampia di derivati, largamente utilizzati come additivi nel campo alimentare: amidi pre-gelatinizzati, amidi modificati per via chimica o enzimatica (agenti addensanti, di ricopertura, ecc.), derivati di peso molecolare inferiore, quali gli sciroppi di glucosio.

Percentuale della cariosside	Amido e zuccheri solubili %	Proteine %	Lipidi %	Cellulosa Emicellulosa Pentosani %	Sostanze minerali %
12	9	28	38	15	10,0
82	87	10	1	1	0,3
6	9	7	1	79	14,0
100	72	10	6	12	1,2

Figura 15

Prodotti ricavati dal processo di macinazione a umido del mais.



In questi ultimi prodotti le grosse strutture molecolari dell'amilosio e dell'amilopectina sono idrolizzate, in ambiente acido, in molecole più piccole, fino a zuccheri solubili (glucosio, maltosio, maltotriosio, ecc.).

Tale trasformazione è controllata e guidata scegliendo opportunamente il

tipo di enzima e le condizioni d'idrolisi.

È così possibile produrre sia sciroppi con elevata viscosità e bassa concentrazione zuccherina, e perciò poco fermentescibili, sia sciroppi con elevata capacità dolcificante, facilmente fermentescibili e dalle spiccate proprietà osmotiche, in cui la depolimerizzazione

dell'amido è pressoché totale.

Ulteriori modificazioni, sempre di natura enzimatica, permettono di isomerizzare il glucosio in **fruttosio**: l'impiego di questo zucchero è sempre più diffuso a causa del suo elevato potere dolcificante, ben superiore a quello del saccarosio, e alle limitate implicazioni negative che la sua assunzione pone a livello nutrizionale.

Un'interessante e innovativa trasformazione del mais è quella che prevede la produzione di **alcool** per usi industriali.

Le cariossidi sono in questo caso finemente macinate, sospese in acqua (75% di umidità) e trattate termicamente ed enzimaticamente onde assicurare una totale idrolisi dell'amido. Il sistema è lasciato fermentare con culture selezionate di *Saccharomices cerevisiae*.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Guinet R, Godon B
La panification française.
Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 1994.
- Hoseney RC
Principles of Cereal Science and Technology.
AACC Inc, St Paul, MN, 1986.
- Kent NL, Evers AD
Technology of Cereals. Fourth Edition.
Elsevier Science Ltd, Oxford, 1994.
- Kruger JE, Matsuo RB, Dick JW
Pasta and Noodle Technology.
AACC Inc, St Paul, MN, 1996.
- Pomeranz Y
Modern Cereal Science and Technology.
VCH Publisher Inc, New York, 1987.
- Resmini P, Pellegrino L
Maillard reaction compounds as markers of technological process in food.
In: "Proceedings of a Round Table on Maillard Reaction in Food", Udine, 27 gennaio 1994, CNR-RAISA, Sottoprogetto 4.

I L LATTE E I PRODOTTI DERIVATI

I. DE NONI, P. RESMINI, A. TIRELLI

Cattedra di Industrie Agrarie
DISTAM Facoltà di Agraria
Università degli Studi di Milano

Per il mammifero neonato il latte rappresenta il primo e, in molti casi, unico alimento durante un considerevole periodo della sua vita. Con l'allattamento il giovane mammifero assume principi nutritivi e composti biologicamente attivi che, insieme, fanno del latte un alimento di valore "bionutrizionale" ineguagliabile. Nel regime alimentare dell'uomo adulto il latte e i prodotti derivati ricoprono ugualmente una funzione importante e rappresentano alimenti base per alcune fasce sociali della popolazione.

Il latte destinato all'alimentazione umana è prodotto per circa il 90% dalla vacca (*Bos Taurus*) e trasformato secondo le filiere di lavorazione schematizzate in Figura 1. Altre specie ruminanti allevate (pecora, capra e bufala) rivestono un'importanza economica minore o limitata a particolari zone geografiche. Il loro latte, pur contenendo gli stessi principi nutritivi, può presentare rilevanti differenze compositive (Tab. 1)

e, in linea di principio, viene trasformato secondo le filiere del latte vaccino.

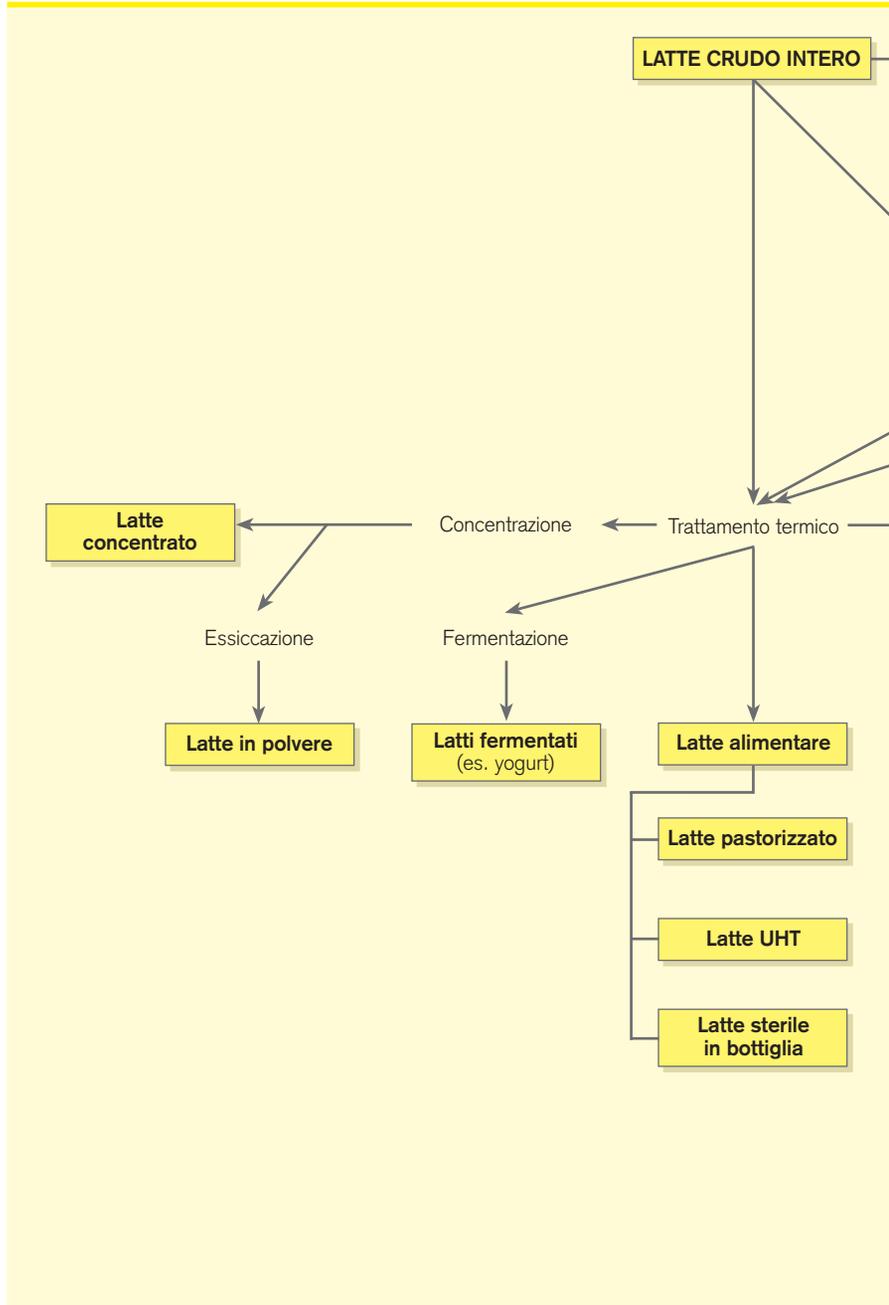
La legislazione italiana prevede che, con la sola parola latte, si deve intendere il latte proveniente dalla vacca, che è definito come "il prodotto ottenuto dalla mungitura regolare ininterrotta e completa della mammella di animali in buono stato di salute e di nutrizione".

Questa definizione tende a garantire una minima qualità igienica e compositiva al latte che, in particolari stati patologici o fisiologici della bovina, può presentare caratteristiche microbiologiche o compositive che non lo rendono idoneo al consumo.

Il latte è il prodotto di secrezione ed escrezione della ghiandola mammaria; in esso si ritrovano sostanze provenienti direttamente dal sangue per filtrazione e sostanze sintetizzate dalla mammella a partire da precursori presenti nel circolo sanguigno. I composti sintetizzati rappresentano quantitativamente la maggior parte delle sostanze presenti nel

Figura 1

Principali filiere di lavorazione del latte.



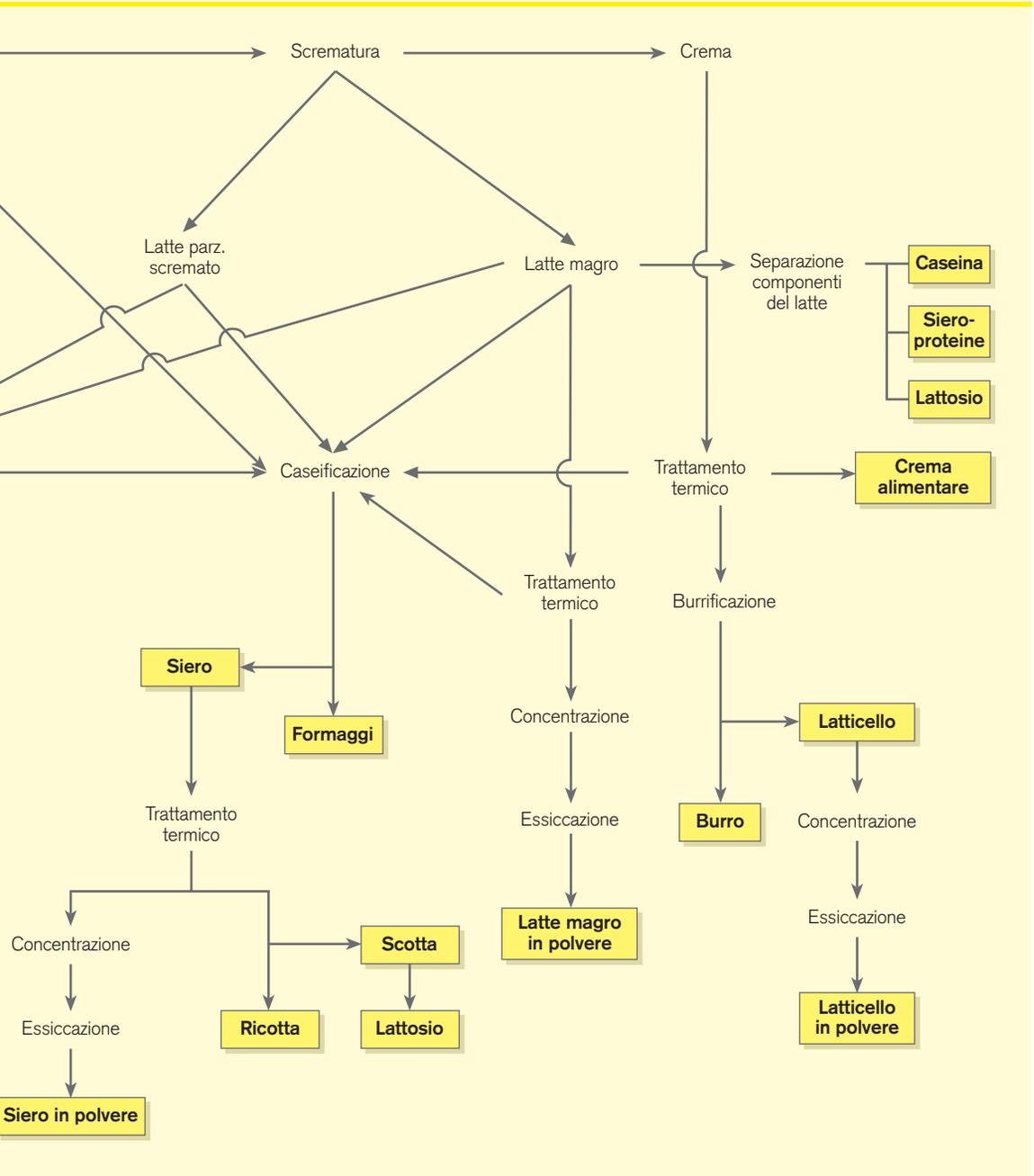


Tabella 1

Composizione media (g/100 ml) del latte di alcune specie.

Latte	Proteine	Grasso	Lattosio	Sali minerali	Acqua
Vacca	3,2	3,5	4,8	1,0	87,5
Pecora	6,0	7,5	4,5	1,0	81,0
Capra	3,3	3,5	4,5	0,9	87,8
Bufala	4,8	7,5	4,7	0,8	82,2
Donna	1,5	3,5	6,5	0,2	88,3

latte e giustificano la grande attività di biosintesi della mammella e l'enorme volume (900 litri) di sangue filtrato per la produzione di un litro di latte.

La composizione centesimale del latte così come la quantità prodotta possono variare a seconda dei fattori genetici (razza e individuo), fisiologici (stadio di lattazione e numero dei parti) e patologici. Nel caso di affezioni mastitiche della mammella, l'attività di biosintesi viene drasticamente ridotta e la composizione chimica del latte si avvicina a quella del plasma sanguigno. Altri fattori di variabilità compositiva sono: l'alimentazione, la tecnica di allevamento e il clima.

LE PROPRIETÀ DEI PRINCIPALI COMPONENTI DEL LATTE

I principali macrocomponenti sono presenti nel latte in stati fisici diversi: il

grasso in fase di emulsione, la **caseina** in fase di sospensione colloidale, i **sali**, il **lattosio** e le **sieroproteine** in soluzione. La conoscenza della eterogeneità fisica del latte consente di meglio comprendere gli equilibri chimico-fisici che si instaurano nel latte naturalmente o in seguito a processi ad esso applicati. Le diverse fasi sono peraltro caratterizzate da una certa instabilità che comporta, in termini tecnologici, la possibilità di separarle singolarmente e di ottenere una vasta gamma di prodotti, diversi per proprietà nutrizionali, organolettiche e funzionali.

SOSTANZE AZOTATE

Le **sostanze azotate** costituiscono mediamente il 3,2% del latte intero (Tab. 2) e sono rappresentate per il 95% da caseina e sieroproteine.

La restante parte è azoto non proteico (NPN) che, da un punto di vista

Tabella 2

Distribuzione media delle sostanze azotate del latte.

	Composizione media	
	g/l	relativa
SOSTANZE AZOTATE TOTALI	32	100
I - Proteine		
Caseine:	25	78 100
α_{s1} -caseina	9,5	38
α_{s2} -caseina	2,5	10
β -caseina	9,0	36
κ -caseina	3,5	14
γ -caseina	0,5	2
Sieroproteine:	5,6	17 100
β -lattoglobulina	3,0	53
α -lattoalbumina	1,1	20
albumina del siero di sangue	0,3	5
immunoglobuline	0,6	11
proteoso peptoni	0,6	11
II - Sostanze azotate non proteiche	1,6	5

chimico, è composto da un insieme eterogeneo di sostanze tra le quali urea, il composto più abbondante, amminoacidi e ammoniaca.

La caseina costituisce il 78% delle sostanze azotate totali ed è un aggregato di più individui proteici (frazioni caseiniche) denominati α_{s1} , α_{s2} , β , γ e κ -caseina associati in micelle altamente idratate. Le caseine, ad eccezione della γ , vengono sintetizzate a livello mammario dove subiscono modificazioni post-traduzionali di fosforilazione e, per la κ -caseina, di glicosilazione. La γ -caseina

rappresenta il prodotto della proteolisi post-secretoria a carico della β -caseina ad opera principalmente della plasmina, una proteasi nativa del latte.

I meccanismi di associazione tra le diverse caseine e la struttura finale della micella prevedono l'iniziale formazione di sub-micelle, con diametro di 15-20 nm e peso di circa 10^6 Da, attraverso interazioni idrofobiche ed elettrostatiche tra poche molecole di frazioni caseiniche. Le sub-micelle, attraverso l'intervento principalmente di calcio e fosfati, si associano a loro volta per co-

stituire micelle con diametro di 50-300 nm e peso di circa 10^9 Da. In questa struttura la κ -caseina è localizzata preferenzialmente alla superficie della micella garantendo, con la sua sequenza glicosilata e pertanto fortemente idrofila, una elevata idratazione e stabilità alla micella stessa.

L'organizzazione strutturale descritta rende conto delle proprietà delle micelle e condiziona il comportamento del latte durante i processi tecnologici di risanamento termico e di successiva trasformazione.

Le caseine contengono gruppi fosforici esterificati con residui di serina. Correlata al grado di fosforilazione è la sensibilità delle caseine verso il calcio, vale a dire la loro tendenza ad insolubilizzarsi in presenza di ioni calcio. La κ -caseina possiede solo una debole affinità per il calcio dovuta alla presenza di un solo residuo fosfoserinico e presenta, legata alla sua catena amminoacidica, una sequenza di poche molecole di zuccheri neutri, zuccheri azotati e acido sialico.

Le caratteristiche descritte contribuiscono a chiarire il comportamento della caseina durante i processi di caseificazione. Le caseine presentano una composizione amminoacidica percentuale simile anche se solamente

α_{s2} e κ -caseina contengono cisteina che, nutrizionalmente, rappresenta il fattore limitante nella composizione amminoacidica dell'intera caseina.

Le sieroproteine costituiscono la frazione proteica in soluzione nel siero di latte. Strutturate principalmente come monomeri o piccoli polimeri, esse costituiscono il 18% delle sostanze azotate del latte (vedi Tab. 2) e si originano o per sintesi mammaria, come la β -lattoglobulina (β -lg) e l' α -lattoalbumina (α -la), o per filtrazione ematica, come le immunoglobuline (Ig) e l'albumina di siero di sangue (BSA).

I proteosio peptoni si formano dalla β -caseina in seguito alla stessa proteolisi che porta alla formazione della γ -caseina. Sono inoltre presenti piccole quantità di enzimi (ossidoreduttasi, transferasi, idrolasi, liasi, isomerasi e metallo-proteine).

Le sieroproteine svolgono attività biologiche quali la sintesi del lattosio (α -la), il trasporto del retinolo nell'intestino nel vitello (β -lg) e l'immunizzazione passiva durante i primi giorni di allattamento (Ig).

Le proteine del siero assumono un notevole interesse tecnologico in quanto sono spesso utilizzate nella formulazione di preparati alimentari quali gelati, burro a ridotto o basso tenore in grasso, conserve e prodotti da forno.

Sono inoltre impiegate quali integratori nelle formulazioni alimentari per l'infanzia o per atleti, ciò grazie alla loro composizione amminoacidica che, presentando maggiori quantità relative di cisteina, triptofano e lisina, risulta meglio bilanciata rispetto a quella delle caseine.

Nel loro complesso le proteine sono il componente nutrizionalmente più importante del latte, forniscono circa il 22% delle calorie totali, presentano una elevata digeribilità e una composizione amminoacidica che comprende tutti gli amminoacidi essenziali per l'uomo. Per l'alto contenuto in lisina le proteine del latte complementano quelle di diversi cereali dando luogo ad un abbinamento ottimale.

Questa complementazione, infatti, conferisce alla quota proteica finale un valore biologico superiore a quello delle due componenti proteiche di partenza. È inoltre presente un elevato contenuto di leucina, isoleucina e valina che possono assolvere un ruolo importante nella dieta di alcuni atleti.

GLUCIDI

I **glucidi** del latte sono essenzialmente costituiti da **lattosio**, disaccaride sintetizzato dalla ghiandola mammaria a

partire da galattosio e glucosio, e presente in concentrazione pari a 4,8-5,0%. Altri glucidi sono presenti nel latte in quantità trascurabili e sono essenzialmente legati a proteine e in particolare alla κ -caseina dove rappresentano circa il 5% del suo peso. I più importanti sono: glucosammina, galattosammina, N-acetilglucosammina, N-acetilgalattosammina e acido N-acetilneuraminico (acido sialico).

La capacità di sintesi del lattosio rappresenta il fattore limitante della produzione latte della vacca poiché questo zucchero, essendo il composto idrosolubile più abbondante, determina in larga parte la pressione osmotica del latte. Affinché venga mantenuta l'isotonia tra sangue e latte nella mammella è necessario che la composizione del siero di latte, e quindi la concentrazione di lattosio in esso presente, rimanga costante.

Il lattosio riveste una notevole importanza tecnologica. Esso, oltre a rappresentare un substrato fermentativo per la microflora del latte, è in parte responsabile dei cambiamenti di colore e sensoriali che avvengono a carico del latte durante i processi termici.

Il lattosio presenta anche particolari funzioni nutrizionali: rappresenta circa il 30% del potere calorico del latte intero;

è una fonte "diretta" di galattosio; favorisce l'assorbimento e l'assimilazione del calcio; stimola lo sviluppo nel grosso intestino di una microflora lattica favorendo l'instaurarsi di una fermentazione acida; presenta un potere dolcificante che, pur essendo tre volte inferiore a quello del saccarosio, è sufficiente a conferire al latte il caratteristico gusto dolciastro.

L'assorbimento intestinale del lattosio è limitato dalla capacità di idrolisi dello zucchero nei due esosi costitutivi per mezzo della β -galattosidasi.

La mancanza di questo enzima o la sua insufficiente produzione, unita a una scarsa colonizzazione del grosso intestino a opera della microflora lattica, provocano fenomeni di intolleranza al latte con caratteristici sintomi clinici.

LIPIDI

Il **grasso** è il componente più variabile e quello che più di altri conferisce peculiari caratteristiche sensoriali e di palatabilità al latte stesso e ai suoi derivati. La quantità che si ritrova nel latte, mediamente il 3,5%, così come la sua composizione, sono strettamente connesse al tipo di alimentazione e di allevamento adottati.

I **trigliceridi** costituiscono il 98% del grasso latteo, il rimanente 2% è rappresentato principalmente da **fosfolipidi**, **digliceridi** e **colesterolo** (Tab. 3).

Il β -carotene e le vitamine E, D e K sono presenti in quantità variabili in funzione dell'alimentazione e, per la vitamina D, del livello di esposizione della bovina alla luce.

La maggior parte dei trigliceridi e degli acidi grassi che li costituiscono vengono sintetizzati dalla mammella a partire dagli acidi acetico e butirrico prodotti dalla microflora ruminale. La rimanente parte proviene invece da acidi grassi e glicerolo presenti nel circolo sanguigno. Nel latte sono stati identificati più di cento acidi grassi diversi, tuttavia, 15 di essi rappresentano circa il 98% degli acidi grassi dei trigliceridi (Tab. 4).

Gli **acidi grassi saturi** maggiormente presenti sono palmitico, stearico e miristico, anche se il grasso del latte di vacca si caratterizza, come del resto quello di altri ruminanti, per il contenuto relativamente alto in acidi grassi volatili a corta catena e basso punto di fusione (da C4 a C12).

Il grasso di latte è un scarso apportatore di **acidi grassi polinsaturi** che, introdotti con l'alimentazione della vacca (soprattutto foraggi verdi), vengono

Tabella 3

Distribuzione media delle sostanze lipidiche del latte.

Costituente	Contenuto	
	g/100 ml	% dei lipidi totali
Lipidi totali	3,5	
Gliceridi:	3,4	98,4
tri-		98,0
di-		0,36
mono-		0,04
Fosfolipidi:	0,021	0,60
fosfatidilcolina		0,21
fosfatidiletanolamina		0,19
sfingomieline		0,15
altri		0,05
Steroli:	0,012	0,33
colesterolo		0,31
altri		0,02
Acidi grassi liberi	tracce	0,03
	µg/100 ml	
Vitamine liposolubili:		
A e β-carotene	41	
D	0,06	
E	100	
K	1,1	

in gran parte metabolizzati e “saturati” dalla microflora del rumine principalmente ad acido oleico.

Il grasso è presente nel latte come emulsione di globuli sferici avvolti da una membrana lipoproteica. I globuli hanno un diametro variabile da 0,2 a 12 µm e, al loro interno, i diversi trigliceridi sono localizzati secondo una struttura lamellare concentrica con i trigliceridi liquidi a

temperatura ambiente situati nella parte più interna. Nella membrana sono localizzati, insieme a lipoproteine e gliceridi neutri, la maggior parte dei fosfolipidi e parte del colesterolo del latte. L'organizzazione assunta da questi composti nella membrana le conferisce una struttura con le caratteristiche anfifiliche necessarie per la stabilizzazione della fase lipidica nel plasma latteo acquoso.

Tabella 4

Principali acidi grassi del latte (% degli acidi grassi totali).

Saturi	68	
C4 – butirrico		3,5
C6 – caproico		4,0
C8 – caprilico		1,0
C10 – caprico		2,0
C12 – laurico		3,0
C14 – miristico		11,0
C15 – pentadecanoico		1,5
C16 – palmitico		30,0
C18 – stearico		12,0
Monoinsaturi	28	
C16 – palmitoleico		2,0
C18 – (cis) oleico		23,0
C18 – (trans) vaccenico		3,0
Polinsaturi	~3	
C18 – (diene) linoleico		2,0
C18 – (triene) linolenico		0,5
C20 – (tetraene) arachidonico		0,2
Acidi grassi minori	1	1

Di conseguenza la composizione chimica e l'integrità fisica della membrana sono di fondamentale importanza per la stabilità dell'emulsione.

Il grasso apporta circa il 50% delle calorie totali del latte intero e la sua digestione è facilitata dallo stato fisico e dal punto di fusione che è inferiore alla temperatura corporea.

Il grado di saturazione, il contenuto in acidi grassi polinsaturi (linoleico soprattutto) ed il livello di colesterolo rappresentano i punti di maggior discussione

relativamente alle proprietà nutrizionali del grasso latteo. Una corretta valutazione nutrizionale della componente lipidica non può comunque prescindere da alcune considerazioni. La prima è che circa il 20-25% degli acidi grassi è rappresentato da acido oleico considerato privo di effetti aterogeni. La seconda è che alcuni acidi grassi saturi a corta catena (da C4 a C10) hanno, similmente ai glucidi, un destino prevalentemente energetico e non aterogeno e ipercolesterolizzante.

SALI MINERALI

Il contenuto in **sali minerali** del latte, pari a circa 1%, è poco influenzato dall'alimentazione; il livello rimane costante anche quando si produce una carenza di questi composti nell'animale e ciò vale in particolare per calcio e fosforo. Nel latte sono presenti in quantità significativa: calcio (1,2 g/l), fosforo (1,0 g/l), potassio (1,5 g/l), cloro (1,1 g/l), sodio (0,4 g/l) e magnesio (0,13 g/l).

Il **calcio** ed il **fosforo** meritano una attenzione particolare per l'importanza tecnologica e nutrizionale che essi rivestono. Questi due elementi sono diversamente distribuiti tra la fase acquosa (in soluzione nel siero) e la fase colloidale (associati alla caseina). Il fosforo è in piccola parte presente anche nei fosfolipidi. Le due forme, solubile e colloidale, sono tra loro in equilibrio: è possibile cioè il passaggio dall'una all'altra forma. Il riscaldamento del latte, ad esempio, provoca il passaggio di calcio e fosforo dalla forma solubile a quella colloidale; il raffreddamento e l'acidificazione agiscono in senso opposto. Normalmente nel latte il 60-70% del calcio e il 50-55% del fosforo sono associati alla fase colloidale. La distribuzione tra le due forme è di fondamentale importanza tecnologica poiché ad es-

sa è legato il mantenimento dell'organizzazione strutturale della micella caseinica.

Il latte e i suoi derivati rappresentano una delle migliori fonti di calcio e fosforo nell'alimentazione umana. Il rapporto calcio/fosforo (simile a quello esistente nelle ossa in accrescimento) e il ruolo svolto dal lattosio nel loro assorbimento intestinale sono fattori importanti nel determinare l'elevata assimilabilità di questi elementi.

Inoltre circa il 40% del fosforo "colloidale" è legato stabilmente alla caseina tramite un legame estere con residui di serina. Questa parte di fosforo riveste un particolare significato nutrizionale poiché contribuisce significativamente all'assorbimento passivo del calcio nell'intestino. Cloro, sodio e potassio sono presenti per la maggior parte in forma ionica.

Nel latte sono presenti diversi oligoelementi (zinco, rame, ferro, manganese e molibdeno) in tracce o in quantità di modesto significato nutrizionale.

VITAMINE IDROSOLUBILI

Le **vitamine idrosolubili** sono presenti nella fase acquosa del latte in quantità relativamente costante e poco

influenzata da fattori esterni. Tuttavia il contenuto vitaminico può subire importanti riduzioni a seguito di fenomeni fisico-chimici (riscaldamento, ossidazioni, ecc.) a carico del latte crudo.

Le vitamine del gruppo B vengono biosintetizzate dalla microflora ruminale e, insieme alla vitamina A, sono presenti in quantità nutrizionalmente importanti (Tab. 5).

Il latte è anche una buona fonte di riboflavina (circa 1,7 mg/l) e acido pantotenico (circa 3,5 mg/l).

Il contenuto medio di niacina del latte è piuttosto basso (0,8 mg/l); tuttavia il latte può essere considerato un alimento di indubbia efficacia per la prevenzione della pellagra. Le ragioni di ciò risiedono sia nella completa biodisponibilità della niacina presente, che nella discreta presenza di triptofano nelle

proteine del latte. Questo amminoacido viene utilizzato per la biosintesi corporea della niacina; 60 mg di triptofano, la quantità contenuta in circa 100 g di latte, equivalgono ad 1 mg di niacina.

È interessante notare che le perdite percentuali delle tre vitamine citate a seguito della pastorizzazione del latte sono del tutto trascurabili.

Nel latte si ritrovano anche altre vitamine del gruppo B (biotina, acido folico, piridossina e cobalamina) e la vitamina C.

IL LATTE ALIMENTARE

Perché il latte possa essere consumato e conservato come tale è necessario che venga sottoposto a processi di risanamento che inattivino la micro-

Tabella 5

Principali vitamine idrosolubili del latte.

	Contenuto (mg/l)
Tiamina	0,45
Riboflavina	1,70
Acido pantotenico	3,50
Niacina	0,80
Piridossina	0,50
Acido folico	0,05
Cobalamina	0,004
Biotina	0,003
Acido ascorbico	< 20

flora patogena, anche solo potenzialmente presente, e riducano i microrganismi alterativi in modo da consentire la sua conservazione per il tempo e nelle condizioni desiderate. Tali processi consistono principalmente in trattamenti termici che vengono effettuati in maniera da minimizzare la riduzione del valore nutrizionale del latte.

Questi scopi possono essere conseguiti se la qualità microbiologica del latte crudo di partenza è elevata, ovvero se le condizioni di mungitura, raccolta e trasporto del latte agli stabilimenti di trattamento sono rispondenti ai rigorosi criteri di igiene ben specificati da precise normative nazionali e comunitarie.

Indipendentemente dal trattamento termico applicato, il latte viene dapprima corretto del suo contenuto in grasso in modo da ottenere valori non superiori a 0,3 g/100 ml per il latte scremato, compresi fra 1,5 e 1,8 g/100 ml per il latte parzialmente scremato e non inferiori a 3,5 g/100 ml per il latte intero. Ciò comporta modifiche del contenuto di trigliceridi e di costituenti liposolubili quali il colesterolo che è presente in quantità di circa 3 mg per ogni grammo di grasso.

Un'ulteriore modifica apportata alla frazione lipidica del latte alimentare consiste nella riduzione delle dimensioni

dei globuli di grasso mediante **omogeneizzazione**. Questa operazione viene eseguita sul latte, o sulla sua componente grassa, di norma prima del trattamento termico e ha lo scopo di impedire l'affioramento della panna durante la conservazione del latte. Inoltre ha l'effetto di aumentare la superficie esposta dal grasso facilitando così l'azione dei sali biliari e la digestione.

Ad eccezione della componente lipidica, le differenze di composizione fra latte crudo e latte alimentare sono dovute principalmente all'intensità del riscaldamento applicato.

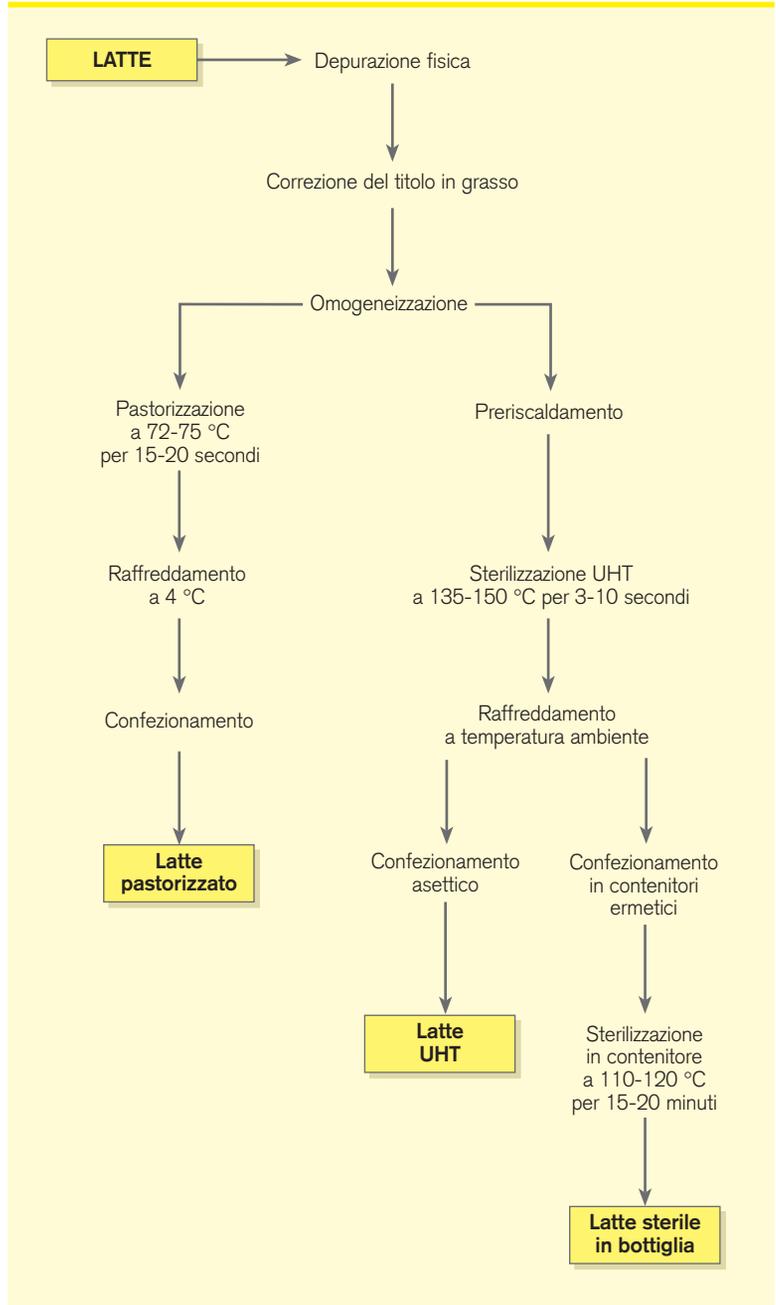
In base alle normative vigenti è possibile individuare almeno tre tipi di trattamento termico applicati per il risanamento del latte: **pastorizzazione**, **sterilizzazione** in flusso continuo con confezionamento **asettico** (UHT) e sterilizzazione in confezione **ermetica** (Fig. 2).

PASTORIZZAZIONE

Il trattamento di **pastorizzazione** ha la funzione di rendere igienicamente sicuro il latte e di permetterne la conservazione in frigorifero (4 °C) per almeno quattro giorni (legge italiana n. 169 del 3.5.1989). Viene effettuato riscaldando il latte ad almeno 72 °C per 15 secondi

Figura 2

Schema di produzione del latte pastorizzato, UHT e sterilizzato in confezione ermetica.



onde garantire la distruzione del batterio patogeno non sporigeno più resistente al calore, il *Mycobacterium tuberculosis bovis*. Oltre a quelli patogeni vengono distrutti molti microrganismi alterativi appartenenti essenzialmente alle famiglie delle *Pseudomonadaceae* ed *Enterobacteriaceae*. Sopravvivono alla pastorizzazione i microrganismi appartenenti ai generi *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus* e alcuni batteri lattici, che tuttavia non possono svilupparsi, in condizioni di refrigerazione, entro il termine di scadenza dei quattro giorni stabiliti dalla attuale normativa italiana.

I latti pastorizzati sono caratterizzati anche dal limitato danno termico subito dai loro costituenti, intendendo come danno termico l'insieme delle modifiche della composizione del latte dovuto al calore. Infatti, le frazioni glucidica e lipidica non vengono modificate sensibilmente (Tab. 6) e solo una minima parte delle proteine solubili del siero (i costituenti proteici più termosensibili del latte), in particolare alcuni enzimi nativi del latte e il 30-60% della BSA e delle immunoglobuline, viene denaturata.

Queste proteine, corrispondenti a circa il 10-25% delle sieroproteine totali, rimangono tuttavia interamente biodisponibili. Della componente vitaminica solo l'acido ascorbico e l'acido deidroa-

scorbico possono subire una riduzione fino a circa il 10% in seguito alla pastorizzazione. Tuttavia il latte non può essere definito un importante apportatore di vitamina C, in quanto anche allo stato crudo esso contiene questa vitamina in quantità limitate (< 2 mg/100 ml).

Sulla base delle normative vigenti in Italia (legge n. 169 del 3.5.1989 e DPR n. 54 del 14.1.1997) si possono distinguere almeno quattro tipi di latte pastorizzato (Tab. 7):

- latte fresco pastorizzato di alta qualità;
- latte fresco pastorizzato;
- latte pastorizzato;
- latte pastorizzato ad alta temperatura.

Il **latte fresco pastorizzato** e quello **pastorizzato** possono essere considerati equivalenti per composizione e valore nutrizionale e presentano un contenuto di sieroproteine solubili (cioè non denaturate) superiore al 14,5% delle proteine totali. La dicitura "fresco" può essere legalmente riportata sull'etichetta solo quando il trattamento termico sia stato effettuato entro 48 ore dalla mungitura.

Il **latte fresco pastorizzato di alta qualità** si differenzia da questi latti per aver subito una pastorizzazione particolarmente blanda tale che le frazioni sieroproteiche solubili costituiscano alme-

Tabella 6

Effetti dei trattamenti termici sulla microflora e sui costituenti del latte.

Pastorizzazione

- Distruzione dei microrganismi patogeni non sporigeni:
 - conservabilità a 4 °C per 4 giorni (fino a 45 giorni per il latte pastorizzato ad alta temperatura)
- Denaturazione del 10-25% delle sieroproteine (fino a 50% per il latte pastorizzato ad alta temperatura):
 - enzimi nativi
 - immunoglobuline, BSA e β -lattoglobulina
- Distruzione fino al 10% di acido ascorbico e deidroascorbico

Sterilizzazione UHT

- Distruzione delle forme microbiche vegetative e sporigene:
 - conservabilità a temperatura ambiente per 3 mesi
- Denaturazione del 10-90% delle sieroproteine
- Formazione di lattulosio (5-60 mg/100 ml)
- *Cross-link* irreversibile delle proteine:
 - defosforilazione della caseina
 - riduzione della biodisponibilità degli aminoacidi
- Reazione di Maillard:
 - formazione dell'odore di sterilizzato
 - imbrunimento del colore
 - riduzione della biodisponibilità di lisina
- Riduzione fino al 30% di acido ascorbico, folacina, piridossale, tiamina e vitamina B₁₂

Sterilizzazione in contenitore ermetico

- Distruzione di tutte le forme microbiche e delle proteasi e lipasi da loro prodotte:
 - conservabilità fino a 1 anno a temperatura ambiente
- Formazione di lattulosio (40-100 mg/100 ml)
- Denaturazione completa delle sieroproteine
- Intensa reazione di Maillard e *cross-link* irreversibile delle proteine:
 - defosforilazione della caseina
 - riduzione dell'apporto di calcio

no il 15,5% delle proteine totali del latte (corrispondenti a 10-15% di sieroproteine denaturate) e pertanto deve essere ottenuto da latte crudo di eleva-

ta qualità microbiologica. Inoltre il suo contenuto proteico non deve essere inferiore a 3,2%, mentre il tenore in grasso deve essere di almeno 3,5%.

Tabella 7

Classificazione e caratteristiche dei diversi tipi di latte pastorizzato.

Costituente	Fresco pastorizzato di alta qualità	Fresco pastorizzato o pastorizzato	Pastorizzato ad alta temperatura
Sieroproteine solubili (% delle proteine totali)	≥ 15,5	≥ 14,5	≤ 14,5
Proteine totali (g/100 ml)	≥ 3,2	≥ 2,8	≥ 2,8
Grasso (g/100 ml)	≥ 3,5	≤ 0,3 (scremato) 1,5-1,8 (parz. scremato) ≥ 3,5 (intero)	≤ 0,3 (scremato) 1,5-1,8 (parz. scremato) ≥ 3,5 (intero)
Coliformi (UFC/ml)	assenti	assenti	assenti
Patogeni	assenti	assenti	assenti

Il latte fresco pastorizzato di alta qualità è quello che fra i latti alimentari più si avvicina alle caratteristiche nutrizionali, compositive, e quindi anche organolettiche, del latte crudo.

Il latte pastorizzato ad alta temperatura è l'unico, fra i latti pastorizzati, che può essere prodotto anche da latte già pastorizzato e che può essere sottoposto a trattamenti termici tali da distruggere tutta la microflora vegetativa (es. 140 °C per meno di 1 secondo).

Questo latte può essere conservato a temperature inferiori a 10 °C per 10-45 giorni e, pur avendo subito una denaturazione sieroproteica maggiore, presenta ancora caratteristiche chimiche, organolettiche e nutrizionali vicine a quelle degli altri tipi di latte pastorizzato.

STERILIZZAZIONE

Per poter garantire al latte un periodo di conservazione prolungato a temperatura ambiente è necessario sottoporlo a un processo di sterilizzazione, cioè a un riscaldamento che riduca il numero di microrganismi (forme vegetative e spore) a un livello tale da impedirne lo sviluppo in specifiche condizioni di confezionamento. I più razionali metodi di sterilizzazione si basano su trattamenti termici flash, cioè effettuati per tempi molto brevi a temperature elevate. Questi processi si fondano sul principio che all'aumentare della temperatura di trattamento la velocità di distruzione delle forme microbiche accelera maggiormente rispetto al-

la velocità di alterazione dei costituenti del latte.

Pertanto, benché sia possibile ottenere la stessa distruzione di microrganismi applicando temperature basse per tempi prolungati o temperature elevate per tempi molto brevi, è quest'ultima alternativa ad essere applicata poiché è quella che produce il minor danno termico al latte. Questi trattamenti vengono definiti UHT (dall'inglese *ultra-high temperature*), cioè a temperatura ultra-alta, e consistono in un rapido riscaldamento a 135-150 °C del latte che viene mantenuto a questa temperatura per 3-10 secondi prima di essere rapidamente raffreddato a temperatura ambiente e confezionato in condizioni sterili (vedi Fig. 2).

Per il confezionamento asettico vengono di norma utilizzati contenitori di materiale poliaccoppiato, costituiti cioè da più strati di diverso materiale fra loro opportunamente saldati, che proteggono il latte dall'ambiente esterno. In particolare uno strato di alluminio impedisce il passaggio dell'ossigeno esterno così da inibire lo sviluppo delle spore eventualmente ancora presenti e l'irrandimento ossidativo del grasso del latte. Il contatto del latte con l'alluminio è impedito da uno strato di polietilene.

Il latte UHT, essendo praticamente

sterile, può essere conservato a temperatura ambiente fino a tre mesi dalla produzione (legge italiana n. 169 del 3.5.1989), tuttavia, le componenti proteiche e glucidiche vengono modificate (vedi Tab. 6) dall'intenso trattamento termico subito, con importanti conseguenze sulle proprietà nutrizionali. In particolare, i cambiamenti termo-indotti sulla struttura delle micelle caseiniche producono una maggiore digeribilità peptica e un più rapido svuotamento gastrico rispetto al latte pastorizzato. Si verifica nel contempo una interazione fra le proteine, dovuta in primo luogo alla formazione di legami disolfuro fra sieroproteine e caseine e secondariamente a legami covalenti formati dalla defosforilazione dei residui fosfoserinici della caseina e dalla successiva interazione di questi con i residui di lisina o di istidina. Mentre il primo tipo di interazione è reversibile e non riduce la biodisponibilità degli amminoacidi coinvolti (perdita per altro quantitativamente in sé poco importante), il secondo non è reversibile e provoca una ridotta suscettibilità delle proteine all'attacco delle proteasi digestive a cui consegue un minore apporto di amminoacidi dal latte.

Il lattosio è invece convertito in lattulosio per isomerizzazione della frazione glucosidica in fruttosio. La quantità

di lattulosio formata può raggiungere 60 mg/100 ml (circa 1,3% del lattosio iniziale). Questo zucchero possiede proprietà stimolanti la crescita dei bifidobatteri e può quindi assolvere un ruolo importante nell'equilibrio della microflora intestinale. Inoltre, proteine e lattosio possono reagire fra loro instaurando una serie di reazioni che nel complesso vengono definite reazioni di Maillard e che portano a una riduzione della biodisponibilità della lisina e alla formazione di sostanze non ancora tutte ben identificate. Alcune di queste sostanze (melanoidine) sono responsabili dell'imbrunimento del colore del latte. Altre molecole, quali il diacetile, i lattoni e i chetolcolli, prodotti anche dalla degradazione termica del grasso, sono responsabili della modifica del gusto che il latte UHT assume unitamente al caratteristico odore di sterilizzato. La formazione di composti derivati dalla reazione di Maillard e l'interazione covalente fra le proteine proseguono nel corso della conservazione, soprattutto se quest'ultima avviene in ambienti caldi. Inoltre l'interazione fra lattosio e β -lattoglobulina può aumentare il rischio di insorgenza di fenomeni allergici verso questa proteina nei bambini.

Un'ulteriore conseguenza del trattamento UHT è la riduzione del livello di

vitamine che può essere molto variabile in funzione dell'intensità del trattamento termico e delle condizioni di conservazione del latte confezionato. Mentre le vitamine liposolubili (A, D, E e K) risultano stabili ai trattamenti UHT, l'acido ascorbico, la folacina, il piridossale, la tiamina e la vitamina B₁₂ vengono ridotti fino al 30%. Più influenti risultano le condizioni di **conservazione**. Ossigeno, luce e ambienti caldi possono portare alla distruzione di molte delle vitamine, tuttavia, le confezioni di poliaccoppiato garantiscono sufficiente protezione dall'ossigeno e dalla luce.

Il trattamento UHT conferisce al latte confezionato una conservabilità a temperatura ambiente di almeno 3 mesi. Per tempi di conservazione più lunghi possono verificarsi fenomeni di gelificazione delle proteine dovuti all'azione idrolitica delle endoproteasi microbiche (es. da *Pseudomonas* e *Flavobacterium*) liberatesi in seguito alla lisi delle cellule batteriche dovuta al calore. Alcune di queste proteasi sono termostabili e non vengono inattivate completamente col riscaldamento UHT. Per poter conservare il latte per 6-12 mesi è necessario inattivare questi enzimi effettuando un trattamento termico più energico rispetto a quello applicato nei processi a temperatura ultra-alta.

In particolare il latte viene sterilizzato dapprima con il metodo UHT e successivamente confezionato in contenitore ermetico e quindi riscaldato a 110-120 °C per 15-20 minuti. Questo doppio trattamento porta sia alla distruzione degli enzimi termostabili che limitano la durata della conservazione del latte UHT, ma anche ad un danno termico di gran lunga maggiore di quello descritto per il latte UHT. Il valore nutrizionale del latte sterilizzato in bottiglia risulta quindi fortemente ridotto.

IL FORMAGGIO

La denominazione merceologica di **formaggio** è per legge (RDL n. 2033 del 15.10.1925) riservata al “prodotto che si ricava dal latte intero o parzialmente o totalmente scremato, oppure dalla crema, in seguito a coagulazione acida o ‘presamica’ anche facendo uso di fermenti e sale da cucina”.

Il passaggio chiave della filiera produttiva del formaggio (Fig. 3) è la **coagulazione** del latte, cioè il momento in cui si realizza la destabilizzazione della sospensione colloidale caseinica e la conseguente aggregazione delle micelle con formazione di un coagulo (**cagliata**).

La stabilità della fase colloidale è

garantita dall'elevato grado di idratazione delle micelle che, allo stato nativo, contengono circa il 70% in peso di acqua. La destabilizzazione della sospensione micellare è quindi legata alla possibilità di determinare una modifica del suo stato di idratazione.

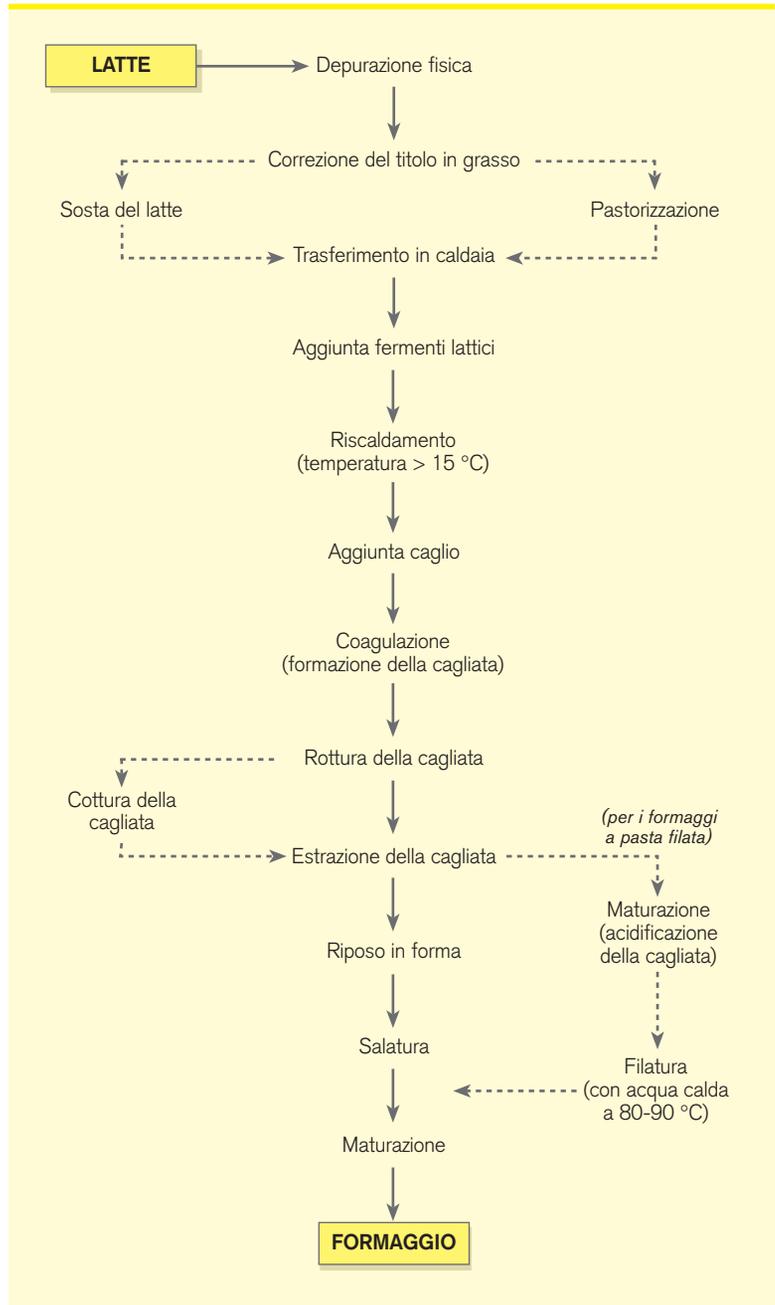
Il processo di coagulazione di maggiore interesse applicativo è quello ottenuto per via enzimatica attraverso l'uso del **caglio**. Il caglio (o “presame”) è tradizionalmente estratto dal quarto stomaco dei vitelli lattanti e la sua attività coagulante è principalmente dovuta all'azione di una proteasi, la **chimosina**. In funzione della modalità di preparazione, il caglio può contenere significative quantità di pepsina e, se estratto dall'abomaso di agnello o capretto, anche di lipasi.

La **chimosina** è chimicamente una proteasi specifica che provoca il distacco di un determinato segmento (caseinomacropetide, CMP) della κ -caseina dal resto della catena amminoacidica che rimane invece associata alla micella. Nel CMP sono presenti molti idrossiamminoacidi e gli zuccheri che garantiscono una elevata solvatazione della κ -caseina nativa e quindi della micella.

Con il distacco del CMP lo stato di idratazione diminuisce e le micelle destabilizzate, favorite dalla vicinanza reci-

Figura 3

Schema di produzione del formaggio.



proca (nel latte la distanza fra le micelle è pari a circa due volte il loro diametro medio), interagiscono per formare un coagulo presamico che si presenta inizialmente come un caratteristico gel consistente ed elastico, con volume pari a quello del latte prima della coagulazione e contenente tutto il calcio e il fosforo colloidale. L'ulteriore avvicinamento delle micelle con conseguente contrazione (o sineresi) del coagulo determina l'espulsione di siero. Un coagulo tipicamente presamico è quello ottenuto nella produzione di un formaggio molle quale la Crescenza.

Il latte può essere coagulato anche per acidificazione conseguente ad una fermentazione lattica o all'aggiunta di acidi organici. L'abbassamento del valore di pH, infatti, provoca la disidratazione della micella caseinica per avvicinamento progressivo al suo punto isoelettrico (pH_i 4,6). In questa situazione la carica netta globale della proteina è nulla, le interazioni con le molecole di acqua sono minime e vi è quindi la possibilità di aggregazione tra le micelle.

Il coagulo acido ottenuto è fortemente demineralizzato, farinoso, facilmente disgregabile perché privo della consistenza ed elasticità che caratterizza il coagulo presamico. I formaggi tipo caprino sono prodotti per coagulazione

acida a seguito di fermentazione lattica del latte.

Tra i due processi descritti esistono numerosissime condizioni intermedie nelle quali la coagulazione può avvenire sia per acidificazione che per azione del caglio. In ogni caso la lavorazione presamica viene applicata nella produzione di formaggi a pasta molle dove si richiede una buona ritenzione di acqua; la lavorazione "acido-presamica" viene utilizzata per la produzione di formaggi a pasta dura (ad es. Parmigiano Reggiano e Grana Padano) dove è necessario rompere finemente la cagliata e disidratarla.

La filiera produttiva descritta in Figura 3 è in generale applicabile a tutti i formaggi; tuttavia piccole variazioni nella tecnologia conducono a formaggi molto diversi.

Alcuni passaggi della filiera produttiva del formaggio assumono al riguardo particolare importanza. La sosta del latte prima della coagulazione consente lo sviluppo di alcune microflora presenti che di lavorare latte con acidità sviluppata. Il coagulo ottenuto assumerà di conseguenza le caratteristiche descritte per il coagulo acido. La lavorazione di un latte ad acidità naturale (senza sosta) consente invece di ottenere una cagliata tipicamente presamica e compatta, con sineresi spontanea

lenta, in sostanza una cagliata che può potenzialmente dare un formaggio più ricco di acqua.

Il latte lasciato in sosta non viene pastorizzato poiché coagulerebbe e viene quindi lavorato crudo (è il caso del Parmigiano Reggiano e del Grana Padano). La caseificazione di latte crudo non comporta necessariamente problemi igienici, soprattutto quando il formaggio subisce una prolungata maturazione. La presenza della microflora lattica, unitamente ai fenomeni biochimici ad essa conseguenti, e la tecnologia stessa di preparazione del formaggio sono elementi sufficienti a creare un ambiente non favorevole allo sviluppo di microrganismi patogeni eventualmente presenti nel latte.

L'aggiunta al latte di una microflora lattica specifica (innesto) consente di integrare o sostituire, nel caso di avvenuta pastorizzazione, la microflora naturale del latte crudo. La microflora innestata, oltre a sviluppare acidità, determina con il proprio corredo enzimatico i fenomeni che governano la maturazione del formaggio. Ai formaggi senza maturazione, quali quelli tipo "caprino" o la Mozzarella, i composti prodotti dalla fermentazione lattica iniziale conferiscono particolari proprietà sensoriali. Nella produzione dei formaggi "erborinati" (ad

es. Gorgonzola) vengono utilizzati anche innesti fungini, vale a dire sospensioni di spore di eumiceti.

Dopo l'aggiunta dell'innesto, il latte viene riscaldato a temperature maggiori di 15 °C e addizionato del caglio. La coagulazione presamica effettuata alla temperatura ottimale di attività del caglio (circa 40 °C) consente di ottenere cagliate più consistenti; al contrario, per temperature inferiori ai 30 °C, il coagulo ottenuto è rilassato con scarsa sineresi. La quantità di caglio influisce sul tempo di coagulazione che risulta proporzionalmente più breve all'aumentare della quantità di enzima. Entro certi limiti, la rapidità della coagulazione conferisce elasticità e compattezza al coagulo.

La fase di sineresi spontanea è un fenomeno molto lento per cui, nella produzione casearia, si facilita l'espulsione del siero attraverso la lavorazione meccanica della cagliata. Il coagulo viene rotto con modalità diverse a seconda dello spurgo richiesto: pezzi piccoli (chicco di riso) per la produzione di formaggi a pasta dura, pezzi grossi (arancia) per i formaggi a pasta molle.

Nei formaggi a pasta dura a forte spurgo, l'azione meccanica e l'acidificazione, dovuta allo sviluppo della microflora innestata, sono affiancate dalla cottura della cagliata. Il trattamento ter-

mico provoca la disidratazione del materiale proteico. L'esposizione di gruppi idrofobici e la loro interazione, favorita dalla temperatura (50-60 °C), facilitano la coesione tra i granuli caseosi con conseguente ottenimento di una massa sufficientemente compatta e asciutta.

La cagliata comunque ottenuta viene estratta dalla caldaia, con conseguente eliminazione del siero, e posta in forma. Con il siero vengono asportati anche molti componenti estranei al latte. Proprio per questo il formaggio è da considerarsi un prodotto alimentare fortemente depurato da potenziali contaminanti, specie idrosolubili; si pensi che mediamente i 9/10 del volume del latte caseificato sono costituiti da siero che verrà eliminato nel corso della lavorazione.

Nel caso dei formaggi a pasta filata (Mozzarella, Provolone, ecc.), la cagliata estratta viene lasciata a riposo per alcune ore. Durante tale periodo, lo sviluppo della flora lattica conferisce alla cagliata le caratteristiche di acidità che le consentono di assumere, se trattata con acqua calda, una tipica struttura plastica e filamentosa. Durante la filatura la cagliata viene modellata nelle forme e pezzature più diverse.

Di fondamentale importanza per le caratteristiche finali del formaggio è il processo di **maturazione** che modifica

le proprietà organolettiche e reologiche iniziali. L'entità di queste modificazioni dipende, oltre che dalla durata della maturazione, da un insieme di condizioni fisiche e fisico-chimiche che influenzano sia lo sviluppo delle microflorie presenti che diverse attività enzimatiche a loro volta dovute ad enzimi sia nativi (endogeni del latte) che di origine microbica.

La durata della maturazione è condizionata dalla quantità di acqua del formaggio e quindi dallo spurgo subito dalla cagliata in seguito ai processi (in particolare la cottura) da essa subiti in lavorazione.

Il formaggio a pasta molle e quindi cruda, essendo ricco di acqua, è poco conservabile e avrà una breve maturazione. Al contrario il formaggio a pasta dura e cotta, povero di acqua subirà una maturazione più lunga.

Durante la stagionatura le modifiche più evidenti sono date dalla proteolisi a carico della caseina, con liberazione di composti azotati solubili e a basso peso molecolare.

Questi fenomeni, ascrivibili all'azione di proteasi di varia origine (caglio, microflora dell'innesto e superficiale del formaggio, proteasi endogene), variano nei diversi tipi di formaggio e, nel caso di una prolungata maturazione, portano

alla liberazione di amminoacidi e dei loro composti di degradazione, quali acidi, ammine, ammoniaca. Tali sostanze contribuiscono a formare l'aroma e il sapore del formaggio.

Il lattosio scompare già nei primi giorni successivi alla produzione del formaggio per fermentazioni da parte di batteri lattici che lo trasformano principalmente in acido lattico. L'acidificazione della cagliata ne favorisce lo spurgo, ma influisce anche sull'aroma del formaggio e sulla sua struttura, solubilizzando parte dei sali minerali legati alla caseina. Il conseguente abbassamento del pH crea condizioni non favorevoli allo sviluppo di specie microbiche putrefacenti e gasogene, solitamente anticasearie e sempre presenti nel latte crudo.

L'acido lattico formato durante la prima maturazione viene degradato per fermentazioni secondarie, salificato dal calcio e neutralizzato dall'ammoniaca formatasi a seguito dei fenomeni proteolitici. Si assiste di conseguenza a un innalzamento del valore di pH, del formaggio, molto limitato per le paste dure e cotte, più significativo per le paste molli che, in condizioni di maturazione spinta, possono anche diventare alcaline.

I fenomeni di lipolisi a carico dei trigliceridi provocano la liberazione degli acidi grassi che determinano, in partico-

lare quelli a corta catena, il caratteristico gusto piccante di alcuni formaggi. Nel caso del Pecorino e del Provolone le lipasi provengono principalmente dal caglio, mentre nei formaggi erborinati, come il Gorgonzola, sono principalmente di origine fungina. Nei formaggi erborinati, inoltre, l'attività enzimatica della microflora fungina trasforma alcuni acidi grassi in composti carbonilici (chetoadidi e metilchetoni) responsabili del caratteristico aroma di questi formaggi.

Da un punto di vista nutrizionale il formaggio può essere considerato un prodotto ove si concentrano le proteine e, nella maggior parte dei casi, il grasso del latte.

La composizione centesimale del formaggio (Tab. 8) è determinata dal tipo di lavorazione utilizzata. In linea di massima la caseina e il grasso vengono quasi interamente trattenuti nella cagliata, mentre i composti solubili, quali lattosio, sieroproteine ed alcuni sali, vengono in gran parte persi nel siero, rimanendo nel formaggio in quantità proporzionale al suo contenuto di acqua cioè al grado di spurgo subito dalla cagliata.

Il contenuto in grasso dei formaggi rappresenta sia un possibile criterio di classificazione (Tab. 9) che un indice analitico di interesse nutrizionale. In realtà, questo parametro è spesso poco

Tabella 8

Caratteristiche compositive medie (% sul prodotto) di alcuni tipi di formaggio e della ricotta.

Formaggio	Umidità	Grasso	Proteine	Sali minerali
Tipo caprino	60-70	9-25	10-15	2,0
Mozzarella vaccina	60	20	17	2,3
Crescenza	57	22	18	2,5
Taleggio	50	26	20	3,5
Gorgonzola	45	30	21	3,9
Fontina	39	31	25	4,5
Emmenthal	37	29	30	3,8
Provolone	38	30	28	4,0
Pecorino	33	32	27	8,0
Parmigiano Reggiano e Grana Padano	30	29	35	5,0
Ricotta	50-70	5-20	15-23	2-3

significativo se non viene valutato insieme al contenuto di acqua del formaggio stesso. A parità di peso, un formaggio “grasso” ma ricco di acqua, come la Crescenza, apporta meno grasso di un formaggio “semigrasso” ma contenente meno acqua, come il Grana Padano o il Parmigiano Reggiano.

Degli aspetti nutrizionali che coinvolgono la componente lipidica si è già discusso. Tuttavia, una corretta valutazione dietetica deve necessariamente considerare anche la componente proteica e minerale che il formaggio apporta.

Molto interessante è la differenziazione dei formaggi sulla base del processo biochimico preminente che può caratterizzarne la maturazione (vedi Tab. 9). Infatti, i fenomeni fermentativi ed

enzimatici favoriscono la formazione di caratteristiche non solo organolettiche ma anche nutrizionali, di digeribilità e in certi casi probiotiche, che fanno del formaggio un prodotto a diversificazione illimitata e le cui composizioni sommarie centesimali costituiscono sfumate e solo indicative rappresentazioni.

Si consideri, ad esempio, che i formaggi a maturazione lattica o lattico-proteolitica hanno una carica in fermenti lattici vivi e vitali paragonabile a quella dello yogurt (Tab. 10).

Inoltre nei formaggi a maturazione prolungata, in cui spesso la proteolisi prevale sugli altri fenomeni enzimatici, avviene tutta una serie di modificazioni con liberazione di composti azotati di alto valore biologico quali gli amminoacidi.

Tabella 9

Possibili criteri di classificazione dei formaggi.

Criterio	Parametro	Classificazione	Esempi
Contenuto lipidico	grasso (% s.s.**)	grassi (> 42%)	Crescenza (50%) 21% s.t.q.*
		semigrassi (36-41%)	Grana Padano e Parmigiano Reggiano (38%) 26% s.t.q.
		leggeri (20-35%)	formaggi vari (25%) 7% s.t.q.
		magri (< 20%)	formaggi vari (19%) 5% s.t.q.
Consistenza	umidità (%)	molli (45-70%)	Crescenza (58%)
		semiduri (35-45%)	Fontina (39%)
		duri (30-38%)	Grana Padano e Parmigiano Reggiano (33%)
Durata della maturazione	tempo	freschi (< 1 gg)	tipo "caprino" e "Quarg" Mozzarella
		rapida (< 1 mese)	Crescenza (6 gg)
		media (1-6 mesi)	Taleggio (2 mesi)
		lenta (> 6 mesi)	Grana Padano e Parmigiano Reggiano (12 mesi)
Tipo di maturazione	processo biochimico preminente	lattica	tipo "caprino" e "Quarg"
		lattico/proteolitica	Crescenza
		proteolitico/lipolitica	Taleggio, Grana Padano e Parmigiano Reggiano
		lipolitico/proteolitica	Provolone

* % sul prodotto tal quale
** % sulla sostanza secca

Questi ultimi possono rappresentare fino al 20% dell'azoto proteico del Grana Padano o del Parmigiano Reggiano, formaggi che rappresentano quindi una fonte di proteine prontamente assimilabili.

Altre caratteristiche compositive nutrizionalmente interessanti sono il con-

tenuto in lattosio, in calcio e in sodio e la presenza di prodotti di degradazione dei grassi (vedi Tab. 10).

Ognuno di questi parametri può rappresentare un criterio di scelta per l'inserimento del formaggio nella dieta di soggetti con particolari esigenze nutrizionali o dietetiche.

Tabella 10

Caratteristiche compositive, biochimiche e nutrizionali medie di alcuni tipi di formaggio.

Formaggio	Lattosio (%)	Fosforo (mg/100 g)	Calcio (mg/100 g)
Tipo caprino	1,5-2	60	100
Mozzarella vaccina	1,5-2	150	290
Crescenza	1,5-2	150	300
Taleggio	0	280	310
Gorgonzola	0	350	600
Fontina	0	560	870
Emmenthal	0	640	1020
Provolone dolce	0	400	900
Pecorino	0	670	1000
Parmigiano Reggiano e Grana Padano	0	680	1160

FORMAGGI FUSI

I formaggi fusi sono particolari preparazioni alimentari ottenute dalla fusione a caldo (80-100 °C), in presenza di acqua e di sali di fusione, di miscele contenenti prodotti e sottoprodotti lattiero-caseari: formaggi, burro, crema, polveri di latte e siero, proteine del latte.

L'uso di sali di fusione, quali i citrati e i polifosfati di sodio, consente di ottenere un prodotto più o meno cremoso, facilmente fondibile e dispersibile a caldo. Queste proprietà derivano dalla capacità di questi composti di sequestrare il calcio disgregando le micelle caseiniche e contribuendo a stabilizzare l'emulsione di grasso. I polifosfati hanno anche grande capacità di ritenere acqua.

In generale i formaggi fusi vengono ottenuti da materie prime diverse, in particolare da formaggi scarsamente valorizzabili e recuperabili per altra via. Non esistono inoltre norme precise sulla quantità e qualità degli ingredienti utilizzabili per la preparazione dei formaggi fusi.

Come logica conseguenza, la qualità di questi prodotti è strettamente legata, più di quanto avvenga per altri derivati lattieri, alla serietà del produttore.

Per le temperature e le materie prime utilizzate nella loro preparazione, i formaggi fusi si caratterizzano spesso per un danno termico elevato conseguente ai processi di fusione e sterilizzazione finale del prodotto e riconducibile prevalentemente a una intensa reazione

NaCl (%)	Proteolisi	Lipolisi	Microflora lattica (UFC/g)	Valore energetico (kcal/100 g)
1,0	assente	assente	10 ⁹ -10 ¹⁰	140-280
1,0	assente	assente	10 ⁸ -10 ⁹	230
1,9	leggera	assente	10 ⁸ -10 ⁹	280
2,1	media	leggera	poco significativa	320
3,5	media	forte	poco significativa	360
1,1	media	leggera	poco significativa	380
1,6	media	leggera	non significativa	380
2,9	leggera	leggera	non significativa	360
5,5	media	forte	non significativa	370
1,6	forte	media	non significativa	390

di Maillard e a reazioni di *cross-link* tra amminoacidi.

Questi fenomeni riducono la quantità di lisina disponibile e possono originare artefatti nutrizionali che meritano un'attenta valutazione soprattutto se considerati nell'ottica dell'utilizzatore finale.

Non bisogna infatti dimenticare che una discreta fascia di consumatori di formaggi fusi è costituita da bambini. La preferenza accordata a questi formaggi deriva sia dalla praticità di uso (ad es. confezioni monodose) sia dalle loro caratteristiche di spalmabilità e di solubilità.

D'altra parte proprio nei formaggi fusi destinati ai bambini spesso viene utilizzato, tra le materie prime, siero in

polvere che, contenendo circa il 70% di lattosio, predispone il formaggio a un'intensa reazione di Maillard durante la fusione. In questi prodotti il lattosio concorre a un leggero addolcimento del sapore del formaggio, aumentandone così l'apprezzamento da parte dei bambini. Se si considera che la maggior parte dei formaggi fusi del commercio presenta valori di umidità molto simili (40-50%), l'elevato contenuto in lattosio compensa a livello ponderale un minor contenuto proteico. Viene così aumentata la componente energetica del prodotto a scapito di quella plastica.

Queste problematiche di carattere nutrizionale si affiancano a quelle create dall'uso dei polifosfati. Infatti, l'effetto sequestrante esercitato dai polifosfati sul

calcio, indispensabile a livello tecnologico, si accompagna a una minore assimilabilità del calcio stesso (in considerazione anche dell'alterato rapporto Ca/P dell'alimento), privando il formaggio di una parte, seppur modesta, di componenti nutrizionalmente interessanti.

Come ultima considerazione occorre ricordare che i formaggi fusi sono alimenti praticamente sterili. Ciò comporta da un lato una grande affidabilità igienica ed una prolungata conservabilità (*shelf-life*), ma dall'altro anche la mancanza di quelle proprietà probiotiche precedentemente descritte per il formaggio tradizionale che dovrebbe essere sempre visto come alimento "vivo".

RICOTTA

Da un punto di vista legale la Ricotta non è un formaggio in quanto non è ottenuta dal latte ma dal siero, che è un suo sottoprodotto, per coagulazione delle proteine solubili mediante acidificazione e riscaldamento.

La tecnologia di produzione della ricotta prevede il riscaldamento a 70-90 °C del siero residuo dalla caseificazione e la successiva aggiunta di acidi organici (solitamente citrico) o di siero acido in proporzioni diverse in funzione della

provenienza della materia prima. La massa proteica coagulata che affiora alla superficie viene separata dal liquido restante (scotta) e posta in forme o "fustelle".

La Ricotta da siero di latte vaccino presenta la composizione chimica riportata in Tabella 8. Contrariamente a quanto normalmente ritenuto, essa può presentare un discreto contenuto di grasso mal collocandosi in diete che escludono apporti di grassi animali. Il minor contenuto possibile di grasso è ottenuto preparando la Ricotta a partire da siero scremato.

All'aspetto nutrizionale accennato si affianca, non meno importante, quello microbiologico. La Ricotta è un prodotto ricco di acqua e privo di una significativa carica di batteri lattici vivi: è quindi facilmente alterabile se conservata in condizioni igieniche non idonee.

Bisogna infine ricordare che sono oggi presenti sul mercato prodotti denominati "ricotta" ma preparati a partire da miscele di siero di latte con latte. Questi prodotti sono di conseguenza assimilabili più ai coprecipitati delle proteine del latte, cioè all'insieme delle frazioni caseiniche e sieroproteiche separate del latte per coagulazione acidotermica, che non alla Ricotta così come tradizionalmente intesa.

LO YOGURT E I LATTI FERMENTATI

Viene definito **yogurt** il prodotto della fermentazione lattica del latte, senza sottrazione di siero, ad opera di *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* var. *bulgaricus*. L'attuale tecnologia di produzione dello yogurt (Fig. 4) prevede che il latte, dopo essere stato eventualmente sottoposto a correzione del titolo in grasso, venga concentrato per evaporazione fino a ottenere un aumento del residuo secco magro dal 9% a circa il 10%. Viene quindi eseguita una energica omogeneizzazione prima di riscaldare il latte a circa 90-95 °C per 5-10 minuti. Queste operazioni hanno lo scopo di favorire la successiva formazione di un coagulo di consistenza viscosa, cremosa, e di minimizzare lo spurgo di siero. Inoltre, il forte riscaldamento rende igienicamente sicuro il prodotto e crea un ambiente adatto alla crescita dei batteri lattici che vengono aggiunti dopo aver raffreddato il latte a 40-45 °C. Il latte inoculato può quindi subire la fermentazione o direttamente nelle confezioni di vendita (yogurt a coagulo compatto) o in appositi serbatoi fermentatori da cui viene poi prelevato per il confezionamento.

In entrambi i casi l'eventuale aggiunta di frutta (in forma di pezzi o marmellata) viene effettuata subito prima del confezionamento. Una volta completata la fermentazione, lo yogurt deve essere refrigerato a 4 °C e conservato a questa temperatura fino al consumo al fine di conservare vivi e vitali i batteri lattici presenti.

Nel corso della fermentazione non si verificano sensibili modifiche del contenuto proteico e lipidico i cui valori, riportati in Tabella 11, sono funzione della quantità di acqua evaporata in precedenza. Il lattosio diminuisce a valori di 3,8-4,2 g/100 g parallelamente alla produzione di acido lattico (circa 1,0-1,2 g/100 g) che provoca la coagulazione del latte portandone il pH a valori di circa 4,0-4,6. La coagulazione avviene senza lo spurgo di siero in quanto l'interazione provocata dal calore tra sieroproteine denaturate (fortemente idrofiliche) e caseina preserva lo stato di idratazione del coagulo.

Con la fermentazione vengono inoltre prodotti gli aromi caratteristici dello yogurt: principalmente acetoino (0,25-0,4 mg/100 g), acetone (0,1-0,4 mg/100 g) e diacetile (0,05-0,1 mg/100 g).

L'importanza dello yogurt nell'alimentazione va anche attribuita alla pre-

Figura 4

Schema di produzione dello yogurt.

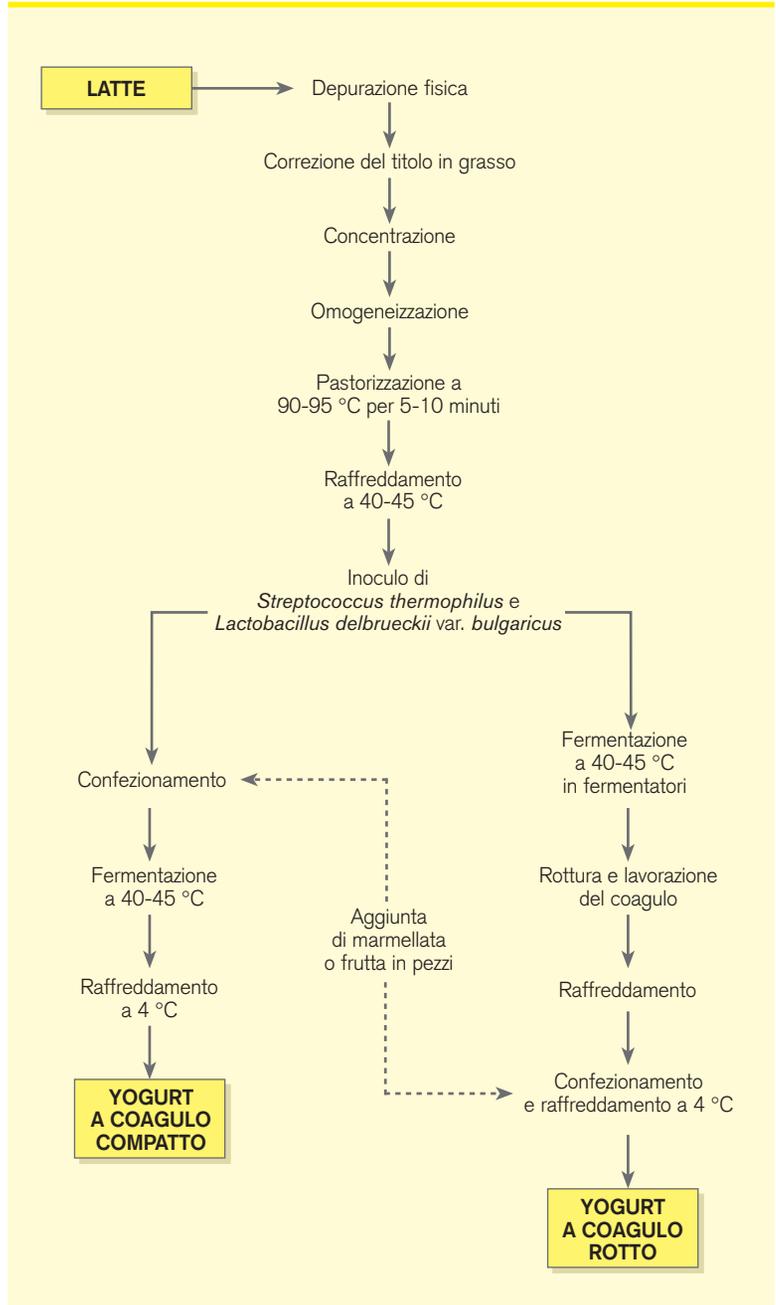


Tabella 11

Composizione centesimale media dello yogurt.

Componente	Valori
Zuccheri (g/100 g):	
lattosio	3,8-4,2
glucosio	tracce
galattosio	1,0-1,2
saccarosio (yogurt condito)	5-15
Proteine (g/100 g)	3,5-3,8
Grasso (g/100 g):	
scremato	0,1
intero	4-4,8
<i>Streptococcus thermophilus</i> (UFC/g)	≥ 10 ⁶
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> var. <i>bulgaricus</i> (UFC/g)	≥ 10 ⁶
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. delbrueckii</i> var. <i>bulgaricus</i> (UFC/g)	10 ⁷ -10 ⁹

senza di microrganismi vivi e vitali che hanno un ruolo nell'equilibrio della microflora intestinale. In base alle indicazioni del Ministero della Sanità e alle norme UNI (norma U59.09.100.0) è necessario che al momento del consumo lo yogurt contenga almeno 10⁷ microrganismi per grammo, di cui almeno 10⁶ devono appartenere ad una delle due specie caratteristiche dello yogurt. Tali valori dovrebbero essere quelli minimi necessari perché i batteri lattici possano superare la barriera gastrica e prendere il sopravvento sulla microflora intestinale presente svolgendo così un effetto probiotico. I batteri lattici consentono di aumentare la digeribilità del

lattosio negli individui che non tollerano questo zucchero.

In funzione del ceppo questi batteri hanno inoltre un effetto stimolante o inibente la mobilità gastrointestinale e, grazie alla loro attività fermentativa e alla produzione di batteriocine, esercitano un'azione inibente verso lo sviluppo di alcuni batteri patogeni. Ciò è utile nella cura di alcuni disturbi intestinali quali le diarree.

In alcuni latti fermentati sono aggiunti, oltre a *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* var. *bulgaricus*, anche *Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium* di varia specie. Questi ultimi esercitano un effetto barriera ancora maggiore nell'int-

stino, probabilmente a causa della produzione di acido acetico oltre a quella di acido lattico. Essi hanno inoltre la capacità di ridurre nel colon i livelli di alcuni enzimi, quali la β -glucuronidasi, l'azoreduttasi, la nitroreduktasi e l'acido glicolico idrolasi che sono implicati nella conversione di sostanze procarcinogene a carcinogene quali nitrosammine e sali biliari secondari. Ciononostante, non esistono ancora evidenze definitive a favore dell'effettiva utilità dello yogurt e dei lattici fermentati nella prevenzione del tumore al colon e al retto, anche se recenti studi epidemiologici mostrano una correlazione inversa fra questi tumori e il consumo di tali alimenti.

Per l'importante ruolo svolto dai batteri lattici nell'intestino, vengono oggi prodotti "lattici speciali" costituiti da latte fresco pastorizzato o da latte pastorizzato addizionato di *Lactobacillus acidophilus*. Questo microrganismo, uno dei principali rappresentanti della microflora del piccolo intestino, non è in grado di svilupparsi in condizioni di refrigerazione del latte per cui non ne altera il gusto.

IL BURRO

Il burro viene prodotto a partire dalla panna del latte, ottenuta per centrifuga-

zione (panna dolce) o affioramento (panna acida), o dalla panna di siero (panna acida) (Fig. 5). Vengono solitamente utilizzate panne con titolo in grasso del 30-40%, quindi più alto delle panne da cucina o da montare (circa 20-30%). Prima di essere lavorata, la panna viene energicamente pastorizzata (es. 90-95 °C per 30 sec) al fine di garantire la distruzione della microflora vegetativa presente e facilitare così lo sviluppo dei microrganismi che potranno essere aggiunti nella successiva fase di maturazione.

All'inizio della maturazione la panna viene raffreddata a 6-11 °C per 2-4 ore in funzione del contenuto relativo di acidi grassi insaturi al fine di conferire al burro finale una consistenza adeguata (maturazione fisica). Se alla panna sono stati aggiunti fermenti (*Lactococcus lactis* e *Leuconostoc citrovorum*) per effettuare anche una maturazione di tipo biologico (fermentativa), la temperatura viene successivamente portata a 15-21 °C al fine di favorire l'attività dei batteri lattici. Questi fermentano il lattosio e l'acido citrico producendo le sostanze che conferiscono il tipico aroma al burro: acetoino e diacetile (circa 1 mg/kg burro). In questa fase si svolge anche una fermentazione lattica che, acidificando la panna, facilita la burrificazione, ne aumenta la resa e implementa il gusto finale.

Le panne già acidificate e parzialmente aromatizzate a seguito dell'attività dei batteri lattici nelle vasche di scrematura o nelle vasche di affioramento (panne acide) vengono sottoposte alla sola maturazione fisica. La panna maturata viene quindi burrificata, cioè sottoposta a un processo di agitazione meccanica a freddo (temperatura < 15 °C) durante il quale si svolge l'inversione delle fasi: i globuli di grasso, inizialmente emulsionati nella fase acquosa, si aggregano formando una fase continua (burro) in cui rimane dispersa una certa quantità di fase acquosa (latticello).

Il burro viene quindi lavato con acqua e sottoposto a una serie di impastamenti al fine di eliminare il latticello residuo e i microrganismi in esso presenti così da aumentarne la conservabilità. La fase acquosa residua è dunque costituita da latticello molto diluito e risulta dispersa in goccioline di dimensioni inferiori a 20 µm nelle quali i pochi batteri lattici presenti non trovano quantità di nutrienti sufficienti per svilupparsi. Per tali ragioni il burro può essere conservato a 4 °C per un tempo prolungato anche se, solitamente, viene conservato a temperature molto inferiori (-10/-15 °C). Al termine dell'impastamento il burro può essere addizionato di sale in ragione di 0,3-3 g/100 g, a seconda che si tratti

di burro ottenuto da panna acida, ovvero sottoposto a maturazione biologica, o di burro da panna dolce. Il burro così ottenuto è costituito da almeno 82% di grasso, mentre la rimanente quota è rappresentata essenzialmente da acqua, sale e tracce di composti azotati. Rispetto alla composizione lipidica del latte, il grasso del burro contiene una minore quantità di fosfolipidi che vengono persi nel latticello. I trigliceridi rappresentano il 98% della frazione grassa e il colesterolo lo 0,3%.

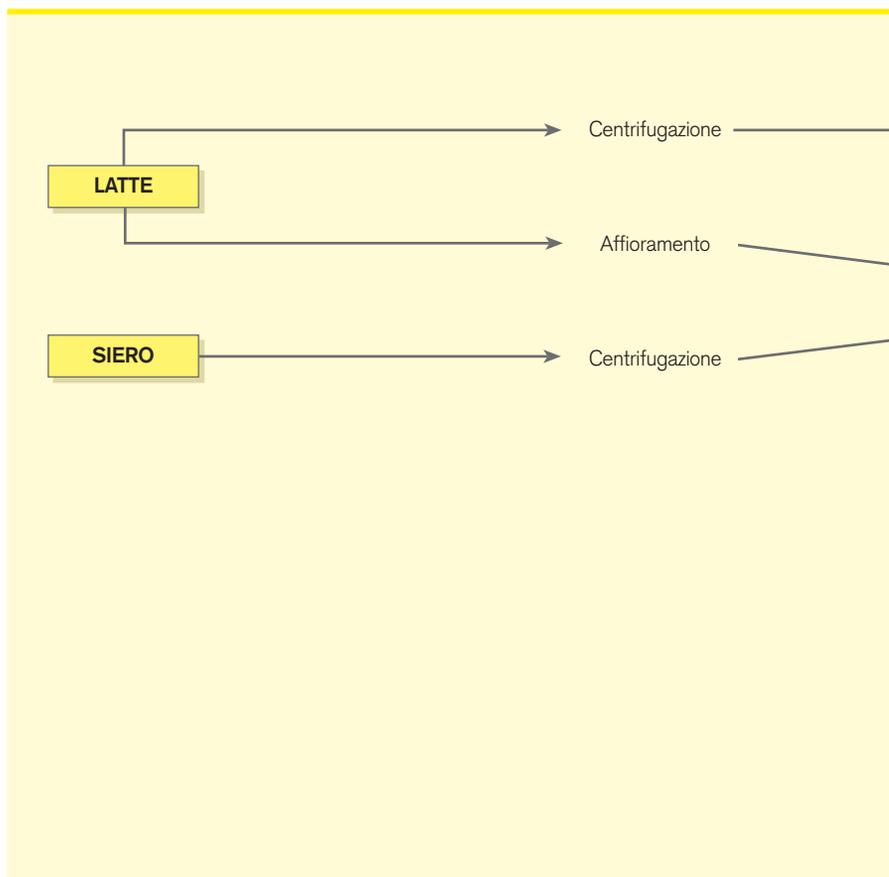
Da un punto di vista nutrizionale, oltre al colesterolo apportato dal burro, deve essere considerato anche l'effetto ipercolesterolizzante dovuto alla presenza di acidi grassi saturi C12 (3% circa degli acidi grassi), C14 (11% circa degli acidi grassi) e C16 (30% circa degli acidi grassi). Detti acidi grassi sono invece assenti negli oli vegetali, o presenti in piccola quantità.

Fra gli acidi grassi essenziali è presente, in quantità limitata, l'acido linoleico (2 g/100 g di acidi grassi totali), mentre gli acidi linolenico e arachidonico sono presenti solo in tracce.

Sono oggi in commercio tipi di burro con contenuto di grasso inferiore all'82% e per questo definiti leggeri a ridotto tenore di grasso (60-62% in materia grassa) o leggeri a basso tenore

Figura 5

Schema di produzione del burro.



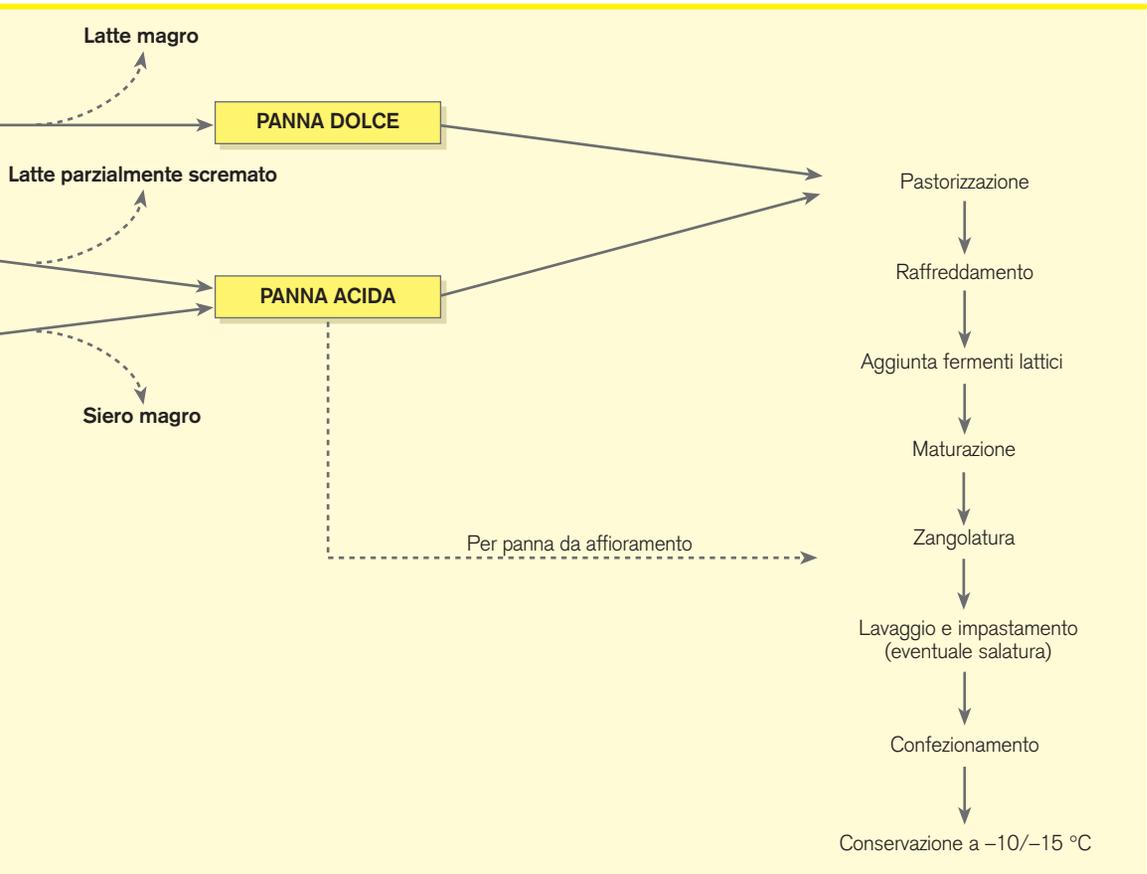
re di grasso (40-42% in materia grassa). In questi casi la parte non grassa è costituita da acqua e da una quota di proteine del latte che svolgono la funzione di addensanti.

Oggi viene anche prodotto burro a ridotto contenuto di colesterolo che, per ora, non può essere definito commercialmente tale. In questo prodotto il contenuto in colesterolo risulta ridotto

del 90-95% rispetto a quello del burro tradizionale.

I PEPTIDI AD ATTIVITÀ BIOLOGICA

In questi ultimi anni le conoscenze acquisite in materia di fisiologia e biochimica della nutrizione hanno dimo-



strato che l'assunzione di prodotti lattieri coinvolge aspetti che vanno ben oltre il semplice apporto di nutrienti. Infatti numerosi composti minori presenti nel latte quali ormoni, fattori di crescita e sostanze antibatteriche possono svolgere un ruolo importante nell'alimentazione dell'individuo ed in particolare nella crescita e nello sviluppo del lattante.

Recentemente la ricerca in questo settore si è orientata verso una particolare categoria di composti "biologicamente attivi": si tratta di **peptidi** presenti in uno stato inattivo nella sequenza primaria di alcune proteine del latte e che, una volta liberati da queste ultime per idrolisi enzimatica, possono influenzare alcune funzioni biologiche dell'organismo umano (Tab. 12).

Tabella 12**Peptidi bioattivi derivanti dalle proteine del latte.**

	Proteina precursore	Funzione biologica
Casomorfine	β -caseina	oppioidi agonista
Esofine	α_{s1} -caseina	oppioidi agonista
α -Lattorfine	α -lattalbumina	oppioidi agonista
β -Lattorfine	β -lattoglobulina	oppioidi agonista
Serorfine	BSA	oppioidi agonista
Casoxine	κ -caseina	oppioidi antagonista
Fosfopeptidi	α_{s1} , α_{s2} e β -caseina	carrier di sali minerali
Casochinine	α_{s1} e β -caseina	ipotensiva e immunostimolante
Immunopeptidi	α_{s1} e β -caseina	immunostimolante
Lattoferrina	ferritina	immunostimolante
Casopiastrine	κ -caseina	antitrombotica

PEPTIDI OPIOIDI

I peptidi con attività oppioide-simile sono stati i primi e i più studiati composti bioattivi derivanti dalla caseina. Una serie di peptidi chiamati **casomorfine** sono stati ottenuti dall'idrolisi enzimatica *in vitro* della β -caseina vaccina. Altri peptidi oppioidi sono localizzati nelle sequenze: 90-96 della α_{s1} -caseina vaccina (esorfine); 41-44 della β -caseina umana (β -casorfine); 50-53 della α -lattalbumina vaccina ed umana (lattorfina); 399-404 della albumina serica vaccina (serorfina); 102-105 della β -lattoglobulina vaccina (lattorfina). Tutti questi peptidi possiedono un residuo N-terminale di Tyr indispensabile per l'attività oppioide e caratteristico di tipici pep-

tidi oppioidi derivanti da molecole quali la proencefalina.

Peptidi ad attività oppioide e ipotensiva sono stati ritrovati in latte fermentato da ceppi di *Lactobacillus helveticus*.

La presenza nella circolazione ematica di peptidi oppioidi derivati dal latte è stata riscontrata nelle gestanti e nelle donne in lattazione. In questo caso i peptidi si originano dallo stesso latte materno e attraversano il tessuto mammario andando a influenzare il rilascio di ormoni che agiscono sulla lattazione (prolattina e ossitocina) e sull'attività del sistema nervoso centrale.

Alcuni peptidi (**casoxine**) derivanti dalla κ -caseina mostrano un'azione oppioide antagonista per soppressione dell'attività della encefalina.

FOSFOPEPTIDI

Le frazioni caseiniche sono caratterizzate dalla presenza di residui fosfoserinici nella loro struttura primaria. Da queste proteine, per azione delle proteasi gastrointestinali ed in particolare della tripsina, si liberano *in vitro* ed *in vivo* numerosi peptidi fosforilati: frammenti 43-58, 59-79 e 66-74 dalla α_{s1} -caseina; frammenti 46-70 e 1/2-21 dalla α_{s2} -caseina; frammenti 1-25, 1-28 e 33-48 dalla β -caseina. Questi **caseinofosfopeptidi** (CPP), per la loro resistenza all'idrolisi enzimatica, sono ritrovabili nell'intestino e, per la presenza di più residui adiacenti di fosfoserina, sono caratterizzati da un elevato potere chelante verso il calcio. I complessi CPP-Ca sono molto solubili e possono inibire la precipitazione del fosfato di calcio favorendo il trasporto e l'assorbimento di calcio nell'intestino. In particolare i complessi CPP-Ca sono responsabili del trasporto passivo che ha luogo nelle porzioni distali del piccolo intestino per azione della pressione osmotica. In condizioni fisiologiche il calcio assorbito in questo modo è ponderalmente più importante di quello assorbito per trasporto attivo (mediato dalla vitamina D) e si dimostra efficace, indipendentemente dall'apporto di vitamina D, nell'aumentare la calcifi-

cazione ossea nella cura del rachitismo.

Recentemente è stata segnalata la formazione di CPP durante la stagionatura di formaggi a pasta dura quali il Grana Padano per azione combinata della plasmina e di proteasi microbiche.

È stato proposto l'utilizzo dei CPP nella formulazione di dentifrici per la loro capacità di limitare e prevenire la demineralizzazione dell' enamel e fenomeni cariogeni. I CPP ben si prestano a tale scopo anche per l'assenza di effetti allergizzanti. Inoltre, poiché non alterano la palatabilità degli alimenti, potrebbero essere utilizzati quali anticariogeni nelle formulazioni alimentari.

PEPTIDI IPOTENSIVI

Lo studio di idrolizzati triptici di caseina vaccina ha portato alla identificazione di 3 peptidi aventi attività ipotensiva (**casochinine**). Questi peptidi, localizzati nella α_{s1} -caseina (frammenti 23-24, 23-27 e 194-199) e nella β -caseina (frammenti 173-183), inibiscono *in vivo* l'azione dell'enzima (**angiotensin I-converting-enzyme**, ACE) che converte l'angiotensina I.

Altri peptidi ipotensivi sono da tempo noti e presenti nelle sequenze primarie delle caseine umane β e κ , in altre pro-

teine animali (es. gelatina) e vegetali (es. zeina) o nel veleno di alcuni serpenti.

PEPTIDI IMMUNOMODULANTI

Peptidi derivati dalla idrolisi triptica e chimotriptica della α_{s1} - e della β -caseina hanno mostrato *in vitro* la stimolazione dell'attività macrofagica nei confronti di eritrociti senescenti. Un'analoga attività *in vivo* non è stata ancora rilevata benché siano stati individuati sulle cellule fagocitarie umane recettori specifici per alcuni peptidi derivati da caseina umana. Un'azione antibatterica diretta sui batteri Gram negativi e su alcuni lieviti (es. *Candida albicans*) è svolta dalla lattoferricina, un peptide di 25 amminoacidi derivato dall'idrolisi peptica della ferritina. Come la ferritina questo peptide inibisce lo sviluppo dei microrganismi sequestrando il ferro necessario all'attività metabolica, ma a tale meccanismo di azione unisce una vera e propria attività idrolitica nei confronti dei lipopolisaccaridi della membrana batterica esterna.

PEPTIDI ANTITROMBOTICI

Le similitudini esistenti tra coagulazione del sangue e coagulazione presa-

mica del latte hanno indotto a ricercare le analogie tra le sequenze del fibrinogeno umano e la κ -caseina vaccina. Il frammento 106-116 della κ -caseina presenta una similitudine strutturale con il dodecapeptide del fibrinogeno, ma anche una notevole analogia funzionale. Il peptide caseinico citato (casopiastri-na), ottenuto da un idrolizzato triptico, evidenzia *in vitro* una grande attività antitrombotica fissandosi ai recettori piastrinici al posto del fibrinogeno. Un altro peptide della κ -caseina (frammento 103-111) inibisce l'aggregazione piastrinica ma non la formazione del legame specifico del fibrinogeno.

Molte delle attività fisiologiche dei peptidi bioattivi sono state valutate mediante studi *in vitro*; la loro efficacia *in vivo*, soprattutto dopo somministrazione orale, è una questione a tutt'oggi ancora controversa. Infatti per poter spiegare la loro attività i peptidi devono: 1) essere liberati dalle proteine precursori mediante una moderata e specifica proteolisi; 2) essere resistenti alle proteasi del tratto gastrointestinale; 3) essere assorbiti a livello intestinale qualora non esplicino la loro attività *in loco*; 4) raggiungere gli organi specifici senza degradazione da parte di proteasi e peptidasi plasmatiche. Nonostante i problemi descritti, l'assunzione orale di latte o

peptidi da esso derivati determina effetti fisiologici sicuramente accertati (attività oppioide-simile e ipotensiva) anche se sono necessarie ulteriori ricerche sull'attività *in vivo* di queste sostanze.

In particolare esiste la necessità di acquisire una più approfondita conoscenza del ruolo svolto dai biopeptidi nell'alimentazione del neonato e dell'adulto, nonché degli effetti dei processi tecnologici sulla biodisponibilità e biofunzionalità di queste sostanze.

LATTE DI DONNA E FORMULAZIONI ALIMENTARI SOSTITUTIVE

Vari fattori possono limitare l'allattamento al seno, quali la nascita prematura, la presenza di contaminanti o farmaci pericolosi per il lattante, malattie specifiche o ragioni psicologiche.

Per alcuni di questi casi è necessario ricorrere all'uso di formulazioni alimentari con caratteristiche compositive simili quanto più possibile al latte materno. Fra i fattori che condizionano la qualità di questi alimenti sostitutivi è di notevole rilievo l'apporto energetico complessivo. Il livello di 70 kcal/100 ml consigliato dalla FAO/WHO sembra essere eccessivo rispetto alle reali esigen-

ze del lattante per il quale apporti energetici prossimi a 60 kcal/100 ml appaiono più rispondenti a una corretta alimentazione e tale valore minimo è quello previsto dalle norme della Unione Europea sulle formulazioni alimentari per l'infanzia.

In termini compositivi un ruolo particolarmente importante è svolto dalle proteine che, oltre ad avere una funzione plastica, fungono da apportatori di aminoacidi precursori nella biosintesi di neurotrasmettitori. Formulazioni alimentari con apporti proteici insufficienti, o sbilanciati per composizione aminoacidica, possono pertanto condizionare negativamente lo sviluppo neurologico del lattante. L'apporto proteico del **latte materno** varia nel corso della lattazione da 1,65 g/100 kcal (1,95 g/kg die) a 1,31 g/100 kcal (1,18 g/kg die) dopo sei mesi di lattazione. Nella formulazione di latti umanizzati deve essere tuttavia considerata la possibilità che il fabbisogno proteico effettivo risulti maggiore a causa della variabilità di composizione aminoacidica del latte materno durante la lattazione e per una eventuale ridotta digeribilità e biodisponibilità proteica. Tali formulazioni dovrebbero quindi apportare proteine in ragione di 2,2 g/100 kcal per i primi tre mesi di lattazione e successivamente di 1,6 g/100 kcal.

La variabilità amminoacidica del latte materno nel corso della lattazione è dovuta alla variazione del contenuto relativo delle frazioni proteiche presenti. Il rapporto sieroproteine/caseina nella fase iniziale della lattazione è di 90/10 ma si riduce a 60/40 nel latte maturo per divenire 50/50 nella tarda lattazione. Tali valori sono molto differenti da quelli tipici del latte vaccino ed in generale dei ruminati e dei poligastrici nel quale la caseina rappresenta circa l'80% delle proteine (latte caseinosi).

Inoltre, nel latte materno circa il 25% delle sostanze azotate del latte è costituito da sostanze non proteiche (0,25% del latte) rappresentate prevalentemente da urea (circa 50%) che svolge un ruolo marginale nella nutrizione del lattante. Fra le proteine l' α -lattoalbumina è quella ponderalmente più abbondante, rappresentando il 28% delle proteine (41% delle sieroproteine), mentre è assente la β -lattoglobulina. Fra le frazioni caseiniche la β -caseina costituisce quella quantitativamente più rilevante.

Di notevole rilievo è la presenza della lattoferrina (20% delle proteine) che, pur non svolgendo un ruolo di rilievo nell'apporto amminoacidico, favorisce l'assorbimento del ferro, e lo sviluppo intestinale di una microflora bifida e

quindi di un ambiente acido sfavorevole alla crescita di batteri Gram-negativi e di alcuni Gram-positivi patogeni.

Esercita inoltre un'azione positiva nella risposta immunitaria e nella proliferazione cellulare.

Nelle formulazioni per l'infanzia un rapporto sieroproteine/caseine vaccine di 60/40 facilita la formazione di un coagulo con aggregati di minore dimensione e quindi una digestione più rapida, tuttavia il profilo amminoacidico non risulta bilanciato. Il triptofano, precursore della serotonina, risulta presente in quantità limitata e inoltre l'elevata presenza di treonina potrebbe ulteriormente ridurre l'afflusso di triptofano al sistema nervoso centrale influenzando negativamente il corretto sviluppo nervoso del bambino.

La cisteina, utilizzata anche per la sintesi della taurina e agente di protezione verso i danni perossidativi, può anch'essa risultare insufficiente.

L'arricchimento delle formulazioni alimentari per l'infanzia con α -lattoalbumina e lattoferrina permette di ottenere un prodotto più bilanciato in termini proteici.

Meno variabile delle proteine è la composizione del grasso del latte umano che è costituito per il 98% da trigliceridi, per l'1,3% da fosfolipidi e per lo

0,4% da colesterolo. Fra i costituenti del grasso un ruolo particolarmente importante è svolto dagli acidi grassi polinsaturi essenziali, quali linoleico (C18:2 n-6) e linolenico (C18:3 n-3). I loro derivati quali l'acido arachidonico (C22:4 n-6) e l'acido docosaesaenoico (C22:6 n-3) divengono essenziali quando non possono essere biosintetizzati come nel caso di nascite premature.

Questi acidi grassi rientrano nella composizione delle membrane cellulari e in particolare di quelle neuronali svolgendo un ruolo di rilievo nel primo sviluppo del cervello oltre che della retina. Lo sviluppo della retina e la capacità di apprendimento vengono ridotte irreversibilmente se non vengono accumulate durante lo sviluppo quantità sufficienti di acido docosaesaenoico.

La capacità di sintesi degli acidi polinsaturi C22 nei neonati potrebbe non essere sufficiente e pertanto un bilanciato apporto di acidi grassi C18 e C22 polinsaturi deve essere presente in una corretta formulazione latte per l'infanzia.

Nel latte umano il lattosio, presente in quantità di 7-8%, rappresenta l'85% degli zuccheri. La rimanente parte è costituita principalmente da monosaccaridi (0,05-0,1% del latte), da trisaccaridi e altri oligosaccaridi (1-1,3% del latte) in cui sono presenti glucosio, galattosio,

N-acetil-glucosammina, fucosio e acido sialico. Questi zuccheri, oltre alla loro funzione nutrizionale, svolgono un'attività che stimola lo sviluppo della microflora bifida. Il fucosio e l'acido sialico sono inoltre utilizzati per la sintesi di glicoproteine e glicolipidi cerebrali. In termini energetici è consigliabile un apporto di carboidrati pari a 8-12 g/100 kcal (5,4-8,2% del latte).

Nelle formulazioni per l'infanzia è importante la limitata presenza di monosaccaridi come il glucosio in quanto questi zuccheri possono aumentare la pressione osmotica del prodotto causando diarrea. La concentrazione di soluti (monosaccaridi e ioni) nel latte umano è di 273 mOsm e valori prossimi a 300 mOsm caratterizzano solitamente le formulazioni latte per l'infanzia.

Fra gli elementi in tracce, un ruolo di rilievo è svolto dal ferro. Nei neonati "a termine" sono presenti quantità di questo elemento sufficienti per 4 mesi, grazie alle riserve accumulate durante gli ultimi 3 mesi di gestazione e alla degradazione dell'emoglobina durante le prime 6-8 settimane di vita.

Nel latte umano il contenuto di ferro scende da 0,06 mg/100 ml presenti a due settimane di lattazione a 0,03 mg/100 ml al quinto mese. Il 65-81% di questo nutriente è legato alle siero-

proteine ed in particolare il 24-40% è veicolato dalla lattoferrina ed il 19-26% è legato alla membrana dei globuli di grasso.

Nelle formulazioni alimentari il ferro è presente in quantità di 0,5-0,8 g/100 ml di latte (0,7-1,2 mg/100 kcal). Quantità elevate di ferro potrebbero inibire la biodisponibilità dello zinco che è solitamente aggiunto a livelli di 0,4-0,5 mg/100 ml.

Un ultimo importante aspetto compositivo del latte umano investe la presenza di numerosi peptidi ad attività ormonale appartenenti a diversi gruppi fra cui: tiroide-paratiroide, fattori di crescita, regolatori del tratto gastrointestinale, ipotalamo-ipofisari. Questi ormoni sembrano svolgere un ruolo funzionale importante nel lattante grazie alla elevata permeabilità del tratto gastrointestinale e della bassa attività proteolitica.

Ormoni e peptidi ad attività biologica sono presenti anche nel latte vaccino ma la loro concentrazione può essere molto diversa e differientemente variabile nel corso della lattazione.

IL LATTE IN POLVERE

La disidratazione consente di concentrare i costituenti del latte renden-

doli conservabili a temperatura ambiente per oltre un anno. La tecnologia di produzione del latte in polvere prevede che il latte, dopo essere stato corretto del suo contenuto in grasso, venga trattato termicamente in modo da ottenere un effetto equivalente almeno ad una pastorizzazione. Possono essere applicati trattamenti termici più intensi fino a 120 °C per alcuni minuti per produrre latte in polvere da utilizzare quale ingrediente nella produzione di particolari prodotti, come quelli da forno o il cioccolato. In seguito il latte viene concentrato fino a ridurre la quantità d'acqua del 75%. Di norma questa fase viene condotta per evaporazione sotto vuoto in modo che la temperatura non superi i 65-70 °C e si svolge in pochi minuti in modo da non danneggiare ulteriormente i costituenti del latte. Il latte concentrato viene quindi essiccato nebulizzandolo in un flusso d'aria riscaldata a 160-220 °C così da ottenere una rapidissima disidratazione.

Al termine di questo processo, definito spray, il contenuto di acqua scende ad 1-3%. Alcune modifiche alla velocità del processo di essiccazione permettono di conferire al prodotto essiccato una rapida e completa solubilità.

La composizione finale del latte in polvere ottenuto con questa tecnologia

Tabella 13

Composizione media (g/100 g) del latte intero in polvere e del latte scremato in polvere.

	Latte intero	Latte scremato
Acqua	1-5	1-5
Grasso	26-28	0,5-2
Lattosio	40	51-55
Sostanze azotate	22-24	33-38
Sali minerali	8	10-11

è quella descritta in Tabella 13. Nel corso della fase di essiccazione si verifica una intensa reazione di Maillard a causa dell'elevata concentrazione di proteine e lattosio raggiunta e della temperatura relativamente elevata della polvere.

Poiché tale reazione è più intensa di quella indotta dal processo di sterilizzazione UHT, la perdita di valore biologico delle proteine nel latte in polvere può anche essere rilevante.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Alais C
Scienza del latte. 2ª edizione.
Tecniche Nuove, Milano, 1984.

Advanced Dairy Chemistry
Volume 1 – Proteins. (Patrick F Fox ed). Elsevier Applied Science, London, 1992.

Advanced Dairy Chemistry
Volume 2 – Lipids. 2ª edizione (Patrick F Fox ed). Elsevier Applied Science, London, 1995.

Advanced Dairy Chemistry
Volume 3 – Lactose, water, salts and vitamins. (Patrick F Fox ed). Elsevier Applied Science, London, 1997.

Autori vari
Role of Milk Protein in Human Nutrition.
Bulletin of the International Dairy Federation, 253, 1990.

β -Casomorphins and Related Peptides: Recent developments.
(Victor Brantl e Hansjörg Teschemacher ed). VCH, Weinheim, 1994.

Heat Treatments and Alternative Methods.
Proceedings of the IDF Symposium – Vienna (Austria), 6-8 Settembre 1995. Special Issue of the International Dairy Federation. 9602, 1996.

Tirelli A, De Noni I, Resmini P
Bioactive Peptides in Milk Products.
Italian Journal of Food Science 9 (2): 91, 1997.

Walstra P, Jenness R
Dairy Chemistry and Physics.
John Wiley & Sons, New York, 1984.

A LIMENTI CARNEI E ALIMENTI ITTICI

C. CANTONI*, G. CASERIO**

* Cattedra di Ispezione e Controllo dei Prodotti Alimentari di Origine Animale
Facoltà di Veterinaria – Università degli Studi di Milano

** Cattedra di Patologia Animale e Ispezione delle Carni
DISTAM Facoltà di Agraria – Università degli Studi di Milano

PREMESSA

Negli anni '50 il modello alimentare italiano ha subito notevoli cambiamenti a causa soprattutto dei mutamenti nelle abitudini di vita dei consumatori: vi è stato un progressivo passaggio da una dieta basata sui farinacei e sulle proteine vegetali a una dieta più varia, composta da ortaggi, frutta e, soprattutto, proteine di origine animale.

Nel passato più recente, il consumo di carne per gli italiani non ha significato tanto il punto di arrivo di una buona nutrizione, quanto la difesa di una

conquista sociale. Negli ultimi anni di questo millennio si può vedere che, dopo decenni di rilevante incremento, il mercato delle carni sembra destinato a una graduale inversione di tendenza.

Questa evoluzione risulta chiara nella Tabella 1.

Le ragioni di questo affievolimento d'interesse per l'alimento carne sono molteplici e si possono individuare nell'aumentata richiesta di pasti fuori casa da consumarsi velocemente (spesso non a base di carne), in un ritorno ampia-

Tabella 1

Consumi di carne in Italia (kg annuali pro capite) dal 1990 al 1996 (elaborazione Dolp's Studio, su dati ISTAT e Una).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Bovina	26,6	25,4	25,1	25,5	24,9	24,5	22,9
Suina	27,0	26,6	26,9	27,4	27,3	27,4	28,1
Pollame	18,8	18,8	18,9	18,7	18,8	18,8	19,2
Coniglio e selvaggina	4,0	4,2	4,3	4,3	4,3	4,2	4,1
Equina	1,3	1,3	0,9	0,7	0,7	1,0	0,9
Ovicaprina	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2
Frattaglie	3,8	3,9	4,0	3,4	4,0	3,8	3,6
Totale	83,2	81,7	81,5	81,4	81,3	80,9	80,0

mente divulgato alla dieta mediterranea, negli orientamenti dei dietologi, in una certa diffidenza del consumatore verso un prodotto non sempre genuino e sicuro, nella perdita di immagine di *status* delle carni e infine nell'incertezza circa l'origine del prodotto che resta così anonimo.

Le carni che più hanno accusato le conseguenze di questo stato di cose sono quelle bovine, a fronte di un significativo incremento dei consumi di carni bianche di pollame e di carni suine.

La continua ricerca intesa a ottenere carni magre e a basso contenuto di colesterolo, ha avuto successo; noti nutrizionisti e famosi scienziati hanno mutato atteggiamento verso questo alimento che oggi ha cambiato profondamente la sua composizione chimica fondamentale (un etto di carne di maiale, ad esempio, contiene circa 6 grammi di grasso contro i 20 grammi di dieci anni fa).

PROBLEMATICHE RELATIVE AL CONSUMO DI CARNI

Problematiche circa il consumo di carni e prodotti carnei ve ne sono sempre state: da quelle igienico-sanitarie a quelle più squisitamente nutrizionistiche e dietologiche. Alle problematiche igie-

nico-sanitarie del passato (Salmonellosi, malattie da parassiti, utilizzo fraudolento di sostanze ad azione ormonale), si sono aggiunti negli anni recenti altri rischi, dovuti sia a nuove patologie, sia a consuetudini alimentari che promuovono il consumo di carni crude.

Da una decina d'anni la *listeriosi* è stata riconosciuta malattia di origine alimentare ed episodi infettivi dovuti a consumi di prodotti carnei inquinati da questo microrganismo si sono verificati in diversi paesi europei.

Da pochi anni la sindrome emolitico-uremica dovuta a infezione alimentare sostenuta da *Escherichia coli* verocitotossici colpisce i consumatori di carni macinate crude o poco cotte (la malattia da hamburger degli Stati Uniti d'America).

Da ultimo, il problema delle encefalopatie spongiformi dei bovini e degli ovini, sostenute da particelle infettanti proteiche denominate "agenti trasmissibili non convenzionali" ha fatto crollare il mercato delle carni bovine nel nostro paese. Anche la questione del divieto di importazione nella Comunità Europea di carni bovine americane prodotte con l'ausilio di ormoni è attuale e suscita allarmismo nel consumatore. Da ultimo, la problematica delle patologie cosiddette occulte (cioè *zoonosi* di difficile diagnosi

senza l'ausilio di metodiche di laboratorio) può complicare il quadro relativo alla sicurezza di consumo di carni.

Sicurezza che è basata fortemente sull'efficienza del nostro sistema ispettivo di controllo negli allevamenti, al mattatoio, negli spacci di vendita, nei frigoriferi delle mense per collettività, nei depositi.

Infatti le carni sono senza ombra di dubbio gli alimenti che subiscono il maggior numero di controlli, imposti da leggi ben precise e molto rigorose.

A partire dalle visite veterinarie in

allevamento, seguitando con i certificati di origine e sanità che scortano gli animali trasportati al macello; quindi con una visita *ante-mortem* prima della macellazione e una *post-mortem* prima della bollatura delle carni destinate al consumo umano.

In conclusione, il sistema di controllo ha dimostrato grande efficienza nel nostro paese, dove, di conseguenza, risultano minimizzate le malattie alimentari dovute a consumo di carni e prodotti carnei che in altri paesi hanno prodotto gravi situazioni di rischio.

ALIMENTI CARNEI E ITTICI

Gli **alimenti carnei** comprendono le carni fresche, le preparazioni di carne e prodotti di trasformazione delle carni.

Per **carni fresche** la legislazione Comunitaria e quella del nostro paese intendono quelle carni che non hanno subito alcun trattamento per prolungare la loro conservabilità, se non l'applicazione del freddo (refrigerazione, congelamento, surgelazione).

Per **prodotti carnei** si intendono quelli che hanno subito trattamenti quali la salagione, l'essiccamento, l'affumicamento, la stagionatura, l'uso di conservanti, l'uso del calore (pastorizzazione, cottura, sterilizzazione), per poter risultare stabili per tempi medio-lunghi, in diverse condizioni di conservazione.

Le carni sono le parti molli commestibili degli animali da macello e cioè i muscoli (che costituiscono la carcassa) e i visceri quali fegato, cuore, reni, polmoni, stomaci, che si ottengono dalla macellazione di bovini, suini, ovini e caprini, equini, pollame e coniglio.

Delle carni di pesce e dei prodotti ittici tratteremo specificatamente più avanti.

LA COMMERCIALIZZAZIONE DELLE CARNI

Le carni vengono commercializzate sia sfuse (preincarto o vassoietto ricoperto da film plastico a contatto) sia confezionate (sottovuoto o in atmosfera protettiva): le modalità di confezionamento consentono il prolungamento della vita commerciale, mantenendo inalterati per tempi diversi i caratteri organolettici più importanti: colore, odore, sapore, consistenza.

Tutte le carni fresche sono in realtà carni refrigerate, cioè mantenute a temperature prossime a 0/+2 °C, in modo che sia l'attività enzimatica dei tessuti, sia la proliferazione microbica vengano notevolmente rallentati.

Durante la conservazione allo stato

refrigerato il processo di frollatura si completa e la carne acquista, soprattutto con la cottura, tenerezza e sapore caratteristici.

Le carni devono possedere quei pre-requisiti e requisiti che concorrono a costituire la qualità.

1) qualità igienico-sanitaria, legata all'assenza di sostanze indesiderate (metalli pesanti, micotossine), di residui di pesticidi usati in agricoltura, di residui di farmaci (antibiotici, cortisonici, ormoni), di additivi non consentiti;

2) qualità chimico-bromatologica, definita in base alla composizione centesimale;

3) qualità nutrizionale, come risultato delle proprietà dietetiche e nutrizionali (qualità delle proteine, dei lipidi, ecc.);

4) qualità organolettica (colore, odore, sapore, tenerezza, succosità, ecc.);

5) qualità tecnologica (attitudine alla lavorazione, conservazione, trasformazione).

Insieme a questi requisiti gli alimenti carnei, per essere accettati dalla moderna dietologia, devono essere dotati di buona digeribilità, di basso valore calorico (basso contenuto in grassi), essere ricchi di componenti plastici nobili e ben dotati dei principi nutritivi indispensabili

(vitamine, oligoelementi, acidi grassi essenziali) e in forme ben utilizzabili.

LE CARNI DAL PUNTO DI VISTA NUTRIZIONALE

Dalla valutazione delle Tabelle 2-8 circa la composizione chimica delle carni delle varie specie animali, la composizione in acidi grassi, il contenuto in vitamine, il contenuto in colesterolo, il rapporto tra acidi grassi saturi e insaturi, si può ritenere che le carni siano oggi un alimento insostituibile delle diete.

Sono numerose le ragioni per cui le carni sono da molti considerate alimenti insostituibili:

1) **La carne e i prodotti carnei sono alimenti formati da proteine ad alto valore biologico e sono alimenti facilmente digeribili.**

Le proteine della carne soddisfano in percentuale elevata il fabbisogno in amminoacidi dell'uomo.

Gli amminoacidi sono liberati dalle proteine introdotte con il cibo tramite il processo digestivo e vengono utilizzati dall'organismo per la costruzione delle proprie proteine.

Le proteine della carne sono ricche di **amminoacidi ramificati** (i cosiddetti

Tabella 2

Composizioni chimica e valore calorico delle carni (per 100 g di parte commestibile).

Alimento		Acqua g	Proteine g	Lipidi g	Ferro mg	Energia kcal
Vitello		76,9	20,7	1,0	2,3	92
Vitellone	magra	71,5	21,3	3,1	2,3	113
	grassa	66,3	18,1	14,6	2,0	204
Maiale magro	bistecca	74,0	18,3	3,0	1,5	100
	coscia	75,3	18,7	3,0	1,6	102
Maiale grasso	magra	72,5	19,9	6,8	1,7	141
	grassa	19,0	14,5	37,3	1,2	394
Pollo	intero	68,7	19,1	11,0	1,5	175
	petto	75,3	22,2	0,9	1,6	97
	coscia	74,2	17,9	6,5	2,0	130
Tacchino	petto	70,2	22,0	4,9	2,5	134
	coscia	69,2	20,9	11,2	2,5	186
	ala	68,2	22,3	11,5	2,5	193
Coniglio	magra	75,3	23,7	0,6	1,3	102
	grassa	66,2	18,1	14,4	0,1	203
Agnello		75,2	20,0	2,2	1,9	101

branch chain amino acids = valina, leucina, isoleucina) e di altri **amminoacidi essenziali** (treonina, metionina, lisina, fenilalanina e triptofano), che sono in rapporto molto simile a quello necessario per l'organismo umano.

Gli amminoacidi ramificati (BCAA) sono rapidamente metabolizzati dall'organismo, avendo un *turn-over* rapidissimo, e rappresentano la quota dominante degli amminoacidi circolanti nel liquido ematico.

I muscoli possono utilizzare direttamente i BCAA per la sintesi delle pro-

teine specifiche. I BCAA inibiscono o limitano la degradazione delle proteine e stimolano la glucogenesi tramite il cosiddetto circolo alanina-glucosio: l'alanina prodotta nel muscolo con la proteolisi e per la disponibilità dei BCAA, viene desaminata nel fegato formando piruvato; il glucosio derivato viene rilasciato e indirizzato nuovamente al muscolo, dove è di nuovo convertito in piruvato e alanina.

Un'altra funzione dei BCAA è correlata con l'aumentata produzione di ammoniaca durante lo sforzo muscolare

Tabella 3

Composizione della carne bovina (vitellone, per 100 g di sostanza fresca.

	Valori precedenti*		Valori nuovi*	
	a)	b)	c)	d)
Acqua (g)	71,5	69,6	75,2	71,6
Proteine (g)	21,3	19,1	21,8	21,3
Grassi (g)	3,1	9,3	1,8	6,1
Energia (kcal)	113	160	103	140
Colesterolo (mg)	65	68	55	59
Acidi grassi polinsaturi (% acidi grassi totali)	5	4	21	17
Ferro (mg)	2,3	2,1	1,8	1,3

* valori riferiti a tessuto muscolare privato del grasso visibile

a) carne magra; b) carne semigrassa; c) taglio magro (fesa); d) taglio grasso (lombata)

Tabella 4

Contenuto in vitamine di carni di specie animale diversa.

Vitamine*	Vitello	Vitellone	Suino	Ovino
A (U.I.)	tracce	tracce	tracce	tracce
Tiamina (mg)	0,10	0,07	1,00	0,15
Riboflavina (mg)	0,25	0,20	0,20	0,25
Niacina (mg)	7,00	5,00	5,00	5,00
Acido pantotenico (mg)	0,60	0,40	0,60	0,50
Biotina (µg)	5,00	3,00	4,00	3,00
Acido folico (µg)	5,00	10,00	3,00	3,00
B ₆ (mg)	0,30	0,30	0,50	0,40
B ₁₂ (µg)	0,00	2,00	2,00	2,00
C (mg)	0,00	0,00	0,00	0,00
D (U.I.)	tracce	tracce	tracce	tracce

* unità, mg o µg per 100 g di carne fresca

e nella neutralizzazione della sua tossicità: i BCAA agiscono condizionando la formazione di glutammina che funge da trasportatore di ammoniaca al fegato, dove viene utilizzata per la sintesi dell'urea (composto tossico) ed eliminata sotto questa forma.

Per quanto riguarda gli altri amminoacidi che la carne contiene, l'arginina stimola la produzione dell'ormone della crescita (GH), e ciò può spiegare perché in Italia l'aumento di statura della popolazione sia andato di pari passo con l'aumento dei consumi di carne.

Tabella 5

Composizione percentuale in acidi grassi di diversi tipi di carni.

Alimenti	Lipidi totali	Saturi totali	Oleico
Agnello	2,2	1,3	0,88
Bovino adulto	15,4	6,5	6,20
Coniglio	5,3	1,9	2,35
Maiale	22,1	7,0	12,11
Oca	34,4	13,9	17,06
Pollo	6,5	2,1	1,95
Tacchino	11,2	6,1	3,20
Vitellone	9,3	5,1	3,87

Tabella 6

Rapporto tra acidi saturi e insaturi del grasso di vari tipi di carne.

Alimenti	Saturi	Monoinsaturi	Polinsaturi	P/S
Pollo	35,1	47,6	14,9	0,42
Tacchino	36,5	26,9	29,5	0,80
Coniglio	43,3	20,8	34,0	0,78
Manzo	44,9	49,3	4,3	0,09
Maiale	42,5	47,9	8,3	0,19

Il triptofano aumenta la produzione di serotonina, composto che possiede una naturale azione “calmante, saziante e tranquillante” svolta dalla carne usata nelle diete dimagranti.

2) La carne è insostituibile nell'apporto di alcuni minerali.

La carne contiene minerali molto importanti come ferro, zinco, selenio, fosforo e potassio; questi minerali sono combinati nella carne in forme particolari biodisponibili, per cui sono altamente assorbiti e utilizzati.

La carne contiene poco sodio, minerale che, se assunto in eccesso, aggrava la sintomatologia degli ipertesi.

Il manganese è presente in muscoli e organi; la sua deficienza rallenta la maturità sessuale e provoca irregolarità nell'ovulazione.

La carne è una fonte di zinco migliore rispetto ai vegetali, perché in questi il fitato presente lo rende bioindisponibile. Lo zinco concorre a prevenire patologie epatiche e la sua deficienza nella dieta ritarda la crescita corporea e la maturazione sessuale.

Acidi grassi insaturi		
Linoleico	Linolenico	Arachidonico
tracce	0	0
0,40	0,20	tracce
0,76	0,12	0,12
1,90	0,17	0,05
2,39	0,12	0
2,04	0,12	0,02
1,36	0,05	0,10
tracce	0	0

Il **cobalto** è anch'esso un minerale essenziale perché fa parte della vitamina B₁₂ e deve pervenire all'organismo umano combinato in questa forma, che è quella biologicamente attiva.

Il **selenio** scarseggia nella frutta e in alcuni vegetali, mentre è presente in animali marini, nel fegato e nella carne; fa parte di diversi enzimi e sembra svolgere un ruolo favorevole nelle malattie cardiache.

Anche il **cromo** è presente nelle carni: svolge un ruolo fondamentale nel corretto metabolismo glicidico e lipidico, nella sintesi proteica e influenza positivamente la longevità.

3) La carne apporta significative quantità di vitamine del gruppo B.

La carne contiene apprezzabili quantità di **tiamina**, la cui mancanza nel-

la dieta favorisce le polineuriti, dà inappetenza, ritardo della crescita, infertilità.

La **tiamina** è un costituente della **tiaminapirifosfato**, che è un coenzima del metabolismo dei carboidrati e interviene nelle attività neurofisiche favorendo la trasmissione dell'impulso nervoso.

La carne è una buona fonte di **riboflavina**, vitamina essenziale per il corretto accrescimento della massa corporea; la sua deficienza rallenta lo sviluppo, favorisce lesioni oculari e dermatiti. La **riboflavina** è un costituente di numerosi enzimi che svolgono un ruolo vitale nei processi ossidativi tissutali.

La **niacina** (acido nicotinic) è ben presente nelle carni e costituisce un fattore determinante nella prevenzione della **pellagra**, malattia presente fino ai primi anni di questo secolo, che dà luogo a dermatite, diarrea, delirio e morte.

Altre vitamine del gruppo B apportate dalla carne sono la vitamina B₆, la colina, l'acido folico e la vitamina B₁₂ (vedi Tab. 4).

La **vitamina B₆** può essere trasformata dall'organismo in due sostanze esse pure ad attività vitaminica, il **piridossale** e la **piridossamina**, coenzimi rispettivamente dell'amminoacido-carbossilasi e della transaminasi, che hanno un ruolo indispensabile nel metabo-

Tabella 7

Contenuto in colesterolo delle carni.

Alimento		Quota in mg per 100 g di parte commestibile
Animali		
Vitello	parte edibile totale	71
	carne magra	70
	grasso	75
Bovino adulto	parte edibile totale	68
	carne magra	65
	grasso separato	75
Maiale	parte edibile totale	62
	carne magra	60
	grasso separato	70
Pollo	carne e pelle	81
	petto	67
	coscia	88
	grasso separato	65
Coniglio		65
Rana		50
Organi		
Cervello		> 2.000
Fegato	agnello e manzo	300
	pollo	555
	tacchino	436
Rene		375

lismo degli amminoacidi.

La **colina** fa parte dei cosiddetti "composti lipotropi" che impediscono il depositarsi di un eccesso di grassi nel fegato; probabilmente agisce trasformando i grassi in fosfolipidi.

L'**acido folico** è presente nei tessuti animali come fegato e rene: pren-

derebbe parte nella sintesi enzimatica della timina, una base pirimidinica che entra nella costituzione degli acidi nucleinici.

La **vitamina B₁₂** (cianocobalamina) è un fattore importante contro l'anemia macrocitica, contro la demielinizzazione diffusa nel sistema nervoso centrale (che

Tabella 8

Quantità di colesterolo nelle carni e in altri alimenti di origine animale.

Alimento	Quota in mg per 100 g di parte commestibile
Cervella	2.000
Fegatini di pollo	555
Rognone	375
Fegato	300
Uova	260
Animelle	250
Pollo (coscia)	88
Vitello	71
Manzo	68
Coniglio	65
Maiale	62
Insaccati e salumi	
Würstel	110
Lardo	95
Prosciutto crudo	80
Salame	80
Prosciutto cotto	70
Bresaola	37
Prosciutto crudo magro	33

porta a demenza) e nel sistema nervoso periferico, che porta a polineurite.

4) **La carne apporta carnitina.**

La **carnitina** o betaina dell'acido betaidrossigamma-amminobutirrico è stata isolata per la prima volta dal tessuto muscolare e recenti studi ne hanno dimostrato l'importanza nel metabolismo degli acidi grassi come trasportatore di radicali acidi attraverso la mem-

brana mitocondriale.

La membrana mitocondriale infatti risulta impermeabile sia all'acetil-CoA formatosi all'interno, sia ai radicali acidi a catena carboniosa lunga presenti nel citoplasma; la carnitina forma con questi un acetilderivato che ha la proprietà di attraversare facilmente la membrana mitocondriale: la carnitina favorisce quindi l'ossidazione degli acidi grassi.

5) La carne è pressoché priva di sostanze residuali.

La carne degli animali da macello è priva o contiene solo tracce di sostanze residuali, concentrazioni cioè prive di significato tossicologico.

In un ambiente carico di residui chimici, non esistono, teoricamente, alimenti esenti da possibili residui; gli animali, però, a differenza dei vegetali, hanno la possibilità di eliminarli.

I POSSIBILI EFFETTI NOCIVI DOVUTI AL CONSUMO DI CARNE

Il consumo di carne è stato ritenuto causa diretta o indiretta di alcune malattie quali quelle cardiovascolari, il cancro, l'ictus. Soprattutto il suo contenuto in grasso è stato stigmatizzato.

In questi anni la teoria lipidica dell'arteriosclerosi, che ha creduto di individuare nel colesterolo il principale responsabile di questa malattia, non sembra più poggiare sulle certezze del passato per numerose ragioni.

La quantità di colesterolo comunque che si ingerisce con il cibo carneo è pressoché irrilevante: il contenuto nelle carni varia fra 40 e 100 mg/100 g e l'intestino ne assorbe solo il 60%; quan-

do del colesterolo viene ingerito con gli alimenti, l'organismo limita la quota che normalmente sintetizza e viceversa (vedi Tab. 7 e 8). Solo una piccola parte (10-20%) del colesterolo che è nel nostro sangue è di origine alimentare.

Quanto al tipo di grasso che si ingerisce, il grasso bovino presenta un rapporto acidi grassi saturi e insaturi di circa 1/1; quello di suino ha una quota di acidi grassi polinsaturi superiore a quella del bovino; i grassi di pollo e coniglio si distinguono per la limitata quantità di acido stearico e la rilevante percentuale di acidi grassi polinsaturi (vedi Tab. 6).

CARNE E TUMORI

Si è ritenuto ancora di identificare nella carne, tramite il grasso contenuto, la causa dell'incidenza di alcuni tumori al colon e alla mammella in popolazioni di paesi sviluppati.

L'ipotesi suggerita per spiegare l'associazione grasso/tumore al colon, che è valida anche per i grassi vegetali, è la seguente: dopo l'ingestione di grasso, l'organismo secerne acidi biliari per emulsionarlo e per permetterne l'assorbimento. L'eccesso di acidi biliari verrebbe trasformato dalla flora batterica inte-

stinale in vari composti dotati di potere cancerogeno.

Si pensa oggi che la causa più probabile delle patologie ricordate sia l'introduzione eccessiva di calorie e cioè l'eccesso di cibo, piuttosto che il consumo di prodotti di origine animale.

LE CARNI DI PESCE

Le carni di pesce hanno un tasso proteico intorno al 15-20%, con un'otti-

ma composizione in amminoacidi essenziali (tra questi la lisina è particolarmente elevata). Contengono tutti gli amminoacidi essenziali in rapporti ottimali.

Il triptofano è presente in modeste quantità; la cisteina è quattro volte più elevata rispetto alla quantità presente nella caseina del latte.

Le basi puriniche e pirimidiniche restano sempre scarse e questo rende il pesce adatto ai malati di gota. I glucidi sono in genere trascurabili mentre i lipidi possono variare in modo notevole.

Tabella 9

Digeribilità di pesci di mare e di acqua dolce.

	Buona digeribilità	Media digeribilità	Scarsa digeribilità
Di mare			
	Cernia	Alice	Aringa
	Dentice	Cefalo	Sgombro
	Merluzzo	Palombo	
	Orata	Sardina	
	Sogliola	Tonno	
	Spigola	Triglia	
Di acqua dolce			
	Trota	Salmone	Anguilla
		Carpa	
		Luccio	
		Pesce persico	
		Temolo	
		Tinca	
		Cavedano	
		Coregone	

I lipidi dei pesci sono particolarmente ricchi di acidi grassi insaturi e polinsaturi, alcuni dei quali sono essenziali all'organismo umano, come l'**acido linoleico**.

I lipidi dei pesci hanno valore nutrizionale elevato, anche perché contengono fosfolipidi (lecitine che sono molto utili); il contenuto lipidico oscilla tra lo 0,5% e il 30%, in relazione alla specie, allo stato sessuale, alla stagione, all'alimentazione e all'habitat.

Sali minerali e vitamine sono contenuti in quantità elevata: calcio, iodio e fosforo sono più abbondanti nei pesci che nelle carni degli animali da macello; il ferro, pur presente, non raggiunge i

valori delle carni bovine.

I pesci sono pure un'ottima fonte di fluoro. Discrete sono le quantità di vitamine del gruppo B; largamente diffuse le vitamine A, D, B₁₂, PP, E.

La digeribilità (tempo di permanenza nello stomaco) è proporzionale al contenuto di grasso e di solito è molto buona, anche per la minore quantità di tessuto connettivo presente nei muscoli: cosa che consente facile masticazione e rapida azione dei succhi gastrici.

Pesci di mare, pesci di acqua dolce, molluschi e crostacei sono stati classificati in base alla loro digeribilità nella Tabella 9.

I PRODOTTI CARNEI

I prodotti carnei sono prodotti di trasformazione delle carni che hanno subito un trattamento che ha conferito loro sia i caratteri organolettici tipici, sia la stabilità, cioè una conservabilità più o meno lunga.

Grande importanza rivestono, fra questi, i prodotti della salumeria, preparati soprattutto con carni suine e secondariamente bovine, equine e di altre specie animali.

In Italia, negli anni passati, l'allevamento del suino aveva praticamente un solo mercato, quello dell'impiego industriale, mentre era del tutto marginale il mercato delle carni suine fresche.

Le esigenze dell'industria hanno, così, condizionato per il passato la produzione del suino pesante da salumeria.

Oggi, stimolati dalla ricerca dietetico-nutrizionale e con l'approfondimento degli studi sul ruolo dei grassi animali nell'eziologia di alcune malattie cardiovascolari, altre esigenze zootecniche hanno cominciato a prevalere.

Si sono selezionate linee genetiche di suini magri con limitati depositi di grasso e il mercato delle carni suine ha assunto aspetti particolari.

Oggi si producono tre tipi di suini in funzione del loro utilizzo:

- 1) suini da carne leggeri o da macelleria;
- 2) suini per la produzione di cosce adatte per prosciutto cotto;
- 3) suini da carne pesanti per i prodotti classici e tipici del nostro salumificio (prosciutto stagionato).

La tecnica salumiera si è affinata e oggi sono centinaia le specialità del salumificio che hanno acquisito pregio e notorietà nel mondo.

CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI DEL SALUMIFICIO

Una classificazione valida dei prodotti del salumificio può essere basata sui seguenti principi:

a) prodotti di carne macinati, freschi o stagionati, insaccati in involucri naturali o cellulosici: salsicce fresche e salami stagionati;

b) prodotti di carne interi o in pezzi, insaccati in involucri diversi oppure non insaccati, salati e stagionati: prosciutti, bresaole, coppe, pancette, culatelli;

c) prodotti di carne macinata, insaccati e trattati termicamente: mortadella, würstel, salami cotti;

d) prodotti di carne interi o in pezzi, salati per siringatura, massaggiati e quindi cotti in stufe: prosciutto e spalla cotti.

Questi prodotti possono essere affumicati, aromatizzati con droghe e spezie, additivati; la loro stabilità microbiologica poggia su diversi fattori chimico-fisici, chimici e biologici quali l'abbassamento dell'attività dell'acqua (disidratazione), l'abbassamento di pH (acidificazione), l'intervento di flore microbiche competitive, l'uso di additivi conservanti (nitrato e nitrito di sodio o potassio), la conservazione a temperature di refrigerazione.

I PRODOTTI DI CARNE CRUDI DA STAGIONARE

Sono caratterizzati dalla salagione,

dalla parziale disidratazione delle carni e dal fatto che sono sottoposti a "maturazione" o stagionatura (periodo più o meno lungo, a temperatura controllata, nel quale avvengono trasformazioni dovute a enzimi di tessuto e a batteri specifici che conferiscono stabilità e aroma alle carni).

I prodotti di carne cotti (macinati o in pezzi) sono sottoposti a un trattamento termico di stufatura a vapore e talvolta sono sterilizzati in apposite autoclavi (zampone precotto, cotechino precotto, ecc.).

Oltre ai prodotti del salumificio, un altro gruppo di prodotti di carne o di pesce, chiamato **conserve**, basa la sua stabilità sul fatto di essere sterilizzato in autoclave in contenitore ermetico; questo trattamento consente la conservazione delle conserve per lunghi periodi a temperatura ambiente.

I PRODOTTI CRUDI STAGIONATI

IL PROSCIUTTO CRUDO

Il prosciutto crudo è fra i prodotti meno manipolati e più naturali presenti sulla tavola; l'unico ingrediente aggiunto è infatti il cloruro di sodio.

Si prepara in tutta la Penisola, ma in alcune zone ha avuto un tale sviluppo da essere considerato prodotto tipico come il prosciutto di Parma, di S. Daniele, di Modena, il Berico-Euganeo, il Prosciutto Toscano.

Durante la stagionatura la coscia suina va incontro a complesse modificazioni di tipo enzimatico a carico sia del tessuto muscolare sia di quello adiposo.

Tale processo idrolitico è dovuto sia agli enzimi della carne sia alla flora microbica superficiale del prosciutto stesso, apportata dalla carne stessa e soprattutto dal sale.

Il risultato di questa stagionatura, che dura fino a 2 anni, è la presenza nel prodotto di amminoacidi e di acidi grassi liberi, che sono frazioni altamente digeribili.

La formazione di questi composti crea le caratteristiche nutrizionali tipiche del prosciutto crudo stagionato.

Informazioni nutrizionali

Il prosciutto crudo deve essere considerato come un alimento predigerito il cui consumo non impegna quindi lo stomaco come avviene per altri alimenti.

È ricco di amminoacidi "ramificati" che hanno la proprietà di entrare nel ciclo metabolico durante l'attività fisica e

sono in grado di impedire l'insorgenza di crampi muscolari durante lo sforzo, opponendosi alla formazione di acido lattico.

È un alimento adatto sia ai bambini sia agli anziani.

IL CULATELLO

Come il prosciutto, si ricava dalle cosce suine fresche. Il **culatello** (detto di Zibello) è costituito da muscoli degli arti inferiori del suino privo di cotenna e di osso: viene stagionato nelle zone rivierasche del Po e del Basso Parmense. Dopo la preparazione dei muscoli (toeletatura) il prodotto viene salato, legato a pera e stagionato per tempi di 6 mesi fino ad 1 anno.

Informazioni nutrizionali

Il suo valore nutritivo è simile a quello del prosciutto crudo.

LO SPECK DELL'ALTO ADIGE

Lo **speck dell'Alto Adige** (o Südtiroler Markenspeck o Südtiroler Speck) è la coscia di suino disossata, moderatamente salata e aromatizzata, privata o meno della fesa e affumicata a freddo.

La coscia di suino aperta e disossata viene poi compressa per conferire la caratteristica forma appiattita.

L'aromatizzazione viene eseguita con sale grosso marino, salnitro, aglio, ginepro, pepe e altri ingredienti; dopo la salagione lo speck viene affumicato con fumo ottenuto dalla combustione di trucioli di acero e di faggio in appositi affumicatori.

La stagionatura varia da un minimo di 4-5 mesi a 8-9 mesi.

Informazioni nutrizionali

In passato lo speck era un prodotto molto grasso, ottenuto con suini locali grassi; oggi è ottenuto da suini a carni magre e, pur non possedendo i pregi del prosciutto crudo (dolce, non affumicato, privo di additivi), è un prodotto ad elevato potere nutritivo, molto saporito e dal profumo marcato.

LA COPPA

La **coppa** è un prodotto del salumificio preparato con le masse dei muscoli spinoappendicolari e spinodorsali, posti tra le vertebre atlante e la 5^a vertebra dorsale.

È un pezzo di carne intero, in cui le percentuali di grasso oscillano intorno al

25%. Sotto il profilo tecnologico, presenta una fase di salagione simile a quella del prosciutto crudo e quindi una lunga fase di stagionatura. Le caratteristiche organolettiche del prodotto finito sono dovute sia a processi enzimatici di tessuto sia a processi microbici di flore lattiche.

Per la sua preparazione si usano sale, spezie, nitrati e nitriti. La stagionatura si completa in un tempo di 60-90 giorni.

Informazioni nutrizionali

La coppa può essere considerata un alimento di base per l'apporto di grassi e proteine; l'apporto nutritivo va bilanciato con carboidrati e sali minerali.

LA PANCETTA

La **pancetta** viene preparata col pannicolo adiposo proveniente dalla parte ventrale della mezzena suina, che va dalla regione retrosternale a quella inguinale, comprendendo la sola parte laterale delle mammelle.

Le principali tipologie di prodotto sono 4: a) pancetta con cotenna; b) pancetta senza cotenna; c) pancetta sgrassata; d) pancetta coppata.

La pancetta si prepara tesa o arro-

tolata. La preparazione comprende la salatura e l'aggiunta di chiodi di garofano, pepe nero e altre spezie che conferiscono l'aroma e il sapore.

Dopo una fase di riposo in celle apposite, le pancette vengono stufate e stagionate per periodi fino a 60 giorni.

Informazioni nutrizionali

Si producono e si commercializzano pancette più o meno grasse, con contenuti proteico e lipidico molto variabili, ma sempre considerevolmente elevati.

GLI INSACCATI STAGIONATI

I SALAMI

I salami sono prodotti preparati con carni magre suine e a volte di altre specie animali (bovine principalmente), con grasso suino, sale, aromi naturali; le carni vengono macinate e insaccate in budelli naturali o cellulosici e quindi poste a stagionare.

I tipi di salami prodotti in Italia sono numerosi; i più conosciuti sono il tipo Milano (caratterizzato da un impasto macinato finemente), il tipo Felino, il tipo Varzi, il Fabiano, il Fiorentino, il Campagnolo, il tipo Napoli, il Cremonese, il Montanaro, il salame all'aglio, il crespone,

l'ungherese, la spianata romana, il cacciatore.

Il tempo di stagionatura è variabile e strettamente legato al calibro del prodotto, al tipo di budello, alla finezza o grossolanità della macinatura.

Informazioni nutrizionali

Alto è il valore energetico degli insaccati stagionati: 100 g di salame apportano mediamente da 400 a 500 cal.

Ragguardevole il contenuto in proteine nobili, mediamente dal 25 al 30%; mancano gli zuccheri perché vengono fermentati dalle flore lattiche che si moltiplicano nell'impasto.

Il contenuto in acidi grassi insaturi è buono: più della metà del totale dei grassi presenti.

Oggi i salumi si stanno pienamente adeguando alle raccomandazioni nutrizionali, che prevedono un rapporto di 1/3, 1/3 e 1/3 nell'assunzione di grassi saturi, insaturi e polinsaturi (con l'orientamento per un certo vantaggio per i grassi monoinsaturi).

È pur vero che non bisogna esagerare nemmeno con i polinsaturi, perché un loro eccesso rischia di produrre più radicali liberi da neutralizzare, quando non venga bilanciato da una presenza adeguata di sostanze protettive contenute in verdura e frutta.

Tabella 10

Grassi totali e calorie nei salumi italiani di ieri e di oggi.

su 100 gr	Grassi totali		Calorie	
	1980	1994	1980	1994
Prosciutto crudo	31	12	370	224
Prosciutto crudo sgrassato	12	5	224	159
Pancetta	69	28	661	337
Salame	35	31	462	390
Prosciutto cotto	36	15	412	215

La Tabella 10, tratta da una recente indagine dell'Istituto Italiano della Nutrizione, mostra che nei salumi italiani negli ultimi anni si è più che dimezzata la quota di grasso totale.

Secondo Ballarini, questa rivoluzione è dovuta soprattutto all'evoluzione dell'allevamento dei suini alimentati con mangimi mirati per ottenere carni con elevata nutrizionalità, pochi grassi ma della giusta qualità, meno colesterolo. Il contenuto in colesterolo dei salumi è in

media pari a 80-110 milligrammi per 100 g di prodotto (si colloca cioè sui livelli della carne di pollo, di agnello o di trota) (vedi Tab. 8).

Per concludere, le carni e i prodotti carnei sono stati notevolmente rivalutati dalla moderna dietologia, sia perché le carni sono effettivamente più magre, sia perché il loro apporto nutrizionale sembra insostituibile, data la loro ricchezza in amminoacidi, in acidi grassi, in vitamine, in minerali.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Ballarini G

Conferenza stampa del 24 maggio 1995, organizzata dal Consorzio Salumi Italiani. 1995.

Cantoni C

Carne e uova nella dieta umana.
Ristorazione Collettiva-Catering, n. 9, 1993.

Carnovale E

Il valore nutrizionale della carne bovina.
Eurocarni, 9/96, 1996.

Invernizzi G

Aspetti poco conosciuti del problema colesterolo.
Eurocarni, 3/93:92-9, 1993.

Istituto Nazionale della Nutrizione.

Tabelle di composizione degli alimenti. Ediz. 1989.

Lawrie RA

Meat Science.
4th Ed Pergamon Press, 1985.

Margaria R

Fisiologia.
Fratelli Fabbri Ed, 1965.

Sculati O

Il ruolo dei salumi italiani nell'alimentazione moderna.
L'Industria delle carni, 1996.

Senesi E

Scienza dell'alimentazione e dietologia. Parte II.
Gruppo Ed Fabbri, 1981.

S.I.N.U. (Società Italiana di Nutrizione Umana)

Livelli di assunzione raccomandati di energia e nutrienti per la popolazione italiana. LARN.
Revisione 1996.

Valfré F

Normativa sull'alimentazione animale a tutela della qualità e della salubrità dei prodotti di origine animale.

Simposio Nazionale "La carne e l'industria della sua trasformazione: situazione presente e prospettive future", Bologna, 15 giugno 1985.

C ONDIMENTI LIPIDICI

A. DAGHETTA*, M. MANZINI

* Cattedra di Analisi Chimica dei Prodotti Alimentari
Facoltà di Agraria – Università degli Studi di Milano

I LIPIDI ALIMENTARI

I grassi o lipidi sono sostanze ubiquitariamente diffuse sia nel regno animale sia in quello vegetale. La loro estrazione porta a ottenere specifiche categorie merceologiche, classificate secondo diversi criteri, come:

- la materia prima di provenienza;
- la consistenza (liquida o concreta);
- lo stato fisico (anidro o idratato);
- le peculiarità nutrizionali e biologiche, connesse alla specifica composizione del materiale lipidico, alla presenza di sostanze di natura non trigliceridica, e infine alle modifiche intervenute a seguito dei trattamenti attuati allo scopo di ottenere un prodotto suscettibile di impiego (Tab. 1).

I **grassi alimentari** hanno prevalentemente natura chimica di trigliceridi: sono infatti costituiti per il 97-99% da esteri della glicerina (alcol trivalente) con tre molecole (per lo più differenti tra loro) di acidi carbossilici della serie

alifatica. Questi acidi (chiamati anche **acidi grassi**) sono a loro volta strutturalmente caratterizzati dalla lunghezza della catena di atomi di carbonio e dalla presenza o meno di ramificazioni e/o doppi legami.

Il rimanente 1-3% della materia grassa è rappresentato da una miscela di costituenti minori (la cosiddetta **frazione insaponificabile**): steroli, idrocarburi, caroteni e carotinoidi, alcoli alifatici superiori, alcoli triterpenici, polifenoli, vitamine liposolubili.

Pertanto, in primo luogo, una materia grassa differisce da un'altra prevalentemente in ragione delle diverse percentuali relative degli acidi grassi che la costituiscono.

È da rilevare, tuttavia, che la composizione percentuale acidica rimane specifica nell'ambito del regno animale, mentre nel regno vegetale tale specificità si mantiene nell'ambito delle piante a ciclo pluriennale; per quanto si riferisce invece alle piante annue, questa

Tabella 1

Fonti di approvvigionamento delle materie grasse.

Regno animale	
Mammiferi terrestri (lipidi della secrezione lattea e lipidi di deposito)	
Mammiferi marini e pesci (lipidi di deposito e lipidi da tessuti ghiandolari)	
Uccelli e animali da cortile (lipidi di deposito e lipidi delle uova)	
Regno vegetale	
Specie oleaginose (da frutto e da seme)	

specificità può essere facilmente modificata praticando opportuni incroci e ibridazioni, nella prospettiva di ottenere un miglioramento delle qualità della specie o di eliminare possibili inconvenienti nutrizionali.

In altri termini, è possibile oggi reperire sul mercato, ad esempio, un "olio di girasole" avente composizione acidica percentuale assai simile a quella dell'olio di oliva.

Il problema dell'identificazione di un prodotto è comunque risolvibile sul piano analitico, in quanto la selezione genetica non incide sulla composizione percentuale dei rispettivi componenti minori (come ad esempio quella degli steroli): la costanza dei relativi indici,

specifici della famiglia vegetale di provenienza, garantisce così una sufficiente differenziazione merceologica.

In sostanza, un alimento lipidico viene essenzialmente caratterizzato da due categorie di informazioni analitiche, determinabili entrambe con metodi gascromatografici: la composizione acidica percentuale e la composizione sterolica percentuale.

Nella compilazione delle Tabelle che riportano i vari parametri analitici specifici di una sostanza grassa, la composizione sterolica può essere espressa in una forma semplificata, quella che si ricava nel corso di analisi che si avvalgono di colonne cromatografiche convenzionali, di limitato potere di risoluzione.

Operando invece con colonne cromatografiche capillari, la composizione sterolica si rivela più complessa: ad esempio, il picco che tradizionalmente viene indicato come "betasitosterolo" in realtà si dimostra costituito da una miscela di diversi componenti, che possono essere individualmente caratterizzati e determinati quantitativamente.

NOMENCLATURA DEGLI ACIDI GRASSI

Gli acidi grassi di origine lipidica oggi conosciuti sono più di trecento e il loro numero è costantemente in aumento. Gli atomi di carbonio contenuti nella catena sono di norma in numero pari e le insaturazioni hanno configurazione *cis*; non mancano peraltro le eccezioni, con configurazione *trans*, anche se la loro diffusione in termini percentuali appare assai modesta. Fino a pochi anni or sono si riteneva che gli acidi grassi naturali fossero caratterizzati esclusivamente da una catena lineare di atomi di carbonio; più recentemente sono stati evidenziati isomeri a catena ramificata (ad esempio acido isopalmitico).

Purtroppo, i nomi comuni degli acidi grassi conosciuti da più tempo sono stati derivati da quelli delle specie olea-

ginose in cui sono maggiormente diffusi o da altre considerazioni più o meno fantasiose: in conseguenza di ciò, la loro denominazione ben poco ci dice delle loro caratteristiche strutturali, che vengono invece compiutamente considerate nella nomenclatura chimica (IUPAC), ancorché piuttosto complessa in rapporto all'uso quotidiano.

Per risolvere questo problema è invalso l'uso di una scrittura stenografica, secondo la quale ogni acido grasso viene indicato da una formula semplificata, costituita dalla lettera C maiuscola seguita da due indici separati da due punti: il primo indice valuta il numero complessivo di atomi di carbonio presenti nella molecola, mentre il secondo fornisce il numero delle insaturazioni (doppi legami).

In aggiunta, l'informazione viene completata dal simbolo "Δ" accompagnato da una soprascritta numerica che serve a indicare le posizioni delle insaturazioni lungo la catena di atomi di carbonio.

Così, ad esempio, C18:1, Δ 9*cis* indica l'acido oleico, mentre C18:3, Δ 9*cis*, 12*cis*, 15*cis* contrassegna l'acido α-linolenico.

Gli acidi più diffusi in natura sono 5: laurico, palmitico, stearico, oleico e linoleico.

Riportiamo l'elenco dei più rappresentativi acidi grassi a catena lineare, distinti in:

- acidi saturi (a corta catena, C4-C10; a media catena, C12-C18, a lunga catena, C20-C24);
- acidi monoinsaturi (monoenoici);
- acidi diinsaturi (dienoici);
- acidi polinsaturi (polienoici) (Tab. 2).

PROCEDIMENTI DI ESTRAZIONE

I principi sui quali sono basate le tecniche produttive delle sostanze grasse tengono conto del loro basso punto

di fusione e della loro sostanziale insolubilità in acqua a fronte di una spiccata solubilità nei solventi organici.

I tipi di processi lavorativi possono essere classificati in tre categorie principali:

- la cosiddetta **colatura a secco** o a **umido**, realizzata riscaldando la materia prima (commistione di tessuti animali frantumati), in modo da provocare la fusione della frazione lipidica che viene successivamente separata per decantazione o per centrifugazione;
- l'**estrazione meccanica**, che si realizza sottoponendo a compressione (in presse continue o discontinue) i tessuti vegetali opportunamente pretrattati;

Tabella 2

Acidi saturi e insaturi a catena lineare.

Sigla	Nome comune	Fonte principale
Acidi saturi a catena lineare "Cn:0"		
C4:0	butirrico	grasso del latte
C6:0	capronico	grasso del latte
C8:0	caprilico	grasso del latte
C10:0	caprinico o caprico	grasso del latte, olio di cocco, palmisto
C12:0	laurico	semi di Lauracee, grasso di cocco, palmisto
C14:0	miristico	grasso del latte, olio di cocco, palmisto
C16:0	palmitico	sego, strutto, olio di palma, burro di cacao
C17:0	eptadecanoico	olio d'oliva
C18:0	stearico	sego, strutto, burro di cacao
C20:0	arachico	olio di arachidi
C22:0	behenico	olio di arachidi
C24:0	lignocericico	olio di arachidi

Tabella 2

[segue]

Sigla	Nome comune	Fonte principale
Acidi insaturi a catena lineare monoenoici "Cn:1, Δ a"		
C10:1 Δ 9,cis	caproleico	grasso del latte
C14:1 Δ 9,cis	miristoleico	grasso del latte
C16:1 Δ 6,cis	palmitoleico	diffusione ubiquitaria
C17:1 Δ 9,cis	eptadecenoico	olio d'oliva
C18:1 Δ 6,cis	petroselinico	grasso del latte, prezzemolo
C18:1 Δ 9,cis	oleico	diffusione ubiquitaria
C18:1 Δ 9,trans	elaidinico	crucifere
C20:1 Δ 9,cis	gadoleico	oli di pesce
C22:1 Δ 13,cis	erucico	crucifere
Acidi insaturi a catena lineare dienoici "Cn:2, Δ a, b"		
C18:2 Δ 9,cis, 12,cis	linoleico	diffusione ubiquitaria
C22:2 Δ 13,cis, 16,cis	docosadienoico	olio di colza
Acidi insaturi a catena lineare polienuici "Cn:3, Δ a, b, c"		
C18:3 Δ 9,cis, 12,cis,15,cis	α-linolenico	diffusione ubiquitaria
C18:3 Δ 6,cis, 9,cis,12,cis	γ-linolenico	Boringiacee
C20:4 Δ 5,cis, 8,cis,12,cis,15,cis	arachidonico	tutti i grassi animali (in piccola quantità)

– l'estrazione con solventi (ad esempio con esano), eseguita sia su tessuti vegetali sia su tessuti animali, di norma già sottoposti a uno dei due precedenti trattamenti, e quindi già parzialmente esauriti.

La possibile destinazione a uso alimentare del prodotto ottenuto è strettamente dipendente dalla qualità (fre-

schezza, grado di purezza e integrità) della materia prima di provenienza.

ASPETTI NUTRIZIONISTICI

La componente lipidica degli alimenti è notoriamente caratterizzata da una preminente funzione energetica,

per il fatto di concentrare le scorte caloriche in un piccolo volume. Questa prerogativa si può esprimere quantitativamente osservando che da 1 g di materia grassa si ricavano circa 9 kcal, più del doppio di quelle che si ottengono da carboidrati e da proteine (4 kcal/g).

Ovviamente, l'importanza nutrizionale dei lipidi non si arresta al solo apporto calorico, espletando essa altre numerose funzioni, quali:

- la funzione veicolante nel confronto di vitamine e di altre sostanze liposolubili (ad esempio quelle aventi proprietà antiossidanti), degli steroli e di altre

sostanze steroidee, come gli ormoni della corteccia surrenale, ecc.;

- la funzione di esaltazione del gusto degli alimenti, con azione promotrice sull'appetito;
- la funzione plastica (nell'ambito del metabolismo cellulare), indispensabile per il normale accrescimento corporeo;
- la funzione protettiva delle strutture anatomiche;
- la funzione termica, volta al mantenimento della temperatura corporea;
- la funzione estetica, legata alla morfologia dell'organismo.

GRASSI DI ANIMALI TERRESTRI

LIPIDI DELLA SECREZIONE LATTEA

Notoriamente, le secrezioni lattee sono delle emulsioni colloidali allo stato di sol, costituite da acqua, sali minerali, micelle caseiniche, globuli di grasso. Fin dall'antichità l'uomo ha imparato a separare le "creme", cioè le emulsioni arricchite di globuli di grasso, che a riposo tendono all'affioramento. Dalla lavorazione delle creme si ottiene una emulsione solida, chiamata **burro**. I processi di burrificazione consistono oggi nel sottoporre le creme al cosiddetto processo di inversione delle fasi, rappresentato dal passaggio dallo stato di dispersione del grasso nel plasma latteo a quello di dispersione del plasma latteo nel grasso rappreso. La tecnica tradizionale di burrificazione della crema si basava sullo sbattimento a bassa temperatura (15 °C) di creme al 20-30% di materia grassa; modernamente si utilizzano le **zangole** o addirittura i **convertitori au-**

tomatici (per i dettagli si rimanda al capitolo sui prodotti caseari). Il burro, che senza ulteriori specificazioni va inteso come prodotto dalla crema di latte vaccino, è costituito dall'80% di materia grassa, mentre il restante 20% è rappresentato da acqua finissimamente emulsionata commista a piccole quantità di lattosio, proteine e sali. Il burro è caratterizzato da una composizione acidica particolare: si riscontrano acidi dal C4 al C20, con significativa presenza di acidi a corta catena e non trascurabile quantità di acidi a n. dispari di atomi di C. La composizione acidica del burro di latte vaccino differisce modicamente da quello di capra e marcatamente da quello di pecora e di altri mammiferi. Mentre ricordiamo anche la problematica della nutrizionalità del burro al capitolo sui prodotti caseari, ci preme qui accennare a due importanti innovazioni tecnologiche, che stanno ormai entrando nell'uso comune. Ci riferiamo ai cosiddetti **burri leggeri** e a quelli **decolesterolizzati**.

I primi conservano la loro consistenza strutturale pur presentando un tasso lipidico del 60 o addirittura del 40%. Tali prodotti assumono particolare rilevanza nutrizionale (come limitazione all'uso di grassi animali) quando l'utilizzo avviene per spalmatura su alimenti carboidratici, come è larga tradizione dei popoli nordici. I secondi sono invece prodotti in cui la crema di ottenimento viene preventivamente sottoposta a un processo di parziale eliminazione del colesterolo presente, usando particolari **sequestranti chimici** (ciclodestrine), che, una volta complessati con il colesterolo, possono essere praticamente eliminati.

LIPIDI DI DEPOSITO

Tra i lipidi di deposito meritano una particolare menzione quelli ottenuti dai tessuti adiposi delle specie bovina e suina. Dopo l'abbattimento, le carcasse vengono selezionate e i cosiddetti prodotti di bassa macellazione (interiora, tessuto connettivo, cartilagini, ossa, ecc.) vengono frantumati e inviati ai processi di colatura o di estrazione cui si è accennato prima.

Secondo una differenziazione merceologica risalente al secolo scorso, nel

nostro paese venivano indicate come **grassi nobili** tre categorie di lipidi, ovvero gli oli ottenuti dalla lavorazione delle olive, i burri vaccini e lo strutto, cioè il grasso ricavato dalla colatura dei tessuti adiposi freschi del suino.

Tale discriminazione è rimasta sino ai giorni nostri ed è alla base della differenziazione tra le possibili destinazioni di impiego alimentare tra strutto e sego, che è invece ricavato dai tessuti adiposi del bovino. Ad esempio, nella preparazione del pane speciale (pane condito) è ammesso, oltre al burro e all'olio d'oliva, soltanto lo strutto e non il sego e le margarine, sebbene le differenze compositive e nutrizionali tra sego e strutto siano di modesta entità.

SEGO

Si presenta compatto, untuoso al tatto ed è ottenuto dalla lavorazione dei tessuti adiposi del bovino. Come riportato nella Tabella 3, il sego viene differenziato in ben quattro categorie, che sostanzialmente riflettono la qualità della materia prima.

Dalla lavorazione dei tessuti freschi si ottiene ovviamente la prima qualità, che ha impieghi alimentari umani, mentre col degradare della classificazione si

Tabella 3**Caratteristiche di genuinità del sego.**

	Extra	I qualità	II qualità	III qualità
N. di iodio	max 47,0	max 48,0	max 50,0	max 52,0
Insaponificabile (%)	max 0,3	max 0,3	max 0,5	max 0,5
Composizione acidica (%)				
caprinico	max 0,1	max 0,1	max 0,1	max 0,1
laurico	max 0,2	max 0,2	max 0,2	max 0,2
tetradecanoico ramif.	max 0,1	max 0,1	max 0,1	max 0,1
miristico	2,5-4,5	2,5-4,5	2,5-4,5	2,5-4,5
miristoleico + isopentadecanoico	1,0-1,5	1,0-1,5	1,0-1,5	1,0-1,5
pentadecanoico	max 1,0	max 1,0	max 1,0	max 1,0
esadecanoico ramif.	max 0,3	max 0,3	max 0,3	max 0,3
palmitico	25,0-29,0	25,0-29,0	25,0-29,0	25,0-29,0
palmitoleico	2,5-3,5	2,5-3,5	2,5-3,5	2,5-3,5
non identif.	max 1,0	max 1,0	max 1,0	max 1,0
eptadecanoico	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5
eptadecenoico	max 1,0	max 1,0	max 1,0	max 1,0
stearico	20,0-28,0	20,0-28,0	20,0-28,0	20,0-28,0
oleico	30,0-35,0	30,0-35,0	30,0-35,0	30,0-35,0
nonadecanoico	max 0,5	max 0,5	max 0,5	max 0,5
linoleico	max 3,0	max 3,5	max 3,5	max 3,5
linolenico	max 0,8	max 0,8	max 0,8	max 0,8
arachico	max 0,3	max 0,3	max 0,3	max 0,3
eicosenoico	max 0,3	max 0,3	max 0,3	max 0,3
Steroli (%)				
colesterolo	max 98,0	max 98,0	max 98,0	max 98,0
Altre caratteristiche di qualità				
Acidità (% ac. oleico)	max 1,0	max 2,0	max 5,0	max 10,0
Umidità (%)	max 0,3	max 0,3	max 0,3	max 0,5
Impurità (%)	max 0,2	max 0,2	max 0,3	max 0,5
Colore Lovibond	max 0,5R 5Y	max 2R 20Y	max 3R 30Y	max 5R 50Y
N. perossidi	max 2,0	–	–	–
Saggio di Kreiss	negativo	–	–	–

scende all'uso zootecnico o addirittura agli usi industriali (materia prima per la preparazione di prodotti della chimica fine). Il sego di qualità edibile è materia prima per la preparazione industriale di speciali tipi di margarine; inoltre può essere usato in friggitoria e, limitatamente, come condimento. La sua composizione acidica è prevalentemente rappresentata da acidi grassi saturi (soprattutto palmitico e stearico) e dal monoinsaturo oleico; la frazione insaponificabile è quasi esclusivamente costituita da colesterolo.

STRUTTO

Per **strutto extra** si intende il grasso ricavato dalla colatura a umido, a temperatura non superiore a 80 °C, dei tessuti adiposi del suino, che non abbia subito processi chimico-fisici diversi dalla decantazione, centrifugazione e filtrazione. Si presenta di colore bianco niveo, untuoso al tatto, di consistenza cremosa, meno compatta di quella del sego.

Dai tessuti non necessariamente lavorati subito dopo la macellazione si ottengono prodotti di qualità inferiore, che possono essere però stabilizzati per una buona edibilità con un blando trattamento di raffinazione (**strutti di I e II qualità**).

Rispetto al sego la composizione dello strutto è più ricca in acido oleico, ma gli elementi differenziali che consentono il controllo analitico della sua purezza vanno invece ricercati nella pratica assenza di acido miristoleico, pentadecanoico ed esadecanoico ramificato, significativamente presenti, invece, nel sego (Tab. 4). Come si è detto, lo strutto vergine trova particolare impiego nella preparazione del pane condito, il cui consumo è ancora molto diffuso in particolari regioni italiane; altrimenti è destinato come condimento e per uso di friggitoria, oggi particolarmente limitata dall'impiego alternativo dei frazionati di palma, che presentano il vantaggio di essere praticamente esenti da colesterolo.

ALTRI LIPIDI DI DEPOSITO DI ORIGINE ANIMALE

Con la scomparsa della trazione animale, gli equini sono ridotti all'allevamento come animali affettivi, ragion per cui il grasso equino, un tempo largamente utilizzato, ha perso d'importanza tecnologica. Sono invece aumentati gli impieghi di grassi alimentari ottenuti da pollame lavorato industrialmente e da altri animali di bassa corte.

LIPIDI DI DEPOSITO DI PESCI E MAMMIFERI MARINI

Fino a qualche decennio fa, la caccia indiscriminata ai grossi cetacei por-

tava alla disponibilità di non trascurabili quantità dei relativi grassi, largamente utilizzati soprattutto nei paesi nordici.

Severe disposizioni internazionali hanno ora finalmente limitato la caccia

Tabella 4

**Caratteristiche di
genuinità dello strutto.**

	Extra	I qualità	II qualità
N. di iodio	max 65,0	max 65,0	max 65,0
Insaponificabile (%)	max 0,3	max 0,5	max 0,5
Acidi grassi (%)			
capronico	assente	assente	assente
caprilico	max 0,1	max 0,1	max 0,1
caprinico	max 0,1	max 0,1	max 0,1
laurico	max 0,1	max 0,1	max 0,1
tetradecanoico ramif.	assente	assente	assente
miristico	1,3-1,8	1,3-1,8	1,3 -1,8
miristoleico	max 0,05	max 0,05	max 0,05
pentadecanoico	max 0,1	max 0,1	max 0,1
esadecanoico ramif.	assente	assente	assente
palmitico	20,0-27,0	20,0-27,0	20,0-27,0
palmitoleico	2,0-3,5	2,0-3,5	2,0-3,5
eptadecanoico ramif.	assente	assente	assente
eptadecanoico	max 0,5	max 0,5	max 0,5
eptadecenoico	max 0,3	max 0,3	max 0,3
stearico	13,0-19,0	13,0-19,0	13,0-19,0
oleico	37,0-45,0	37,0-45,0	37,0-45,0
linoleico	7,0-10,0	7,0 -10,0	7,0 -10,0
linolenico	max 1	max 1	max 1
arachico	max 0,5	max 0,5	max 0,5
eicosenoico	max 1,2	max 1,2	max 1,2
behenico	max 0,3	max 0,3	max 0,3
eicosadienoico	max 0,5	max 0,5	max 0,5

Tabella 4

[segue]

	Extra	I qualità	II qualità
Steroli (%)			
colesterolo	max 98,0	max 98,0	max 98,0
Altre caratteristiche di qualità			
Acidità (% ac. oleico)	max 1,0	max 2,0	max 8,0
Umidità (%)	max 0,3	max 0,3	max 0,5
Impurità (%)	max 0,1	max 0,2	max 0,5
Colore Lovibond	max 0,5 R 5 Y	–	–
Colore FAC	–	max 1,0	max 5,0
N. perossidi	max 2,0	max 5,0	–
Saggio di Kreiss	negativo	–	–
Indice di Boemer	min 74	min 74	min 72
Spettrofotometria UV 268 nm			
E 1% (1 cm)	max 0,15	max 0,20	–
T	max 1,0	–	–
Q	max 4,0	–	–

alle balene e alle foche, che rischiava di pregiudicare la sopravvivenza di queste specie, per cui oggi tali prodotti non sono più reperibili sul mercato nazionale.

Per contro, circa 1/3 del pesce azzurro pescato nel mondo viene utilizzato per la produzione di farina di pesce, alimento zootecnico di grande importanza per l'alto contenuto proteico.

Il pesce lavorato nell'industria viene cotto, pressato e delipidizzato prima di essere essiccato, cosicché si ottiene un **olio di pesce** la cui caratteristica com-

positiva è quella di essere ricco di acidi grassi polinsaturi a lunga catena. La sua utilizzazione è pertanto compatibile solo dopo un trattamento di stabilizzazione che di norma è rappresentato da un processo di sollecita e drastica idrogenazione.

Il grasso solido stabilizzato così ottenuto può avere impieghi alimentari nella preparazione di margarine; in alternativa la sua utilizzazione si affianca a quella della farina di pesce nella preparazione di mangimi composti per uso zootecnico.

OLI VEGETALI

OLIO D'OLIVA

L'olio d'oliva si ottiene dalla lavorazione dei frutti (**drupe**) delle numerose varietà di *Olea europea L.*, prevalentemente coltivate nelle zone temperate dei paesi del bacino Mediterraneo.

I frutti dell'olivo hanno dimensioni variabili a seconda della cultivar di provenienza e sono strutturati in epicarpo, polpa e nocciolo; il peso va da 1 a 3 grammi e il tenore in olio può oscillare dal 20 al 24%. L'olio è prevalentemente contenuto nelle celle oleifere della polpa, che presenta inoltre un 50% circa di umidità.

La raccolta delle olive avviene da ottobre a marzo in ragione dell'irraggiamento solare della zona di coltivazione: determinanti, ai fini dell'ottenimento di un olio di alta qualità, la perfetta maturazione e l'integrità strutturale dei frutti. Quest'ultima prerogativa si realizza con il metodo di raccolta manuale (**brucatura**), pur condizionato, ovviamente, dal

crescente costo della manodopera. Come sistema alternativo di raccolta, ove la struttura pedologica (pianori) e la tipologia varietale (cultivar ad arbusto) lo consentano, si può ricorrere all'impiego di reti opportunamente sistemate sotto gli alberi, i quali verranno sottoposti a scuotimento manuale o meccanico.

Metodi di raccolta diversi, come l'**abbacchiatura** o la raccolta da terra (**olive di cascola**), condurranno inevitabilmente ad ottenere oli ad alta acidità libera e/o inaccettabilmente difettosi nel sapore: i traumi subiti dal tessuto vegetale durante la raccolta determinano infatti l'attivazione di enzimi lipolitici, i quali provocano nella drupa la scissione dei trigliceridi in acidi grassi e glicerina, con conseguente aumento dell'acidità libera, che può giungere a pregiudicare la diretta commestibilità del prodotto. Quando l'acidità libera, espressa in acido oleico, è superiore al 3,3% si ottengono i cosiddetti oli **vergini lampanti**, destinati alla raffinazione.

PROCESSO DI ESTRAZIONE DEGLI OLI D'OLIVA

Per prescrizione normativa (sia nazionale che comunitaria) l'estrazione dell'olio dalle olive si esegue esclusivamente per azione meccanica (pressione o centrifugazione): trattasi di procedimenti tradizionali (discontinui) o innovativi (continui) che, in chiave moderna, si rifanno comunque ai sistemi utilizzati nell'antichità.

Lo schema di lavorazione tradizionale è il seguente:

- pulitura delle olive mediante **vagli a vibrazione** o **ventilazione**, per l'eliminazione dei materiali estranei (foglie, frammenti di arbusti, ecc.);
- lavaggio con acqua corrente fredda, per l'eliminazione del terriccio;
- frangitura delle olive in **frangitore a palmenti** o in **mulino meccanico**, fino all'ottenimento di una pasta omogenea;
- impilamento della pasta distribuita in **fiscoli** e pressatura in pressa idraulica con incremento progressivo della pressione di esercizio;
- rimacinatura della pasta d'oliva parzialmente esaurita, reimpilamento e seconda pressatura.

Negli impianti continui, di più recente introduzione, le operazioni sono assemblate in un'unica apparecchiatura,

che comporta l'approntamento della pasta, la sua ulteriore idratazione con acqua fredda e la diretta immissione in **separatori centrifughi**, dal quale fuoriesce l'olio-mosto con scarico automatico del materiale esaurito. Gli oli-mosti vengono separati dall'acqua di vegetazione in essi contenuta mediante sosta in vasi di **decantazione** o per centrifugazione.

DIFFERENTI TIPOLOGIE DEGLI OLI OTTENIBILI

Quando vengono sottoposte al processo di spremitura olive sane, fresche, integre e a punto di maturazione ottimale, di norma si ottiene un olio di aroma e sapore molto gradevoli che, per essere reso limpido e brillante e quindi pronto al confezionamento e al consumo, non richiede altre manipolazioni se non quelle già citate della decantazione e della filtrazione. Per questi oli di qualità la genuinità non viene posta in discussione: il criterio di valutazione merceologica è basato su due parametri:

- l'acidità libera (comunque bassa, ma variabile da meno dell'1% fino al limite del 3,3%);
- il punteggio, risultante dalla valutazione organolettica condotta da un gruppo di esperti assaggiatori (*panel test*).

Da questa valutazione viene ricavata la corretta denominazione dell'olio, secondo le classi specifiche previste dalla normativa. La denominazione di **olio extravergine d'oliva** compete al prodotto con acidità libera non superiore all'1%, in totale assenza di difetti organolettici e con accentuate note sensoriali positive (aroma gradevole e gusto di dolce, fruttato, mandorlato, ecc.).

A questa categoria appartengono le eccellenze produttive che hanno reso famose le zone oleicole di particolare rinomanza. Per i produttori di olio extravergine d'oliva, la normativa prevede la liceità di riportare in etichetta l'indicazione della provenienza, che costituisce un ulteriore contrassegno distintivo per gli intenditori.

Qualora l'olio ottenuto, sempre privo di difetti e con buone note olfattive e gustative, presenti un'acidità libera compresa fra l'1 e il 2%, ad esso compete la denominazione di **olio vergine d'oliva**. Si tratta della seconda delle due tipologie di maggior pregio della produzione olivicola, che distingue oli approntati senza alcuna manipolazione chimica, ancorché lieve, secondo una metodologia praticata fin dall'antichità nell'assoluto rispetto delle intrinseche proprietà bionutrizionali.

Un'ulteriore tipologia di olio d'oliva (peraltro non destinata al diretto consu-

mo) è rappresentata da quelle partite di olio di spremitura che, pur esenti da difetti sensoriali, mostrano tuttavia un'acidità libera elevata, ma non superiore al 3,3%, cui viene attribuita la denominazione di **olio d'oliva vergine corrente**. Questi tipi di olio mostrano note gustative particolarmente marcate, hanno un'intensa pigmentazione (oli verdoni) e si prestano a essere industrialmente utilizzati per i tagli, cioè per la "personalizzazione" degli oli raffinati.

In certe annate, anche nelle zone tradizionalmente caratterizzate da una produzione oleicola di buona qualità, si possono verificare condizioni climatiche sfavorevoli e/o possono manifestarsi infestazioni da parassiti (come gli attacchi da mosca olearia). In tal modo, indipendentemente dall'impegno e dalla perizia degli operatori, la qualità della produzione viene compromessa: si ottengono in tal caso i cosiddetti **oli d'oliva vergini lampanti** che, per essere resi commestibili, richiedono un complesso trattamento tecnologico, denominato appunto **rettifica** o **raffinazione**.

La raffinazione consiste in una serie di trattamenti, igienicamente ineccepibili, frutto dell'evoluzione tecnologica degli ultimi 150 anni, che comportano:

- l'abbattimento del grado di acidità mediante neutralizzazione degli acidi

- liberi, trasformati in saponi ed eliminati (fase di neutralizzazione);
- l'eliminazione, per via fisica, dei pigmenti spontaneamente degradatisi (fase di decolorazione);
- l'eliminazione dei microcomponenti volatili ossidati, per strippaggio con vapore iniettato ad alta pressione in un contenitore mantenuto sotto vuoto spinto (fase di deodorazione).

Le partite di oli vergini lampanti che hanno subito il processo di raffinazione costituiscono l'**olio d'oliva raffinato**, nutrizionalmente ineccepibile, ma incolore e privo di fragranza. Si rende pertanto necessario un intervento atto a reintegrarlo delle sue originarie peculiarità, obiettivo che si consegue mediante aggiunta (taglio) con opportune quantità di oli vergini a elevato grado di sapidità e di pigmentazione (ad es. con oli verdoni e fruttati, in rapporto orientativo dall'8 al 12%).

Si ottiene così il prodotto di base della produzione oleicola, che è appunto denominato **olio d'oliva** (senza altre aggettivazioni), la cui acidità non deve superare l'1,5% (in genere si attesta sullo 0,5%). Il residuo del processo di spremitura prende il nome di **sansa** ed è costituito da tessuto vegetale finemente frantumato (polpa e noccioli), impregnato di una parte dell'olio originario (dal 4 al 7%). Non essendo economica-

mente conveniente procedere a un'ulteriore spremitura, risulta più vantaggioso praticare una solubilizzazione con l'impiego di solventi organici (esano). A tal fine le sanse vengono tempestivamente sottoposte a un processo di essiccamento per frenare l'intensa attività lipolitica, che condurrebbe alla pressoché totale saponificazione dell'olio residuo; successivamente le sanse vengono raccolte e avviate ai grossi impianti industriali di estrazione.

Dalla lavorazione industriale della sansa si ottiene l'**olio di sansa d'oliva greggio**, che si presenta intensamente pigmentato e di elevatissima acidità libera: per questo viene sottoposto a un drastico processo di raffinazione le cui fasi operative, rispetto a quelle delineate in precedenza per gli oli lampanti, si differenziano soltanto nell'intensificazione dei parametri procedurali, e quindi nelle rese di lavorazione.

Il nuovo prodotto prende il nome di **olio di sansa d'oliva raffinato**: si tratta di un prodotto nutrizionalmente valido, ma marcatamente depauperato nei suoi microcomponenti naturali, e pertanto decisamente meno interessante dal punto di vista organolettico.

Per renderlo adatto all'impiego in campo alimentare, si opera un taglio sostanzioso con olio d'oliva appartenen-

te a una delle tipologie già citate tra quelle destinate al consumo diretto: il risultato di questa operazione è rappresentato da un olio commestibile cui compete la denominazione legale di **olio di sansa d'oliva** (la quarta categoria in ordine decrescente di qualità).

In sostanza, quindi, sono reperibili per il diretto consumo quattro tipologie di oli d'oliva, il cui pregio in ordine decrescente è così stabilito:

- olio extravergine d'oliva;
- olio vergine d'oliva;
- olio d'oliva;
- olio di sansa d'oliva.

CARATTERISTICHE COMPOSITIVE E NUTRIZIONALI

La composizione percentuale acidica dei trigliceridi dell'olio d'oliva (Tab. 5), in conformità con quella dei principali semi delle altre specie oleaginose, è caratterizzata da un elevato grado di insaturazione (85% circa di acidi insaturi e 15% di saturi). A differenza però delle altre specie oleaginose, in cui l'acido quantitativamente maggioritario è l'acido linoleico, diinsaturo, l'olio di oliva ha per costituente maggioritario l'**acido oleico**, monoinsaturo, oggi considerato come l'acido meglio di ogni altro utilizzabile dal-

l'organismo umano. A esso si affiancano, in quantità diverse e moderatamente variabili, acidi grassi essenziali come l'acido linoleico e l'acido linolenico. Tra i saturi prevale l'acido palmitico, accompagnato da modeste quantità di acido stearico. Per la sua facile emulsionabilità con i succhi digestivi, l'olio d'oliva presenta un elevato grado di digeribilità, caratterizzata da un'azione di stimolo sulla secrezione dell'apparato digerente: quest'azione stimolante è dovuta alla particolare appetibilità determinata dalle sue caratteristiche di odore e sapore.

La stabilità del prodotto, almeno sotto il profilo nutrizionale, è assicurata per tempi molto maggiori della sua vita di scaffale (in genere indicata in un anno solare): ciò è dovuto principalmente alla ridotta predisposizione all'autossidazione (**irrancidimento**), sia in ragione della modesta presenza di acidi polinsaturi, sia per l'abbondanza di antiossidanti naturali (clorofille, tocoferoli, polifenoli, ecc.) presenti nella frazione insaponificabile. Per questi motivi, la normativa vigente non prevede, per le categorie di olio d'oliva destinate al diretto consumo, l'utilizzo di quegli additivi ad azione conservante che vengono ammessi invece nel caso degli oli di semi.

La propensione al consumo dell'olio d'oliva non va attribuito esclusivamente a

ragioni abitudinarie. Al contrario, si tratta del risultato di valutazioni ataviche inconsapevoli, anche se oggi scientificamente acquisite: ne è dimostrazione il fatto che ogniqualevolta i genetisti sono stati chiamati a selezionare nuove varietà di oleaginose (come vedremo parlando di oli di semi), il loro obiettivo è stato quello di creare varietà la cui composizione acidica sia pressoché sovrapponibile a quella dell'olio d'oliva.

OLI DI SEMI

Giova precisare che per oli di seme si intendono globalmente sia quelli provenienti dal seme vero e proprio (colza, soia, arachide, ecc.), sia quelli provenienti da germe (frumento e mais), sia quelli provenienti da frutto (palma, palmito e cocco). La commercializzazione degli oli di semi è regolamentata nel nostro paese da una legislazione spe-

Tabella 5

Caratteristiche di genuinità dell'olio di oliva.

	Olio extravergine d'oliva	Olio vergine d'oliva	Olio di sansa d'oliva
N. di iodio	80,0-88,0	80,0-88,0	79,0-88,0
Insaponificabile (%)	max 1,5	max 1,5	max 3,0
Composizione acidica (%)			
miristico	max 0,05	max 0,05	max 0,05
palmitico	7,0-17,0	7,0-17,0	7,0-17,0
palmitoleico	0,3-3,0	0,3-3,0	0,3-3,0
eptadecanoico	max 0,5	max 0,5	max 0,5
eptadecenoico	max 0,5	max 0,5	max 0,5
stearico	1,5-4,0	1,5-4,0	1,5-4,0
oleico	63,0-83,0	63,0-83,0	63,0-83,0
linoleico	max 13,5	max 13,5	max 13,5
linolenico	max 0,9	max 0,9	max 0,9
arachico	max 0,7	max 0,7	max 0,7
eicosenoico	max 0,5	max 0,5	max 0,5
behenico	max 0,3	max 0,3	max 0,3
lignocerico	max 0,5	max 0,5	max 0,5
palmitico + stearico (in posiz. 2)	max 1,3	max 1,5	max 2,0

Tabella 5

[segue]

	Olio extravergine d'oliva	Olio vergine d'oliva	Olio di sansa d'oliva
Composizione sterolica semplificata (%)			
colesterolo	max 0,5	max 0,5	max 0,5
brassicasterolo	max 0,2	max 0,2	max 0,2
campesterolo	max 4,0	max 4,0	max 4,0
stigmasterolo	< campesterolo	< campesterolo	< campesterolo
betasitosterolo	max 93	max 93	max 93
delta-7-stigmasterolo	max 0,5	max 0,5	max 0,5
eritrodiole + uvaolo	max 4,5	max 4,5	max 4,5
Steroli totali (ppm)	min 1000	min 1000	min 1800
Somma isomeri transoleici (%)	< 0,03	< 0,20	< 0,40
Somma isomeri translinoleici e translinolenici (%)	< 0,03	< 0,30	< 0,35
Saggio Bellier- Carocci-Buzzi	negativo	negativo	positivo
Trilinoleina (%)	max 0,5	max 0,5	max 0,5
Caratteristiche di qualità			
Acidità libera (%)	max 1,0	max 1,5	max 3,0
N. di perossidi	max 20,0	max 15,0	max 15,0
Estinzione spec. UV:			
K232	max 2,40	max 3,40	max 5,50
K270	max 0,20	max 1,00	max 2,00
delta-K	max 0,01	max 0,13	max 0,20
Impurità + umidità (%)	max 0,3	max 0,1	max 0,1
Saponi (ppm)	n.r.	10	10
Panel test (punti)	min 6,5	–	–

ciale protettiva nei confronti dell'olio d'oliva: tale protezione investe sia aspetti formali (denominazione dei prodotti e relativa etichettatura) sia aspetti sostanziali (prescrizioni attinenti i processi di estrazione e di raffinazione).

Tutta questa normativa è peraltro in corso di evoluzione nell'ambito dell'armonizzazione legislativa che l'Amministrazione Comunitaria si è impegnata a realizzare per il libero mercato delle merci, secondo i dettami del Trattato di Roma. Ci limitiamo a riassumere le principali discrepanze rispetto alla già illustrata legislazione inerente l'olio di oliva.

In Italia, gli oli estratti dalle varie specie di oleaginose vengono commercializzati come oli **monoseme** oppure come **miscele**. Nel primo caso viene assegnata la denominazione commerciale obbligatoria di **olio di semi di...** seguita dal nome della specie vegetale di appartenenza, senza possibilità di ulteriori aggettivazioni. Per le miscele di più oli di diversa specie (qualche ne sia la complessità) la denominazione obbligatoria è quella generica di **oli di semi vari**: è quindi facoltativo riportare in etichetta l'elencazione delle specie oleaginose costituenti la miscela. Qualora essa venga indicata, dovrà essere rispettato il criterio dell'indicazione in ordine decrescente di concentrazione presente.

Sotto il profilo merceologico, gli oli di semi non vengono differenziati in funzione del metodo di estrazione praticato (**spremitura** o **estrazione a mezzo solvente**). Nel nostro paese, l'applicazione del processo di raffinazione è obbligatoria: non vengono commercializzati oli di semi vergini e non sussiste nemmeno la possibilità di una differenziazione di qualità basata sul diverso grado di acidità libera. La normativa prevede che l'acidità massima dei prodotti al diretto consumo non superi lo 0,5%, indiscriminatamente, sebbene i moderni impianti di raffinazione consentano di produrre oli il cui valore di acidità libera è sistematicamente inferiore allo 0,2%.

Un'ulteriore norma non ancora abrogata prescrive inoltre che, nel corso della raffinazione, la fase di decolorazione sia praticata drasticamente, in modo da eliminare pressoché completamente la pigmentazione naturale presentata dagli oli di talune oleaginose (olio di palma, olio di semi di pomodoro, ecc.).

Ciononostante, il continuo aggiornamento delle tecnologie estrattive, nonché di quelle attinenti le varie fasi della raffinazione, consente di produrre oli pregiati anche sotto il profilo dell'appetibilità, con note gustative peculiari riferibili alla specie di appartenenza, tali da rendere i formulati apprezzati anche per gli

usi allo stato di condimento crudo. Ovviamente, al fine di assicurare la costanza di qualità del prodotto per tutta la vita di scaffale preventivata (particolarmente nei confronti dei particolari processi ossidativi), è necessario attuare particolari accorgimenti per ostacolare l'insorgenza di fenomeni degradativi. Poiché il processo di raffinazione comporta inevitabilmente un impoverimento nel contenuto di antiossidanti naturalmente presenti nell'olio grezzo, la normativa consente l'aggiunta di sostanze antiossidanti, secondo specifiche dosi d'impiego.

CARATTERISTICHE COMPOSITIVE E NUTRIZIONALI

In termini di composizione trigliceridica (e quindi di composizione percentuale acidica) merita di accennare preliminarmente a qualche sostanziale differenza tra composizione dei semi e composizione dei frutti, almeno per le specie oleaginose di maggior consumo.

I trigliceridi costituenti i lipidi dei semi sono particolarmente ricchi di acidi grassi polinsaturi, con netta predominanza ponderale dell'acido linoleico. In taluni casi (olio di soia e olio di crucifere), questo acido si accompagna a una significativa percentuale di acido linole-

nico. Il principale elemento di differenziazione rispetto all'olio d'oliva consiste nel diverso tipo di insaturazione (che si attesta comunque sempre all'85% circa del totale): in pratica, negli oli di semi si inverte il rapporto fra acidi monoinsaturi e acidi polinsaturi.

Nel caso invece dei trigliceridi da frutti, la distribuzione acidica percentuale risulta nettamente diversa sia per una maggiore complessità di componenti (presenza di acidi grassi a corta catena), sia per il grado di insaturazione, assai più basso: figurano infatti, fra i componenti maggioritari, gli acidi saturi palmitico, miristico e stearico, con una presenza ridotta di acidi oleico e linoleico. Questi sommari cenni distintivi consentono di differenziare le prerogative di impiego fra le varie tipologie di prodotto, particolarmente per quanto concerne i trattamenti termici cui i vari oli possono essere sottoposti nelle specifiche utilizzazioni.

L'alto grado di polinsaturazione dei trigliceridi costituenti gli oli di semi propriamente detti non depone per una loro ottimale utilizzazione nella frittura degli alimenti; risultano avvantaggiati invece gli oli da frutto, anche rispetto al tradizionale impiego di grassi concreti ricavati dai tessuti adiposi animali (strutto e sego), e ciò anche per il differente conte-

nuto di sostanze insaponificabili e per la diversa natura dei costituenti di queste, con particolare riferimento al colesterolo.

Riportiamo di seguito sinteticamente le caratteristiche compositive dei principali oli da seme, da germe o da frutto che vengono utilizzati nel nostro paese.

OLIO DI ARACHIDE

Si ricava dai semi della *Arachys hypogaea L.*, coltivata in Africa (Senegal, Congo e regioni tropicali), in Asia (India, Indonesia, Cina) e in America (Stati Uniti e Brasile). Questa pianta appartiene alla categoria delle oleaginose ricche (materia grassa al 40% e più del peso dei semi); la farina di estrazione costituisce un ingrediente pregiato per la preparazione di alimenti zootecnici. L'olio di arachide è considerato uno dei più pregiati tra gli oli di semi destinati ad uso commestibile, secondo solo all'olio d'oliva: proprio a causa del suo gradevole sapore viene commerciato come olio monoseme. Nella Tabella 6 sono riportate le caratteristiche compositive e i valori dei parametri chimico-fisici principali. Le ampie oscillazioni che si possono osservare soprattutto nella composizione acidica sono da ascrivere alla differente provenienza e alla diversità delle caratteristiche varietali.

OLIO DI MAIS

Si estrae dai germi delle diverse varietà di *Zea mays L.* e appartiene alla categoria degli oli a elevato contenuto in acido linoleico, tanto da essere raccomandato, almeno in passato, nella profilassi dietetica della arteriosclerosi. Di sapore caratteristico, ha un largo uso commestibile sia come olio monoseme, sia come materia prima nella produzione di margarine da tavola. Nella Tabella 7 sono riportate le caratteristiche compositive e i parametri fondamentali attestanti natura e qualità dell'olio di mais.

OLIO DI GIRASOLE

Si ricava dai semi dell'*Helianthus annuus L.*, composta di coltivazione largamente diffusa nelle regioni europee a clima continentale (Bulgaria, Ungheria, Russia) e in Sud America (Argentina); attualmente è coltivato anche in Italia nelle modificazioni varietali cosiddette "ad alto oleico". Appartiene alla categoria delle oleaginose ricche.

Come già precedentemente accennato, il successo commerciale dell'olio di girasole è legato alle caratteristiche compositive delle nuove varietà ottenute per selezione genetica.

Tabella 6

Caratteristiche di genuinità dell'olio di arachide.

Indice di rifrazione a 25 °C	1,4680-1,4760
Insaponificabile (%)	max 1,0
N. di iodio	85,0-108,0
Composizione acidica (%)	
acidi inferiori a C14	assenti
ac. miristico	max 0,1
ac. palmitico	8,0-13,5
ac. palmitoleico	max 0,5
ac. stearico	2,0-5,0
ac. oleico	35,0 -70,0
ac. linoleico	15,0-48,0
ac. linolenico	max 0,2
ac. arachico	1,0-2,5
ac. eicosenoico	0,9-1,5
ac. beenico	2,0-4,0
ac. lignocerico	1,0-2,5
Composizione sterolica semplificata (%)	
colesterolo	max 1,0
campesterolo	11,0 -19,0
stigmasterolo	8,0-13,0
betasitosterolo	69,0-78,0
delta-7-stigmastenolo	max 1,5
Indice di Bellier (°C)	min 38,5
Caratteristiche di qualità (per gli oli raffinati a uso alimentare)	
<i>Caratteri organolettici:</i>	
– odore e sapore: caratteristici dell'olio di arachide, esenti da difettosità	
– aspetto: limpido a 20 °C	
– colore: praticamente incolore	
Acidità (% ac. oleico)	max 0,5
N. di perossidi	max 10,0

Tabella 7

Caratteristiche di genuinità dell'olio di mais.

Indice di rifrazione a 25 °C	1,4700-1,4740
Insaponificabile (%)	max 2,5
N. di iodio	110-130

Composizione acidica (%)

acidi inferiori a C14	assenti
ac. miristico	max 0,1
ac. palmitico	10,0-15,0
ac. palmitoleico	max 0,5
ac. stearico	1,5-3,0
ac. oleico	23,0-41,0
ac. linoleico	41,0-63,0
ac. linolenico	0,6-1,1
ac. arachico	0,2-0,7
ac. eicosenoico	0,2-0,5
ac. beenico	max 0,2

Composizione sterolica semplificata (%)

colesterolo	max 0,5
campesterolo	16,0-22,0
stigmasterolo	6,0-8,0
betasitosterolo	68,0-73,0
delta-7-stigmastenolo	0,5-2,0

Caratteristiche di qualità (per gli oli raffinati a uso alimentare)

Caratteri organolettici:

- odore e sapore: caratteristici dell'olio di mais, esenti da difettosità
- aspetto: limpido a 20 °C
- colore: praticamente incolore

Acidità (% ac. oleico)	max 0,5
N. di perossidi	max 10,0

Nella Tabella 8 sono riportate le composizioni acidica e sterolica dell'olio di girasole tradizionale, ad alto contenuto in acido linoleico, e della varietà ricca in acido oleico.

OLIO DI SOIA

Si ricava dai semi della *Soia hispida*, leguminosa per lungo tempo coltivata esclusivamente in Estremo Oriente. Dal secondo dopoguerra la sua coltivazione si è estesa negli Stati Uniti, in Sud America e più recentemente anche in Italia. Appartiene alla categoria delle oleaginose povere, in quanto l'olio costituisce un sottoprodotto della lavorazione dei semi, dai quali si ottiene una farina ad alto valore nutrizionale, particolarmente per l'alimentazione zootecnica, in ragione dell'elevato contenuto in proteine. L'olio di soia non è considerato un olio di pregio, in quanto la sua composizione non è idonea all'impiego nelle frittiture (elevato contenuto in acidi polinsaturi, particolarmente in acido linolenico) (Tab. 9).

La raffinazione dell'olio di soia è una operazione particolarmente complessa e delicata, che comporta una preventiva demucillaginazione (separazione e recupero della lecitina), nonché una deodora-

zione drastica, che deve essere condotta in modo da evitare il fenomeno della reversione (lo sviluppo di un sapore sgradevole di fagiolo crudo che l'olio assume dopo un breve periodo di conservazione).

OLIO DI NOCCIOLA

Lo si estrae dagli acheni di *Corylus avellana L.*, pianta largamente coltivata in svariatissime cultivar in tutte le zone temperate. La mandorla, che costituisce la parte edibile della nocciola, ha un elevato contenuto di olio (superiore al 50%), anche se il frutto in questione è prevalentemente commerciato come frutta secca stagionale, oppure viene trattato per ottenere la pasta, ingrediente da associare al cacao per la produzione del cioccolato gianduja.

Come l'olio di noci e di mandorle, anche l'olio di nocciola trovava limitatissimo impiego come condimento, da una parte a causa del costo elevato e dall'altra per le difficoltà che si incontrano nella sua stabilizzazione dopo il processo di raffinazione.

La peculiarità dell'olio di nocciola (Tab. 10) è rappresentata dalla spiccata affinità compositiva con quella dell'olio di oliva. Attualmente, in ragione del vertiginoso incremento produttivo verificatosi

Tabella 8

Caratteristiche di genuinità dell'olio di girasole tradizionale (T) ad alto contenuto in acido linoleico e di quello della varietà ad alto contenuto in acido oleico (O).

	T	O
Indice di rifrazione a 25 °C	1,4720-1,4760	1,4670-1,4690
Insaponificabile (%)	max 2,0	max 2,0
N. di iodio	120-145	75-90
Composizione acidica (%)		
acidi inferiori a C14	assenti	assenti
ac. miristico	max 0,1	max 0,1
ac. palmitico	5,0-8,0	3,0-5,0
ac. palmitoleico	max 0,5	max 0,2
ac. stearico	2,5-7,0	3,0-5,0
ac. oleico	13,0-40,0	70,0-85,0
ac. linoleico	40,0-74,0	3,0-20,0
ac. linolenico	max 0,3	max 0,2
ac. arachico	max 0,5	max 0,6
ac. eicosenoico	max 0,5	max 0,3
ac. beenico	0,5-1,0	0,5-1,1
Composizione sterolica semplificata (%)		
colesterolo	max 0,5	
campesterolo	8,5-13,0	
stigmasterolo	9,0-13,0	
betasitosterolo	58,5-67,5	
delta-7-stigmastenolo	11,0-23,0	
Caratteristiche di qualità (per gli oli raffinati a uso alimentare)		
<i>Caratteri organolettici:</i>		
– odore e sapore: caratteristici dell'olio di girasole, esenti da difettosità		
– aspetto: limpido a 20 °C		
– colore: praticamente incolore		
Acidità (% ac. oleico)	max 0,5	
N. di perossidi	max 10,0	

Tabella 9

Caratteristiche di genuinità dell'olio di soia.

Indice di rifrazione a 25 °C	1,4720-1,4760
Insaponificabile (%)	max 1,5
N. di iodio	120-143
Composizione acidica (%)	
acidi inferiori a C14	assenti
ac. miristico	max 0,1
ac. palmitico	9,0-13,0
ac. palmitoleico	max 0,3
ac. stearico	3,0-5,0
ac. oleico	19,0-30,0
ac. linoleico	48,0-58,0
ac. linolenico	5,0-9,0
ac. arachico	max 1,0
ac. eicosenoico	max 0,5
ac. beenico	max 0,5
Composizione sterolica semplificata (%)	
colesterolo	max 1,0
campesterolo	12,0-24,0
stigmasterolo	12,0-24,0
betasitosterolo	50,0-65,0
delta-7-stigmastenolo	0,5-3,0
Caratteristiche di qualità (per gli oli raffinati a uso alimentare)	
<i>Caratteri organolettici:</i>	
– odore e sapore: caratteristici dell'olio di soia, esenti da difettosità	
– aspetto: limpido a 20 °C	
– colore: praticamente incolore	
Acidità (% ac. oleico)	max 0,5
N. di perossidi	max 10,0

Tabella 10

Caratteristiche di genuinità dell'olio di nocciola.

Indice di rifrazione a 25 °C	1,4720-1,4760
Insaponificabile (%)	max 1,5
N. di iodio	120-143
Composizione acidica (%)	
ac. miristico	max 0,1
ac. palmitico	4,5-7,5
ac. palmitoleico	0,1-0,4
ac. eptadecanoico	max 0,1
ac. eptadecenoico	max 0,2
ac. stearico	1,8-3,2
ac. oleico	77-84
ac. linoleico	6-14
ac. linolenico	max 0,3
ac. arachico	max 0,3
ac. eicosenoico	max 0,3
ac. beenico	max 0,2
Composizione sterolica semplificata (%)	
colesterolo	max 0,6
campesterolo	4,2-7,0
stigmasterolo	0,5-2,2
betasitosterolo	87,0-94,0
delta-7-stigmastenolo	0,6-3,0
Caratteristiche di qualità (per gli oli raffinati a uso alimentare)	
<i>Caratteri organolettici:</i>	
– odore e sapore: caratteristici dell'olio di nocciola, esenti da difettosità	
– aspetto: limpido a 20 °C	
– colore: praticamente incolore	
Acidità (% ac. oleico)	max 0,5
N. di perossidi	max 10,0

particolarmente in Turchia, è possibile reperire olio di nocciola a costo compatibile con una potenziale sofisticazione dell'olio di oliva. Tuttavia, a questa pratica si oppone il minor pregio dell'olio di nocciola in rapporto alle sue caratteristiche organolettiche, difficilmente paragonabili a quelle dell'olio di oliva.

OLIO DI COLZA

Si otteneva in origine dai semi di *Brassica campestris L.* o di *Brassica napus L.*, crucifere largamente coltivate nell'Europa centro-settentrionale e in India. L'olio, contenuto nei semi in concentrazione variabile dal 30 al 50%, era caratterizzato da un tenore elevato (più del 59%) in **acido erucico**, un acido grasso monoinsaturo poco digeribile, accusato, in più, di provocare negli animali da esperimento un marcato decremento dello sviluppo, alterazioni al miocardio e all'apparato riproduttivo femminile.

A seguito di queste osservazioni, venne ottenuta una varietà di *Brassica* da cui si estrae un olio a basso contenuto di acido erucico (Tab. 11), che è quello attualmente posto in commercio e usato in particolare nelle miscele di oli di semi vari (per le quali il contenuto di questo acido non deve comunque su-

perare il 5%). È proprio a proposito dell'olio di colza (primi anni '70) che sono iniziati gli studi e la produzione di nuove varietà di oleaginose: per tale ragione, dal punto di vista del controllo merceologico, si è reso necessario associare, alla composizione percentuale acidica, anche quella della frazione sterolica. Infatti, anche se le nuove varietà mostravano una marcata modificazione delle percentuali relative degli acidi, tanto da cambiarne profondamente il profilo compositivo evidenziabile dal tracciato gascromatografico (la cosiddetta "impronta digitale" o *fingerprint*), la frazione sterolica manteneva praticamente inalterate le percentuali relative dei suoi componenti.

OLIO DI VINACCIOLI

Si estrae dai semi dell'uva (*Vitis vinifera L.*), separati dai graspi delle vinacce (residuo delle operazioni di vinificazione ed eventualmente della distillazione). Il contenuto in olio è intorno al 10-15%. Dopo raffinazione viene impiegato in friggitoria e in diverse applicazioni industriali (ad esempio nella preparazione di vernici) (Tab. 12). Altri oli vegetali si ricavano dai semi di pomodoro, sesamo, cartamo, cotone, ecc.

Tabella 11

Caratteristiche di genuinità dell'olio di colza.

Indice di rifrazione a 25 °C	1,4700-1,4720
Insaponificabile (%)	max 2,0
N. di iodio	110-126
Composizione acidica (%)	
acidi inferiori a C14	assenti
ac. miristico	max 0,1
ac. palmitico	4,0-6,0
ac. palmitoleico	max 0,5
ac. stearico	1,1-2,0
ac. oleico	51,0-64,0
ac. linoleico	16,0-24,0
ac. linolenico	7,0-11,0
ac. arachico	0,4-0,7
ac. eicosenoico	1,9-4,5
ac. eicosadienoico	max 0,5
ac. beenico	max 0,5
ac. erucico	max 5,0
ac. docosadienoico	max 0,5
ac. lignocerico	max 0,5
ac. tetracosenoico	max 0,5
Composizione sterolica semplificata (%)	
colesterolo	max 0,6
brassicasterolo	5,8-12,0
campesterolo	38,0-44,0
stigmasterolo	tracce
betasitosterolo	49,0-52,0
Caratteristiche di qualità (per gli oli raffinati a uso alimentare)	
<i>Caratteri organolettici:</i>	
– odore e sapore: caratteristici dell'olio di colza, esenti da difettosità	
– aspetto: limpido a 20 °C	
– colore: praticamente incolore	
Acidità (% ac. oleico)	max 0,5
N. di perossidi	max 10,0

Tabella 12

Caratteristiche di genuinità dell'olio di vinaccioli.

Indice di rifrazione a 25 °C	1,4720-1,4760
Insaponificabile (%)	max 2,0
N. di iodio	130-140
Composizione acidica (%)	
acidi inferiori a C14	assenti
ac. miristico	max 0,2
ac. palmitico	6,0-8,0
ac. palmitoleico	max 1,0
ac. stearico	3,0-6,0
ac. oleico	12,0-25,0
ac. linoleico	60,0-76,0
ac. linolenico	max 0,5
ac. arachico	max 0,5
ac. eicosenoico	max 0,2
ac. beenico	max 0,2
Composizione sterolica (%)	
colesterolo	max 0,5
campesterolo	9,0-13,5
stigmasterolo	9,5-17,0
betasitosterolo	70,0-77,0
delta-7-stigmasterenolo	1,0-3,5
eritrodiole + uvaolo	min 2,0
Caratteristiche di qualità (per gli oli raffinati a uso alimentare)	
<i>Caratteri organolettici:</i>	
– odore e sapore: caratteristici dell'olio di vinaccioli, esenti da difettosità	
– aspetto: limpido a 20 °C	
– colore: praticamente incolore	
Acidità (% ac. oleico)	max 0,5
N. di perossidi	max 10,0

GRASSI VEGETALI

GRASSO DI COCCO

Si produce essiccando il frutto del *Cocos nucifera*, pianta tipica dei paesi della fascia tropicale e subtropicale, e sottoponendo il materiale essiccato (coppa, contenente fino al 60-70% di grasso) a estrazione con solvente o a compressione. La composizione acidica differisce da quella di altri grassi di origine vegetale per il fatto di contenere apprezzabili quantità di acidi saturi a catena corta (Tab. 13).

Il suo impiego è finalizzato quasi esclusivamente alla produzione delle margarine.

GRASSO DI PALMA E PALMISTO

Dal frutto della palma da olio (*Elaeis guineensis*) si ottengono due distinti tipi di grasso: grasso di palma e grasso di palmisto. Per olio o grasso di palma

si intende la materia grassa ricavata dalla polpa del frutto, mentre per olio o grasso di palmisto si intende la sostanza grassa ottenuta dal seme del frutto (mandorla).

Il grasso di palma, allo stato grezzo, si presenta di colore arancio, per l'elevata concentrazione in carotenoidi (circa 0,5 g/kg); il grasso di palmisto è invece di colore bianco niveo. La composizione dei due grassi è notevolmente diversa, come evidenziano le rispettive Tabelle di composizione (Tabb. 14 e 15).

Questi grassi vegetali vengono impiegati soprattutto per produrre margarine e vengono anche commercializzati dopo opportuno frazionamento (oleine di palma, stearine di palma).

STABILITÀ DELLE SOSTANZE LIPIDICHE

Notoriamente, i lipidi sono in linea di massima molto più degradabili degli

Tabella 13

Caratteristiche di genuinità dell'olio di cocco.

Indice di rifrazione a 25 °C	1,4475-1,4510
Insaponificabile (%)	max 0,5
N. di iodio	6,0-12,0
Composizione acidica (%)	
ac. capronico	0,5-1,0
ac. caprilico	7,0-10,0
ac. caprinico	5,0-7,0
ac. laurico	44,0-50,0
ac. miristico	16,5-18,5
ac. palmitico	7,5-10,0
ac. palmitoleico	max 0,2
ac. stearico	2,0-3,0
ac. oleico	6,0-8,5
ac. linoleico	1,5-2,5
Composizione sterolica (%)	
colesterolo	0,3-0,8
campesterolo	8,0-11,0
stigmasterolo	15,0-20,0
betasitosterolo	74,0-77,0
delta-7-stigmastenolo	max 0,5
Caratteristiche di qualità	
<i>Caratteri organolettici:</i>	
Acidità (% ac. laurico)	max 1,0
N. di perossidi	max 3,0
MIU (<i>moisture, impurities, unsaponifiable, %</i>)	max 2,0

altri due principi nutritivi fondamentali (carboidrati e protidi), anche se alcuni di essi contengono, in quantità variabili, sostanze naturali ad azione protettiva

(come gli antiossidanti tocoferoli, lecitine, ecc., presenti nelle oleaginose vegetali).

La loro vita di scaffale risulta per-

Tabella 14

Caratteristiche di genuinità dell'olio o grasso di palma.

Indice di rifrazione a 25 °C	1,4565-1,4590
Insaponificabile (%)	max 0,8
N. di iodio	48-54
Composizione acidica (%)	
ac. caprilico	max 0,1
ac. caprinico	max 0,1
ac. laurico	max 0,3
ac. miristico	0,8-1,3
ac. pentadecanoico	max 0,1
ac. palmitico	43,0-48,0
ac. palmitoleico	max 0,3
ac. eptadecanoico	max 0,1
ac. stearico	4,5-5,5
ac. oleico	35,0-40,0
ac. linoleico	8,5-11,0
ac. linolenico	max 0,4
ac. arachico	max 0,4
ac. eicosenoico	max 0,1
Composizione sterolica (%)	
colesterolo	2,0-4,0
campesterolo	20,0-22,0
stigmasterolo	9,0-13,0
betasitosterolo	60,0-65,0
delta-7-stigmastenolo	max 0,5
Caratteristiche di qualità (per i prodotti a uso alimentare)	
Acidità (% ac. palmitico)	max 0,5
N. di perossidi	max 5,0
MIU (<i>moisture, impurities, unsaponifiable, %</i>)	max 2,0

tanto limitata, anche intervenendo nel confezionamento e nella conservazione con sistemi di varia efficacia (abbatti-

mento del contenuto di ossigeno per sostituzione con gas inerti come azoto e anidride carbonica, limitazione del teno-

Tabella 15

Caratteristiche di genuinità dell'olio o grasso di palmisto.

Indice di rifrazione a 25 °C	1,4490-1,4520
Insaponificabile (%)	max 0,5
N. di iodio	13-21
Composizione acidica (%)	
ac. capronico	max 0,4
ac. caprilico	3,0-6,0
ac. caprinico	3,0-5,5
ac. laurico	47,0-51,5
ac. miristico	15,5-17,0
ac. palmitico	6,5-9,0
ac. palmitoleico	max 0,3
ac. stearico	1,5-3,0
ac. oleico	11,0-16,0
ac. linoleico	1,0-3,0
ac. arachico	max 0,3
Composizione sterolica semplificata (%)	
colesterolo	0,3-0,7
campesterolo	5,5-6,5
stigmasterolo	14,5-17,0
betasitosterolo	74,0-77,0
delta-7-stigmastenolo	1,0-1,5
Caratteristiche di qualità (per prodotti a uso alimentare)	
Acidità (% ac. laurico)	max 0,5
N. di perossidi	max 3,0
MIU (<i>moisture, impurities, unsaponifiable, %</i>)	max 2,0

re di umidità e di metalli pesanti, protezione dalla luce solare diretta e in particolare dalla luce ultravioletta: questi fattori concorrono infatti, con diversi ruoli e in differente misura, all'innesca-

dei fenomeni di autossidazione).

Il processo di autossidazione dei lipidi dipende dalla loro attitudine alla formazione spontanea di radicali liberi, molecole instabili, caratterizzate da estrema

reattività e da vita media dell'ordine delle frazioni di secondo. La concentrazione in radicali liberi è funzione dello stato di polinsaturazione della matrice lipidica: queste sostanze sono capaci di generare **idroperossidi**, molecole altrettanto instabili, che innescano, dopo una prima fase di induzione, il processo noto con il termine di **irrancidimento**, responsabile della formazione di odori e sapori sgradevolissimi che in definitiva compromettono l'utilità e l'accettabilità delle sostanze grasse.

A questa situazione si può porre rimedio mediante aggiunta di opportuni additivi alimentari, aventi azione antiossidante, il cui impiego e dosaggio sono regolamentati da una specifica normativa. Queste sostanze costituiscono una barriera difensiva, in quanto capaci di rallentare il processo di irrancidimento, ossidandosi in luogo dei trigliceridi e inibendone pertanto la degradazione; la loro efficacia è peraltro limitata nel tempo, anche in relazione alle dosi massime di impiego consentite.

Un altro accorgimento, inteso a limitare l'autossidazione dei lipidi, consiste nel modificarne la struttura, riducendo il loro **grado di insaturazione**, ossia il numero di doppi legami presenti sulle catene carboniose di alcuni acidi grassi.

Questo si realizza mediante un processo chimico che prende il nome di **idrogenazione catalitica**: la partita di grasso, eliminata ogni traccia di aria, viene riscaldata in autoclave a un'opportuna temperatura e trattata con idrogeno in presenza di un catalizzatore, generalmente a base di nichel o di rame. L'idrogeno, assorbito a livello dei doppi legami, determina un mutamento nella composizione chimica della materia grassa: semplificando il processo, possiamo dire che due atomi di idrogeno trasformano inizialmente un residuo linolenico (caratterizzato da tre doppi legami) in residuo linoleico (due doppi legami); l'intervento di una seconda coppia di atomi di idrogeno porta al residuo oleico (un doppio legame), che per ulteriore azione dell'idrogeno fornisce il residuo stearico, completamente saturo.

In questo modo, un olio caratterizzato da un'elevata fluidità, come ad esempio l'olio di germe di mais, può essere gradatamente trasformato in un prodotto che a temperatura ambiente mostra la consistenza di grasso concreto. Agli effetti di un impiego in campo alimentare, la temperatura limite di fusione è rappresentata da 36 °C, al di sopra della quale viene fortemente inibito il processo di assorbimento dei grassi a livello enterico.

Va ricordato che in realtà la cinetica del processo di idrogenazione implica la contemporanea formazione, accanto agli acidi grassi saturi, dei cosiddetti acidi grassi *trans-isomeri*: pur trattandosi semplicemente degli isomeri geometrici degli acidi grassi naturali (aventi invece struttura *cis*), questi composti mostrano una limitata utilizzabilità da parte dell'organismo umano.

In ogni caso, anche queste sostanze, mostrando un punto di fusione più elevato dei corrispondenti isomeri naturali, concorrono all'indurimento della massa lipidica trattata.

In relazione alla composizione nettamente differenziata da quella della matrice di partenza, i grassi idrogenati costituiscono una categoria lipidica a sé stante: essi possono essere utilizzati come condimento e come lipidi di frittura e costituiscono la materia prima per la preparazione di quei surrogati del burro che prendono il nome di *margarine*.

MARGARINE

Nel secolo scorso, la grande richiesta di grassi concreti (in quanto spalmabili), da parte delle popolazioni dei paesi a clima tipicamente continentale, non poteva essere completamente sod-

disfatta. D'altra parte si registrava una relativa abbondanza di oli vegetali, di cui tuttavia, come si è precedentemente ricordato, non era possibile garantire la conservabilità per tempi lunghi e quindi neppure il trasporto a grandi distanze.

Una particolare occasione di crisi si ebbe intorno al 1870, quando, in occasione dell'assedio di Parigi, venne meno la disponibilità di burro. In quell'anno Hyppolite Mège-Mouriés, un farmacista francese, creò un prodotto che propose come surrogato del burro: per frazionamento del sego, egli ottenne una frazione fluida (*oleomargarina*), che poi veniva emulsionata con latte magro. Nasceva così la margarina come surrogato del burro.

Industrialmente la margarina venne poi ricavata emulsionando siero di latte con grassi di diversa provenienza, consistenza e valore; l'affermazione di questo prodotto si verificò nei primi anni del '900, come conseguenza della rapida evoluzione della chimica industriale. Numerosi furono i brevetti depositati riguardanti l'idrogenazione dei grassi: la loro applicazione rese disponibili al consumo mondiale enormi quantità di materie prime di diversissima provenienza, come quelle ricavate dalle sconfinite piantagioni africane e asiatiche o quelle ottenute dai prodotti della pesca.

Queste margarine, che possiamo chiamare di prima generazione, caratterizzate, come si è detto, da una marcata presenza di trans-isomeri, mostravano la seguente composizione di massima:

- 80% grassi concreti naturali e/o idrogenati;
- 20% frazione acquosa, costituita da siero di latte magro o da acqua, opportunamente arricchita di aliquote di emulsionanti (lecitina, ecc.), di aromatizzanti (diacetile, ecc.) e di coloranti naturali (caroteni).

Per ottenere un miglioramento delle caratteristiche nutrizionali si pensò in seguito di procedere a un'idrogenazione parziale, in maniera tale da ricavare un prodotto di consistenza tale da consentire un successivo taglio con lo stesso olio non idrogenato: nascevano così le margarine monoseme, o margarine di seconda generazione, più pregiate in quanto fisiologicamente più adatte al consumo umano.

Più recentemente si è attuato un nuovo tipo processo, che ha portato a ottenere le margarine di terza generazione. Lo stato semisolido di questi prodotti viene realizzato senza impiego di

grassi idrogenati: la matrice lipidica è costituita da grassi naturalmente concreti, tagliati con una opportuna frazione, anch'essa concreta, di grassi vegetali, soprattutto quello di palma.

Sono oggi disponibili anche margarine fluide a minor contenuto lipidico, preparate con un processo di parziale transesterificazione: si ottiene in tal modo un grasso con punto di fusione diverso da quello del materiale di partenza, adatto per essere emulsionato con quantità di acqua superiori, in modo da ridurre la percentuale di grassi dall'80% circa al 40-60%. Questi prodotti, commercializzati in contrapposizione ai burri leggeri, prendono il nome di menarine.

La scelta del grasso o della miscela di grassi da sottoporre al processo di produzione della margarina dipende dalla disponibilità (clima, periodo stagionale, costo) e dall'impiego cui la margarina è destinata. L'emulsione acquosa, ottenuta per agitazione a caldo, viene raffreddata e, dopo solidificazione, viene pressata e impastata con un sistema di cilindri rotanti, sino a ottenere la consistenza voluta. Si passa poi al confezionamento.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Bimbo AP
Fish oils.
JAOCs 66, 1717, 1989.
- Capella P, Fedeli E, Bonaga G, Lercker G
Manuale degli oli e grassi.
Tecniche Nuove, Milano, 1997.
- Christie WW
Lipid analysis.
Pergamon Books, Oxford, 1982.
- Erikson DR
Edible fats and oils processing.
Am Oil Chemist's Soc, Champaign (Ill), 1990.
- Hildict TP, Williams PN
The chemical constitution of natural fats.
Chapman & Hall, London, 1964.
- Hoffman G
The chemistry and technology of edible oils and fats.
Academic Press, London, 1989.
- Karleskind A, Wolff J
Manuel des corps gras.
Vol I, Lavoisier, Paris, 1992.
- Nelson J Nelson
Health effects of dietary fatty acids.
Am Oil Chemist's Soc, Champaign (Ill), 1960.
- Sobstad G
Animal fats.
In Erikson DR, 31, 1990.
- Sobstad G
Marine oils.
In Erikson DR, 37, 1990.
- Staz. Sper. Oli e Grassi
Norme grassi e derivati (NGD), testi pregressi e supplementi.
SSOG, Milano, 1992.

L'ACQUA E LE BEVANDE ANALCOLICHE

D. CATELANI

Cattedra di Chimica Analitica
DISTAM Facoltà di Agraria
Università degli Studi di Milano

INTRODUZIONE

PROPRIETÀ E PREROGATIVE DELLA SOSTANZA ACQUA

Le prerogative più importanti dell'acqua (molecola H_2O), che fanno di questa sostanza il fondamento della vita sulla Terra, si possono così riassumere:

a) la grande resistenza all'azione del calore: anche per riscaldamento ad altissime temperature l'acqua mantiene la sua struttura e composizione molecolare (a $2300\text{ }^\circ\text{C}$ si dissocia in atomi soltanto per il 2-3%);

b) la stabilità agli agenti chimici: i legami tra gli atomi non possono essere spezzati se non con l'apporto di quantità elevate di energia, tanto che in natura H_2O è quasi sempre un prodotto di reazione, difficilmente un reagente (l'unica eccezione è costituita dalle reazioni promosse da esseri viventi, che però avvengono in condizioni particolari di apporto energetico);

c) il suo bassissimo grado di disso-

ciazione in ioni idrogeno (H^+ o H_3O^+) e idrossido (OH^-), che la rende, almeno allo stato di purezza assoluta, un cattivo conduttore di elettricità;

d) la sua bassa volatilità a temperatura ambiente e l'intervallo di temperatura entro il quale mantiene lo stato di aggregazione liquido ($0-100\text{ }^\circ\text{C}$), compatibile con la vita dell'uomo, degli animali, delle piante e dei microrganismi;

e) la temperatura di massima densità ($3,98\text{ }^\circ\text{C}$), che permette la formazione di uno strato superficiale di ghiaccio (isolante termico) in caso di bassissime temperature dell'aria, consentendo la vita nei bacini d'acqua sottostante;

f) il valore assai elevato del calore latente di evaporazione (la quantità di energia necessaria a convertire 1 g di acqua in vapore), e la sua bassa conduttività termica che la rendono adatta a fungere da efficace sistema termostatico;

g) la polarità della molecola, che favorisce la sua azione solvente nei confronti di moltissimi composti naturali.

Particolarmente solubili in acqua risultano:

- moltissime sostanze a carattere salino;
- alcune sostanze organiche polari a basso peso molecolare (come alcol metilico ed etilico, acido acetico, acetone);
- sostanze organiche aventi struttura particolarmente somigliante a quella dell'acqua, come i carboidrati;
- in misura minore, altre importanti sostanze organiche polari e a basso peso molecolare (amminoacidi e vitamine).

Altre sostanze più complesse, biochimicamente assai importanti come le proteine e i lipidi, sono praticamente insolubili in acqua, ma in determinate condizioni di acidità, o in presenza di particolari agenti solubilizzanti, possono essere messe in condizione di circolare all'interno e all'esterno delle pareti cellulari.

Una prerogativa dell'acqua meno favorevole per l'uomo è quella di fungere da veicolo per malattie infettive e affezioni allergiche, in quanto agenti patogeni e allergeni trovano nell'acqua un potente mezzo di diffusione ambientale: tra i microrganismi più pericolosi si possono citare le Salmonelle (tra cui la *S. typhi*), gli enterobatteri, il *Vibrio cholerae* e gli stafilococchi; nell'acqua possono essere presenti molti parassiti e virus, come quello dell'epatite A, della poliomielite, ecc.

IL CICLO DELL'ACQUA IN NATURA

L'azione fisica e chimica dell'acqua nei confronti del mondo minerale accompagna una tappa fondamentale del "ciclo naturale" di questa sostanza che, per effetto della gravità e lungo percorsi diversissimi, finisce per raccogliersi nei bacini marini e oceanici. Il ciclo si completa con i processi di evaporazione e di precipitazione.

Le acque di precipitazione, o acque meteoriche, si possono considerare sostanzialmente prive di sostanze minerali, se si eccettuano piccole concentrazioni, assai variabili nel tempo e nello spazio, di:

- gas naturalmente presenti nell'atmosfera (soprattutto argon, anidride carbonica, azoto e ossidi d'azoto, ozono);
- materiali che vi si raccolgono in quanto presenti nel pulviscolo atmosferico in forma di aerosol (come il cloruro di sodio);
- sostanze derivanti dall'inquinamento (anidride solforosa e solforica, ossidi d'azoto e altri prodotti della combustione, solfuro d'idrogeno, ammoniaca, idrocarburi, derivati di mercurio, cromo, piombo, ecc.).

Sempre a seguito dei lavaggi operati nei confronti dell'atmosfera, nelle

acque meteoriche si rilevano inoltre granuli di polline (che i venti trasportano a grandi altezze e a distanze anche assai rilevanti dai luoghi di origine), e inoltre germi e polvere, particolarmente concentrati negli strati più vicini al terreno.

Una parte delle acque meteoriche incontra immediatamente uno strato superficiale impermeabile, formando così i corsi d'acqua (ruscelli, torrenti e fiumi) o i grandi bacini naturali (laghi, mari e oceani).

Le restanti penetrano in profondità nel terreno, finendo anch'esse per raggiungere formazioni rocciose impermeabili.

Queste acque (dette **acque telluriche**) possono:

- aprirsi una strada attraverso fessurazioni delle rocce, formando veri e propri corsi d'acqua sotterranei (fenomeno detto carsismo nei casi di rocce calcaree);
- approfittare della relativa porosità degli strati di suolo che si trovano a contatto con lo strato impermeabile per raggiungere un punto di emergenza, dove si uniranno ai corsi d'acqua superficiali;
- formare bacini sotterranei che alimentano sorgenti naturali, resorgive, fontanili, ecc.

L'ACQUA NELLA DIETA

Pur non fornendo alcun apporto calorico, la sostanza acqua è un importante fattore della dieta, visto che rappresenta il 60% circa del peso di un adulto (e oltre il 75% nel bambino).

Inoltre, alcune acque per la loro composizione possono apportare un importante contributo di **sali minerali** quali calcio, fluoro, iodio e altri oligoelementi essenziali.

Un importante contributo calorico, invece, può essere fornito dalle **bevande analcoliche**, soprattutto in relazione al tipo di frutto e alla natura e quantità di carboidrati che compaiono nella loro formulazione. I **succhi di verdura e di frutta**, inoltre, contengono una discreta

quantità di sali minerali (e di microelementi); le spremute di frutta fresca sono particolarmente ricche di vitamine.

In condizioni di temperatura ambiente e di attività normale il fabbisogno d'acqua giornaliero per un adulto si aggira intorno a 1-2 litri, considerando in aggiunta:

- la cosiddetta **acqua metabolica**, che si forma all'interno dell'organismo per effetto di tutte le reazioni chimiche che vi avvengono (altri 300 ml circa, calcolati su una razione media di 2500-2800 cal.);
- l'apporto di acqua determinato dalla dieta (**acqua nascosta**), che può essere stimato in circa 300 ml (Tab. 1).

Tabella 1

Contenuto in acqua (%) di alcuni alimenti.

Alimento	% acqua	Alimento	% acqua
Burro	15	Latte	90
Carne	65	Ortaggi	80-90
Farina	15	Pane	30-40
Frutta	80-95	Pesce	50
Zucchero	0	Olio d'oliva	0

Il bilancio complessivo dell'acqua si chiude considerando le perdite: con le urine (1-1,5 litri), le feci (0,15), la respirazione (0,35) e la traspirazione (0,5).

Per effetto di uno sforzo fisico impegnativo o di una temperatura esterna particolarmente alta (ovvero per la febbre, nel corso di una malattia) le perdite per traspirazione aumentano: sarà quindi necessario, in tale evenienza, prevedere un maggiore apporto di acqua per evitare il rischio di disidratazione.

Oltre a essere la principale componente di tutti i fluidi che circolano nell'organismo (sangue, linfa, secrezioni ormonali), o riscontrabili all'interno delle strutture cellulari (citoplasma), l'acqua svolge, come è noto, molteplici funzioni:

- introduce nell'organismo una certa quantità di sali minerali in essa naturalmente presenti (soprattutto il **calcio**);
- come solvente promuove il trasporto dei cibi lungo l'apparato digerente, veicolando inoltre i prodotti della digestione, di cui facilita l'assorbimento attraverso le pareti intestinali e il trasporto sino ai tessuti;
- interviene come reagente nei processi digestivi, promuovendo l'idrolisi delle proteine, dei grassi e dei carboidrati;
- partecipa ai processi di escrezione dei

metaboliti;

- funge da agente termoregolatore della temperatura corporea, trasportando calore o agendo da refrigerante (evaporazione del sudore), a seconda delle necessità;
- agevola i movimenti dei muscoli e funge da lubrificante delle articolazioni;
- come liquido amniotico, rappresenta la protezione del feto nel corso della gravidanza.

Per quanto si riferisce al consumo di acqua e bevande analcoliche si possono fornire le seguenti indicazioni generiche:

- consumare acqua troppo fredda può portare a disturbi dell'apparato gastroenterico (congestione); inoltre, l'acqua gelata è meno dissetante di quella a temperatura ambiente;
- nelle gastropatie ipersecretive si devono preferire acque minerali **alcaline** e non gassate, mentre quelle gassate, caffè, the, cioccolato e menta facilitano la mobilità gastrica (peristalsi); caffè, the, spremute di frutta acidula, succhi conservati di agrumi e pomodori stimolano la secrezione gastroenterica;
- le acque oligominerali sono le più indicate per il neonato, in quanto il ridotto contenuto di sali facilita la digestione, alleggerendo il carico renale.

L'ACQUA POTABILE

APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

L'acqua va oggi considerata come un bene comune, addirittura rarissimo, se consideriamo il fattore purezza: di questo bene prezioso si devono evitare gli sprechi. Fortunatamente, dopo decenni di saccheggio indiscriminato, la tutela del patrimonio idrico del nostro pianeta è da qualche tempo oggetto di attenzione non solo nella coscienza dei singoli, ma – ciò che più conta – da parte delle organizzazioni nazionali e sovranazionali. A seconda della sua “storia” l'acqua può naturalmente avere una composizione assai variabile: nelle opere di approvvigionamento se ne deve tener conto, in maniera da commisurare ogni trattamento alla natura e concentrazione delle sostanze presenti. In qualche caso si deve procedere anche a opportune integrazioni, come avviene per acque povere di fluoro o di sostanze minerali in genere (acque provenienti da impianti di dissalazione).

APPROVVIGIONAMENTO DA ACQUE METEORICHE

In quanto assai povera di sali minerali, l'acqua meteorica viene raccolta e impiegata come acqua potabile soltanto in casi estremi, quando cioè non è possibile approvvigionarsi altrimenti (abitazioni in località isolate, situate su terreni estremamente aridi). In tal caso, le superfici di raccolta e i recipienti di conservazione (costituiti da materiali refrattari all'azione dell'acqua) devono essere sottoposti ad attenta vigilanza e a periodiche operazioni di pulizia, onde evitare l'inquinamento da sporcizia (ad es. escrementi di volatili), e da microrganismi (soprattutto alghe). Le superfici di raccolta e le capacità dei serbatoi vengono dimensionate in base alle particolari caratteristiche di piovosità della zona (abbondanza delle precipitazioni, piovosità giornaliera, lunghezza dei periodi di siccità), nonché al fabbisogno annuale. Si raccomandano periodici trattamenti delle cisterne con cloro.

APPROVVIGIONAMENTO DA ACQUE SUPERFICIALI

Nelle acque superficiali si possono riscontrare:

- sostanze solubilizzate dalle rocce con cui le acque di scorrimento sono venute a contatto;
- sostanze estratte dal terreno (comprese quelle derivanti dall'attività dell'uomo, come fertilizzanti, diserbanti, e pesticidi in genere);
- materiale particellare (limo, argilla, ossidi di ferro, microrganismi e protozoi, ecc.) che non è stato trattenuto dall'azione filtrante del suolo.

Nei processi di solubilizzazione/estrazione di sostanze dalle rocce e dal terreno, grande influenza riveste l'acidità (pH) dell'acqua di precipitazione. Inoltre, nel passaggio attraverso aree di particolare densità abitativa, si osserva un arricchimento di agenti tensioattivi (detersivi anionici, cationici e non ionici) e di microrganismi (pozzi neri), mentre gli insediamenti industriali contribuiscono a rafforzare particolarmente il tasso d'inquinamento chimico, di tipo organico e/o inorganico.

Le bocchette di captazione delle acque superficiali vengono dunque sistemate in maniera opportuna, a una giusta profondità (laghi e mari) e a di-

stanza sufficiente dalla riva e da centri abitati.

Le acque di mare devono subire una dissalazione spinta, capace di abbassare il tenore di cloruro di sodio al di sotto del valore limite stabilito dalle normative vigenti.

Opportune analisi consentono una generica classificazione delle acque superficiali in tre categorie, che richiedono trattamenti differenziati: prima del passaggio finale, rappresentato dalla disinfezione, le acque di tipo A1, le più pulite, subiscono un trattamento fisico semplice, quelle di tipo A2, mediamente inquinate, richiedono un trattamento chimico e fisico normale, mentre per le acque di tipo A3, particolarmente sporche, è previsto un trattamento spinto.

APPROVVIGIONAMENTO DA ACQUE TELLURICHE

Come per le acque superficiali, la composizione delle acque telluriche dipende dalla natura/proprietà/composizione degli strati di suolo attraversato, nonché dalla distanza percorsa.

Delle falde sotterranee, la più superficiale è detta freatica, e può trovarsi generalmente tra i 10 e i 40 metri al di sotto della superficie.

Altre falde si localizzano a profondità maggiori, anche parecchie decine di metri e sono pertanto meno esposte all'inquinamento del terreno sovrastante. In più la loro migliore qualità è dovuta a una più prolungata azione di purificazione da parte degli strati attivi del sottosuolo.

A dimostrazione della sua provenienza da una falda sotterranea, l'acqua dovrebbe avere portata pressoché costante e temperatura compresa tra 9 e 12 °C.

Quando manca uno sbocco naturale (sorgente) il prelievo da acque sotterranee avviene per mezzo di particolari manufatti, i **pozzi** o le **gallerie filtranti**.

I pozzi si classificano in base al metodo con cui vengono ottenuti:

- **a scavo** (i pozzi che interessano la falda freatica);
- **battuti** o **pozzi Northon** (realizzati con ficcando a forza la tubazione in profondità: sono evidentemente adatti a terreni soffici);
- **trivellati** o **a rotazione** (possono raggiungere profondità anche di qualche centinaio di metri: se non è la stessa pressione di falda, complice una favorevole disposizione degli strati impermeabili, a far risalire l'acqua in superficie, per il sollevamento è necessario l'impiego di pompe sommerse);

– **a percussione** (in alternativa alla tecnica a rotazione).

Le gallerie filtranti sono invece gallerie scavate orizzontalmente in modo da intercettare il flusso sotterraneo.

INQUINAMENTO E APPROVVIGIONAMENTO

Un ecosistema naturale, in particolare un **sistema idrogeologico**, può essere considerato in equilibrio quando non intervengano importanti fenomeni di apporto di massa o di energia.

Con l'immissione massiccia di **reflui inquinati** si alterano drasticamente la composizione autonoma dell'acqua e il suo equilibrio.

La "vitalità" di un sistema naturale, in quanto formato da un'infinità di sottosistemi fisici, chimici e biologici in rapporto di stretta interdipendenza, è tale da metterlo in condizione di reagire, opponendo all'azione inquinante una reazione che porterà a un nuovo equilibrio, diverso da quello precedentemente osservato.

La "distanza" tra le due posizioni di equilibrio dipende da moltissimi fattori, sostanzialmente riconducibili alla composizione del sistema originario e all'entità dell'azione inquinante.

In passato, quando le cause di inquinamento erano limitate per numero e per entità, si poteva verificare un sostanziale ritorno alle condizioni iniziali in tempi assai brevi, garantiti dai ritmi relativamente rapidi che caratterizzavano la capacità autodepurante del terreno.

I recenti e recentissimi processi di urbanizzazione e di industrializzazione hanno tuttavia introdotto imponenti problemi di perturbazione degli equilibri naturali, in particolare attraverso la restituzione all'ambiente di un'acqua di composizione (talvolta di temperatura) ben diversa da quella consumata.

Benché una legislazione particolarmente severa regoli oggi, anche in Italia, l'immissione di acque reflue nell'ambiente (in particolare quando provengono da scarichi industriali e/o contengono prodotti chimici pericolosi), si registra un grave ritardo nell'applicazione di tali norme, dovuto, da una parte, a una coscienza non sempre adeguata per i problemi che ne derivano e, dall'altra, all'indubbia vastità degli interessi in gioco.

Come risultato, riscontriamo al presente uno stato di inquinamento del terreno piuttosto preoccupante, soprattutto al Nord del nostro paese, mentre al Sud il degrado è dovuto maggiormente alla situazione di dissesto idrogeologico e al-

la maggiore scarsità di precipitazioni.

Da una parte, questa situazione determina la necessità di reperire acqua in falde sempre più profonde o di utilizzare corpi idrici superficiali e, dall'altra, provoca periodicamente episodi di inquinamento chimico e/o microbiologico, rendendo necessaria la chiusura temporanea dei pozzi interessati e la loro tempestiva bonifica.

Talvolta, per la distribuzione dell'acqua potabile, si deve ricorrere all'impiego di **autocisterne**.

La tutela dei corpi idrici dall'inquinamento si realizza su tre piani fondamentali: la sorveglianza idrogeologica, la protezione delle opere di captazione e la depurazione delle acque reflue.

SORVEGLIANZA IDROGEOLOGICA DELLE FALDE

Le falde acquifere sono soggette a sorveglianza tramite opportune **ispezioni stratigrafiche**, miranti a verificare periodicamente l'integrità e la stabilità degli strati di terreno sovrastanti il bacino acquifero.

Si tratta di garantire l'efficacia della protezione, che potrebbe essere compromessa da eventuali processi franosi o movimenti tellurici: se la portata di

questi eventi è tale da produrre fessurazioni nella struttura altrimenti compatta del terreno si potrebbero verificare episodi di contaminazione della falda, nel qual caso si renderebbe necessario intervenire con la debita tempestività.

PROTEZIONE DELLE OPERE DI CAPTAZIONE

Quanto ai pozzi e alle gallerie filtranti, la loro costruzione deve assicurare la massima purezza dell'acqua: i pozzi a scavo sono i più vulnerabili e vengono pertanto protetti da rivestimenti impermeabili (in cemento), elevandone le sponde ben al di sopra del livello del suolo, per evitare le conseguenze di **esondazioni**; per la protezione dalla polvere vengono dotati di opportune coperture.

DEPURATORI DELLE ACQUE DI SCARICO

Possono essere **depuratori civili, industriali e agricoli**, a seconda della loro destinazione.

La progettazione è evidentemente assai diversa, essendo funzione della qualità e quantità del refluo da trattare.

Un tempo, e ancor oggi in località a sviluppo prevalentemente agricolo e/o caratterizzato da limitatissimi insediamenti umani, l'acqua da scarichi civili veniva distribuita al suolo, nelle cosiddette **marcite**, o inviata a pozzi filtranti (simili alle più moderne **fosse biologiche**).

La restituzione all'ambiente era così ben distribuita nel tempo e nello spazio da rappresentare un trascurabile disturbo degli equilibri naturali, e ciò consentiva un loro ripristino praticamente totale.

Oggi, la raccolta nei **collettori fognari** di una massa imponente di acque provenienti da scarichi civili e la sua immissione in un punto preciso di un corso idrico provoca in esso un'alterazione traumatica degli equilibri biologici.

Questa condizione è imputabile sostanzialmente alla bassissima concentrazione di ossigeno che caratterizza la composizione dell'acqua reflua a causa soprattutto dell'attività metabolica di microrganismi.

Scompaiono così specie animali e vegetali ossigeno-dipendenti, sostituite da specie meno esigenti.

Un depuratore civile deve pertanto operare sull'acqua di scarico quelle stesse trasformazioni che il sistema idrico naturale non è in grado di compiere,

e negli stessi tempi: questo viene ottenuto mediante l'impiego di un'abbondante carica di organismi (batteri, alghe e protozoi) in grado di metabolizzare, opportunamente rifornita di ossigeno, la massima quantità possibile di sostanze inquinanti.

Queste masse biologiche, che si sono adattate a vivere nelle condizioni chimico-fisiche proprie dell'effluente civile, vengono chiamate **fanghi attivi**: in piccola parte vengono riciclate nel depuratore, mentre il resto viene utilizzato per la produzione di **biogas** (50% metano e 50% anidride carbonica).

I depuratori per reflui agricoli e industriali, pur nella loro grande diversità in funzione della composizione del refluo da smaltire, operano secondo principi analoghi.

Il funzionamento ottimale di un depuratore dipende dalla costanza della composizione e dalla portata del fluido che lo alimenta.

FABBISOGNO IDRICO E POSSIBILI FUTURE SOLUZIONI

Il **fabbisogno idrico** varia da 100 a 1000 litri circa al giorno per persona: il limite inferiore si riferisce a piccoli centri e a zone a sviluppo prevalentemente

agricolo, mentre la richiesta aumenta per città densamente abitate, magari circondate da una fascia caratterizzata da forte concentrazione industriale.

- I consumi maggiori si devono a:
- maggiore diffusione di elettrodomestici a funzionamento automatico, con risciacqui multipli (lavabiancheria e lavastoviglie);
 - servizi di pubblica utilità (lavaggio strade, manutenzione fognature, fontane, piscine, ospedali, mense, macelli e mercati).

Poiché le prospettive future inquadrano ulteriori aumenti nel fabbisogno idrico e costi crescenti per il trattamento di **potabilizzazione** dell'acqua per uso domestico, viene presa in seria considerazione l'opportunità di un doppio impianto di distribuzione nei locali a uso civile (abitazioni e uffici): un primo impianto garantirebbe acqua potabile, idonea a uso strettamente alimentare e per l'igiene personale (bagno e doccia), mentre l'altro fornirebbe un'acqua di caratteristiche meno pregiate (detta acqua usabile), da adibire a tutti gli altri consumi.

Il maggior costo del doppio impianto verrebbe compensato dal minor consumo di acqua potabile e dalle diminuite esigenze di trattamento per acque destinate ad altri scopi.

POTABILIZZAZIONE

QUALITÀ DELL'ACQUA POTABILE E NORMATIVA VIGENTE

Qualunque ne sia l'origine, prima di essere avviata al consumo domestico, l'acqua captata da una delle risorse disponibili, tranne quella di origine meteorica, deve oggi subire una serie di trattamenti fisici e chimici adeguati, miranti a garantirne l'accettabilità: è rarissimo, infatti, che un centro abitato disponga di una risorsa d'acqua naturale già caratterizzata di tutti i requisiti per essere impiegata per l'alimentazione.

Esistono dei parametri di qualità, cioè delle limitazioni cui un'acqua deve attenersi per essere dichiarata potabile: natura e valori limite di tali parametri sono fissati da precise norme legislative.

Il criterio cui le amministrazioni si conducono nell'indicare parametri e relativi valori di riferimento (**concentrazioni massime ammissibili, CMA**) è assai delicato ed è sostanzialmente rappresentato da un compromesso tra costi e benefici.

In altre parole, si tratta di un criterio "politico", che di fatto assegna un prezzo alla salute, non molto diverso da quello secondo il quale viene assegnato un prezzo al "ticket" per medicinali, per

analisi cliniche, per prestazioni specialistiche o per degenze ospedaliere.

Tale criterio è basato su tre verità fondamentali:

a) l'acqua "pura", cioè l'acqua esente da sostanze estranee che nulla hanno a che fare con fenomeni puramente naturali, non esiste più: per effetto del trasporto riconducibile ai movimenti dell'atmosfera, anche quella che forma i ghiacci polari o le nevi perenni delle più alte montagne contiene quantità sensibili di inquinanti, direttamente o indirettamente derivati dalle attività dell'uomo;

b) i processi di purificazione hanno un costo che cresce tanto vertiginosamente quanto più ci si avvicina al limite (irraggiungibile) rappresentato dal 100% di purezza; ci si deve pertanto rassegnare, accettando la presenza di inquinanti in concentrazioni finite, piccole per quanto risulta possibile, ma potenzialmente non innocue;

c) mentre per la valutazione della tossicità acuta esistono soglie piuttosto precise (esprimibili ad es. in termini di dosi o di concentrazioni letali, ricavate sperimentalmente lavorando su animali-cavia e su tessuti), non è mai stata dimostrata in maniera convincente l'esistenza di precise soglie di pericolosità per l'assunzione continuata di sostanze chimiche: attualmente si può affermare

semplicemente che quanto più alta è la dose, tanto maggiore risulta il pericolo di subirne l'effetto.

Di conseguenza, entrano in conflitto, da una parte, il diritto alla salubrità dell'acqua e, dall'altra, la richiesta di enormi quantità a prezzi non proibitivi: questo equilibrio precario non ha una soluzione unica, oggettivamente valida, e questo si evidenzia nella diversità dei limiti che spesso si riscontrano tra i diversi paesi, nonostante i continui tentativi di unificazione da parte delle organizzazioni internazionali.

In particolare, certi valori più alti della media si debbono a situazioni locali "storiche" di inquinamento; in qualche caso (anche in Italia, ad es. per il diserbante **atrazina**) si rende necessaria l'emana-zione di appositi decreti di deroga provvisoria, in mancanza dei quali l'acqua non potrebbe essere distribuita dagli acquedotti.

In prospettiva, con la possibilità di limitare l'inquinamento tramite una maggiore sorveglianza degli scarichi e la messa a punto di tecnologie che producano un minore impatto ambientale, si tenderà almeno al raggiungimento dei cosiddetti valori guida, minori dei CMA mediamente di un ordine di grandezza.

In Italia, i requisiti di qualità che devono possedere le acque destinate al

consumo umano (le acque potabili, escluse quelle minerali), sono stati fissati dal DPR 24.5.1988 n. 236, pubblicato nella GU n. 152 del 20.6.1988, emanato in attuazione della direttiva CEE n. 80/778. Di tale Decreto fanno parte integrante (Allegato I) le tabelle A, B, C, D e E, rispettive ai parametri:

- organolettici;
- chimico-fisici;
- concernenti sostanze "indesiderabili";
- concernenti sostanze "tossiche";
- microbiologici.

Nello stesso DPR (Allegato II) vengono indicati i modelli di analisi da prendere in considerazione nel caso di controlli minimi, normali, periodici e occasionali, con le relative frequenze di esecuzione, dipendenti dall'entità della popolazione servita. Sono infine riportati (Allegato III) i metodi analitici di riferimento.

ANALISI DELL'ACQUA DA TRATTARE

Per decidere il tipo e la portata dei trattamenti cui un'acqua deve essere sottoposta per essere resa potabile si deve procedere a una rilevazione di alcune caratteristiche che permettono una classificazione orientativa (Tab. 2).

Significato di alcuni parametri analitici

Con riferimento alla Tabella 2, la prima colonna può rappresentare un'acqua di falda profonda o di falda freatica non particolarmente contaminata, mentre i valori dei parametri riportati nell'ultima colonna potrebbero essere attribuiti ad acque superficiali (ad es. di un lago).

Riportiamo di seguito il significato di alcuni dei più importanti parametri analitici considerati nella scelta del trattamento più idoneo cui sottoporre un'ac-

qua naturale al fine di renderla potabile. Nella scelta tra più acquiferi, più che la rispondenza in termini di valori medi, è importante valutare l'abbondanza in rapporto al fabbisogno, la distanza dal luogo d'impiego e la costanza delle caratteristiche compositive.

Temperatura e pH

Come si è già visto, il controllo della temperatura e della stabilità del suo valore nel tempo sono particolarmente importanti nel caso di acque telluriche:

Tabella 2

Criteria orientativi per la classificazione delle acque naturali e per la valutazione del tipo di trattamento più idoneo a renderle utilizzabili come acque potabili.

Parametri	Sorgente ottima (richiede solo un trattamento di disinfezione)	Sorgente buona (richiede filtrazione e disinfezione)	Sorgente scadente (richiede un trattamento speciale)
Colore*	0-20	20-150	> 150
Torbidità*	0-10	20-250	> 250
pH medio	6-8,5	5-9	3,8-10,5
BOD5 (mg/l O ₂) (media mensile)	0,75-1,5	1,5-2,5	> 2,5
Max occasionale	1-3	3-4	> 4
O ₂ disciolto (mg/l, media mens.)	4-7,5	4-6,5	4
Cloruri (mg/l)	≤ 50	50-250	> 250
Fluoruri (mg/l)	< 1,5	1,5-3	> 3
Fenoli (mg/l)	assenti	< 0,005	> 0,005
Coliformi/100 ml (media mensile)	50-100	100-5000	> 5000
Max occasionale (in meno del)	> 100 (5%)	> 5000 (20%)	> 20.000 (5%)

* si misurano in unità convenzionali
(da California State Water Pollution Central Board, 1963)

variazioni di temperatura in acque profonde possono indicare infiltrazioni da strati superficiali, più esposti all'inquinamento. Un valore di pH molto lontano da 7 implica l'inquinamento da infiltrazioni (tuttavia, di per sé, un pH prossimo a 7 non esclude inquinamento!). Nell'acqua potabile sono tollerati i limiti da 6 a 9,5.

Torbidità e colore

I valori assunti da questi parametri rappresentano un indice della presenza di materiale organico (humus, microrganismi) o inorganico (limo, idrossidi di ferro e manganese), legati in genere a un potere filtrante insufficiente del terreno; una sensibile colorazione indica presenza di sostanze umiche derivanti da decomposizione di vegetali o da inquinanti industriali.

Odore e sapore

Un odore avvertibile può indicare presenza di inquinanti, soprattutto industriali; prevalentemente, comunque, esso è attribuibile alla presenza di particolari organismi acquatici (alghe, batteri, protozoi), responsabili della liberazione di microquantità di oli essenziali, prodotti del loro metabolismo o della loro decomposizione. Il sapore può derivare invece dalla presenza di alcuni sali inorganici, come quelli di calcio, magnesio, ferro, manganese e, naturalmente, cloruro di sodio.

BOD5 (Biochemical Oxygen Demand) e COD (Chemical Oxygen Demand)

Rappresentano un indice della concentrazione di sostanze organiche presenti nell'acqua: oltre a consentire la classificazione della fonte di approvvigionamento, sono una guida per la progettazione dei **depuratori**.

Il BOD5 indica la quantità di ossigeno necessaria alla flora batterica per svilupparsi, metabolizzando la sostanza organica inquinante: si ottiene misurando la concentrazione di ossigeno disciolto (mg/l) all'atto del prelievo e dopo 5 giorni di mantenimento a 20 °C.

Poiché nei processi metabolici le sostanze organiche presenti vengono distrutte solo in parte, e per il resto sono trasformate in materiale cellulare, il tasso di inquinamento organico viene completato dal COD.

Esso è rappresentato dalla concentrazione di ossigeno (mg/l) chimicamente (stechiometricamente) corrispondente alle sostanze ossidabili disciolte.

Il COD si ottiene mediante una determinazione volumetrica con un ossidante chimico, il dicromato di potassio o il permanganato di potassio.

Esiste una relazione di proporzionalità tra COD e BOD5, variabile in ragione della natura degli inquinanti organici.

Ossigeno disciolto

È un indice della capacità dell'acqua di mantenere forme di vita aerobiche piuttosto che anaerobiche, nonché di mineralizzare in maniera diretta o mediata le sostanze presenti nell'acquifero.

Una bassa concentrazione di ossigeno in rapporto al valore di saturazione (concentrazione possibile, pari a ca. 10 mg/l) può essere attribuita a un forte inquinamento o indicare una prevalenza di fenomeni putrefattivi.

Analisi microbiologica

L'analisi microbiologica dell'acqua non solo permette di conoscere lo stato dell'inquinamento da batteri e alghe, ma può anche indicare la contaminazione da materiale **fecale** (dovuto a infiltrazioni). Una simile constatazione, anche in caso di assenza di virus e/o microrganismi pericolosi, può indurre il sospetto di una futura possibile diffusione di epidemie, nell'eventualità che al materiale fecale contaminante pervengano agenti patogeni dotati di azione particolarmente virulenta.

Elementi e sostanze indesiderabili

La presenza di **sali ammoniacali** può derivare dalla decomposizione di sostanze organiche azotate, e denota

un inquinamento ancora in atto o comunque assai recente. Lo stesso si può dire dei **nitriti** e dei **nitriti**: i primi sono prodotti di ossidazione dell'ammoniaca o di riduzione dei nitrati a opera di microrganismi, mentre i secondi sono prodotti di ossidazione di sostanze organiche azotate.

Il **fluoro**, necessario a piccole dosi (previene la carie dentaria nei bambini), è nocivo se presente in forti concentrazioni nell'acqua potabile (CMA 0,7-1,5 mg/l). La sua presenza indica soltanto il passaggio dell'acqua a contatto con rocce capaci di cedere questo anione. La presenza di **fosfati** può essere giustificata da un inquinamento causato da detersivi, fertilizzanti o da prodotti di origine animale.

I **solfuri** non devono essere contenuti in concentrazione tale da alterare le caratteristiche organolettiche dell'acqua (sono avvertibili all'olfatto): si tratta comunque di un indice di decomposizione di materiale organico solforato.

Elementi e sostanze tossiche

Tra le sostanze tossiche l'**arsenico**, oltre a essere largamente presente in natura, è presente nella formula di alcuni pesticidi usati in agricoltura; il **cadmio** può avere origine naturale o industriale, mentre **cianuri**, **romo**, **mercu-**

rio, piombo, selenio e altri hanno origine prevalentemente industriale.

Nell'ambito dei composti organici, i composti clorurati (come la **trielina**) e gli idrocarburi aromatici (tra cui il **benzene**) hanno origine industriale: i primi determinano lesioni epatiche, renali e cardiache e sono dotati di attività mutagena, i secondi mostrano una decisa carcinogenicità; le molecole dei pesticidi, assai stabili, possono provocare carcinomi epatici e leucemia.

Una caratteristica non correlabile a pericolosità per la salute è rappresentata dalla **durezza** (complessiva), attribuibile ai sali di calcio e magnesio, e distinguibile in durezza temporanea e permanente: la durezza temporanea viene eliminata per ebollizione, attraverso la precipitazione del carbonato di calcio, mentre quella permanente è legata alla presenza di sali solubili (soprattutto cloruri, solfati e nitrati).

Un'eccessiva durezza dell'acqua rappresenta un rilevante problema ingegneristico: gli impianti domestici e industriali possono andare incontro ad alcuni inconvenienti quali incrostazioni di tubature e caldaie; inoltre, deprimendo la formazione di schiuma, si osserva una parziale perdita di capacità emulsionante dei detersivi: in questi casi sarà bene procedere all'addolcimento, consistente

nel parziale sequestro dei sali responsabili. Una moderata durezza va invece considerata fisiologica, oltre che agli effetti del bilancio di sostanze minerali per l'organismo, anche per uno stato di conservazione delle tubature metalliche, che altrimenti subirebbero un veloce processo di corrosione, con liberazione di cationi nocivi alla salute (piombo, zinco, rame, stagno).

Anche la **radioattività** dell'acqua deve essere controllata: l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha stabilito dei limiti per la radioattività globale di tipo alfa e di tipo beta.

Il rispetto o il superamento di questi limiti fornisce indicazioni sulla radioattività naturale e su quella dovuta a ricadute radioattive attribuibili all'uso più o meno pacifico dell'energia nucleare.

I TRATTAMENTI DI POTABILIZZAZIONE

L'acqua potabile deve essere limpida, incolore, inodore e di sapore gradevole: a questo risultato devono condurre i diversi trattamenti di potabilizzazione, correggendo i parametri organolettici, chimici e microbiologici, quando i valori di questi (o di alcuni di questi) non siano compatibili con le corrispondenti CMA.

Un impianto per la potabilizzazione è sostanzialmente diverso da quello di un depuratore, pur essendo entrambi destinati alla correzione delle caratteristiche di una soluzione acquosa.

La differenza consiste essenzialmente:

- nella composizione del materiale da trattare: l'acqua da potabilizzare viene considerata di scarsa qualità e quindi necessita di interventi pesanti con BOD di 2,5 mg/l, corrispondenti a un COD intorno a 5 mg/l, mentre il refluo è generalmente molto ricco di sostanze organiche (COD da 1 g/l per un'acqua di fognatura sino a 30 e più g/l per uno scarico di distilleria) e richiede un trattamento biologico;
- nella composizione dell'acqua al termine del trattamento, che deve corrispondere alle limitazioni (CMA) imposte dal DPR 24.5.1988, mentre l'effluente da un depuratore mostrerà specifiche di qualità nettamente inferiori (ad es. un BOD di 30 mg/l è considerato soddisfacente), in quanto lo si considera suscettibile di un'ulteriore purificazione di tipo naturale durante il successivo trasporto dell'acqua, in superficie o in profondità.

Correzione di caratteri organolettici

Il processo di lavorazione di un'acqua per la sua potabilizzazione segue

uno schema fondamentale, che inizia con l'eliminazione della torbidità e del colore. La precipitazione delle particelle colloidali, organiche e/o inorganiche, avviene in ampi bacini aperti, le **vasche di decantazione**, previa aggiunta di agenti coagulanti (sali di metalli come alluminio e ferro).

Nella situazione di pH propria dell'acqua da trattare, questi sali si trasformano nei corrispondenti idrossidi metallici, i quali neutralizzano le cariche elettriche presenti sulla superficie delle particelle colloidali, portandole ad aggregarsi in masse fioccosse più pesanti che tendono a sedimentare.

La diminuzione della velocità di scorrimento dell'acqua evita un massiccio trascinamento in uscita del materiale sedimentabile.

Per eliminare le particelle più leggere, si procede a una filtrazione per gravità o sotto pressione su letti di sabbia e ghiaia (ed eventualmente altro materiale a granulometria più fine).

Odori e sapori non graditi vengono eliminati con l'impiego di uno strato filtrante di carbone attivo. Nell'acqua filtrata la carica batterica risulta abbattuta sino al 95-98%.

Un'ulteriore formazione di sapori e odori può essere prevenuta con opportuni trattamenti preventivi miranti a im-

pedire la proliferazione degli organismi responsabili (ad es. con piccole concentrazioni di cloro per gli attinomiceti e di solfato di rame per alghe e protozoi).

Correzione di caratteri chimici

Abbattimento di ferro e manganese

Questi ioni metallici, a pH anche debolmente alcalino, possono precipitare come idrossidi, ostruendo tubazioni e valvole (il ferro in particolare può portare alla proliferazione di ferrobatteri): per ottenere un'accettabile diminuzione di concentrazione, quando si tratta di composti inorganici, è sufficiente il contatto con aria, altrimenti bisogna ricorrere a forti ossidanti (cloro e permanganato in ambiente alcalino).

Abbattimento dei sali di calcio e magnesio

È il già citato processo di addolcimento, realizzato per aggiunta di calce o con l'impiego di materiali scambiatori di ioni.

Una tecnica piuttosto interessante, sviluppata in tempi relativamente recenti, sfrutta il principio dell'osmosi inversa: mediante applicazione di un'alta pressione (10-30 atm), l'acqua contenente i sali da eliminare viene obbligata a transitare attraverso una membrana semi-permeabile che trattiene gli ioni disciolti.

Per evitare un eccessivo impoverimento di sali, viene trattata solo una frazione dell'acqua da potabilizzare. In pratica l'acqua attraversa una cartuccia contenente un fascio di tubicini in acetato di cellulosa, dal diametro interno dell'ordine del millesimo di millimetro: mentre la soluzione concentrata defluisce all'uscita, l'acqua pura trasuda nel corpo della cartuccia.

Questa tecnica sembra assai indicata anche nella dissalazione dell'acqua di mare, un processo che, per l'alta concentrazione dei sali disciolti, risulta ancora assai costoso, se condotto mediante tecnologie convenzionali; per supplire al fabbisogno di acqua potabile in situazioni di particolare emergenza sono comunque in funzione altri impianti che sfruttano fonti alternative come la luce solare.

Correzione di caratteri batteriologici

L'abbattimento della carica microbica inquinante si ottiene mediante l'azione del cloro (come tale o in forma di derivati come l'ipoclorito o il biossido) o dell'ozono: queste sostanze si decompongono, liberando ossigeno atomico, caratterizzato da un fortissimo potere ossidante, in grado di bloccare, con meccanismi non del tutto chiariti, il metabolismo cellulare.

Uno svantaggio dei composti del cloro è costituito dalla reazione con sostanze organiche, con formazione dei THM (trialogeno metani e clorofenoli), sostanze per molte delle quali è stata accertata la cancerogenicità e che quindi andrebbero eliminati: la loro concentrazione dipende da molti fattori (concentrazione del cloro aggiunto, pH, temperatura, presenza di bromo e di sostanze organiche nell'acqua).

Una normale clorazione richiede, come ordine di grandezza, l'aggiunta di 0,5 mg/l di cloro attivo: questo decade sino a un valore intorno a 0,1 mg/l, che rappresenta il residuo a garanzia del mantenimento delle condizioni di bonifica.

In presenza di ammoniaca (NH_3), parte del cloro presente viene consumata con formazione di cloroammine, anch'esse dotate di azione disinfettante, più lenta ma più prolungata nel tempo rispetto al cloro. L'impiego di ozono richiede apparecchiature costose e dal funzionamento delicato, ma si sta rapidamente diffondendo. Le Figure 1 e 2 rappresentano gli schemi a blocchi di due impianti tipici degli anni '60-'70 e degli anni '90, rispettivamente.

Soluzioni più recenti

Alcuni dei passaggi descritti (come l'abbattimento di ferro e manganese) e

altri ancora (come la nitrificazione dell'ammoniaca e l'abbattimento dei nitrati) vengono oggi ottenuti in diversi impianti moderni con trattamenti di tipo biologico (batteri).

Una nuovissima tecnica, suscettibile di un notevole sviluppo nell'immediato futuro, è quella dell'**ultrafiltrazione**. La tecnica è simile a quella dell'osmosi inversa, anche se il principio di funzionamento della membrana è diverso: l'acqua grezza sotto pressione viene fatta circolare all'interno di fibre cave molto sottili, la cui parete è costituita da una membrana di porosità tale da trattenere persino i virus e le grosse macromolecole organiche, ma non gli ioni inorganici e le molecole organiche più piccole, come quelle dei pesticidi; l'acqua filtrata passa nella camicia che raccoglie e circonda il fascio di diverse migliaia di fibre (Fig. 3).

Per la minore purificazione ottenibile rispetto all'osmosi inversa, l'ultrafiltrazione richiede qualche trattamento addizionale, oltre al lavaggio in controcorrente per rimuovere le molecole intrappolate nei pori della membrana filtrante. In compenso il patrimonio di sostanze minerali viene completamente rispettato. Anche questo tipo di impianto è completamente automatico, e viene messo in moto dalla stessa richiesta idrica dell'utenza.

IMPIANTI DOMESTICI
PER IL TRATTAMENTO
DELL'ACQUA POTABILE

La "normale" presenza nell'acqua potabile di sostanze classificate come indesiderate o addirittura nocive (ma autorizzate dal DPR 24.5.1988 purché in concentrazioni inferiori ai CMA), può in

certi casi alterare in maniera significativa i suoi caratteri organolettici (odore di cloro, colorazioni attribuibili alla presenza di ferro e manganese) o i parametri tecnologici (eccessiva durezza). In alcuni eventi straordinari, come il caso dell'inquinamento da atrazina, si è addirittura fatto ricorso a uno specifico intervento legislativo per sancire un "provvisorio" aumento

Figura 1

Schema-tipo del trattamento delle acque superficiali negli anni '60-'70.

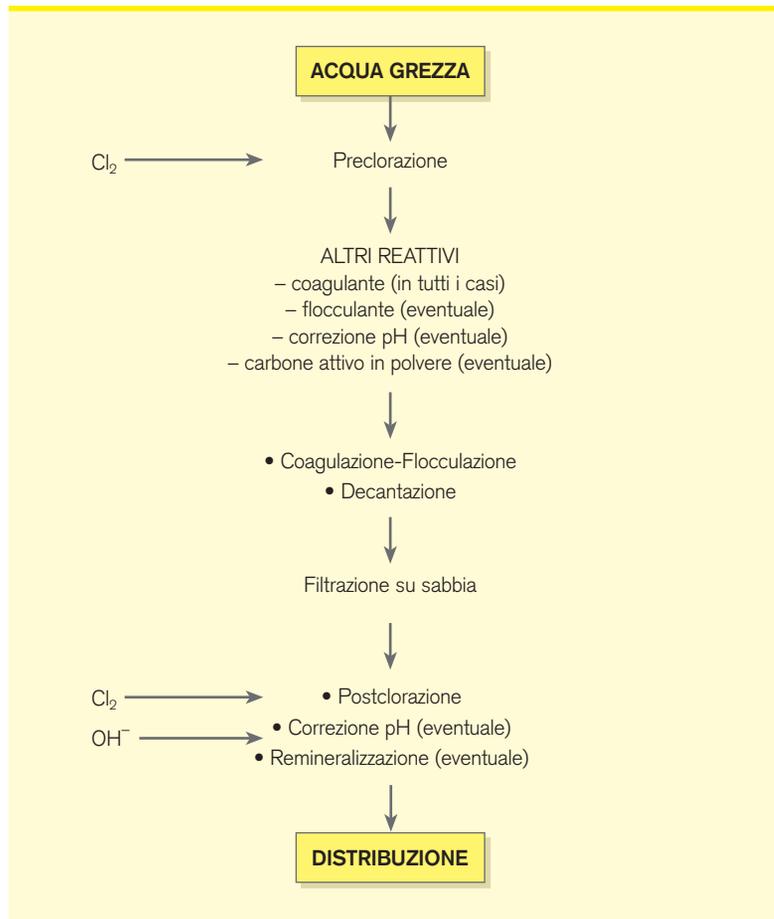


Figura 2

Schema-tipo del trattamento delle acque superficiali negli anni '90.

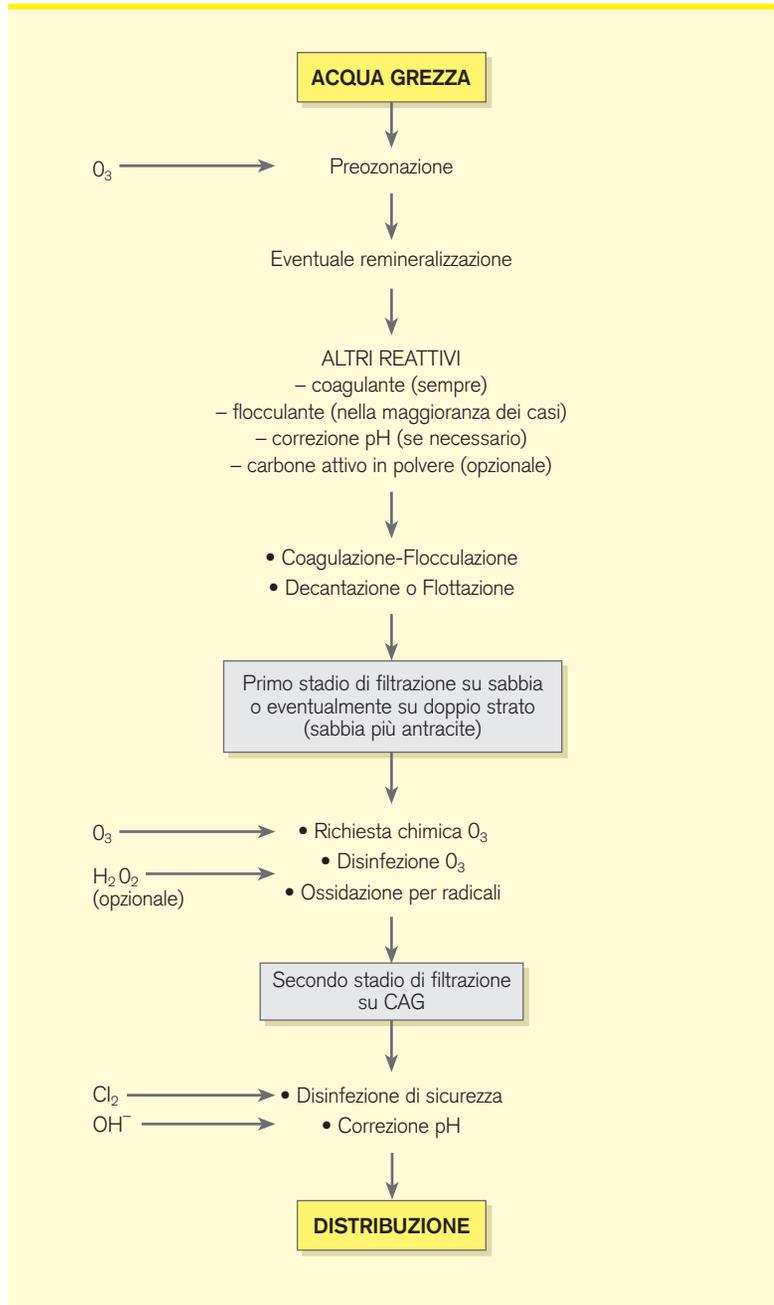
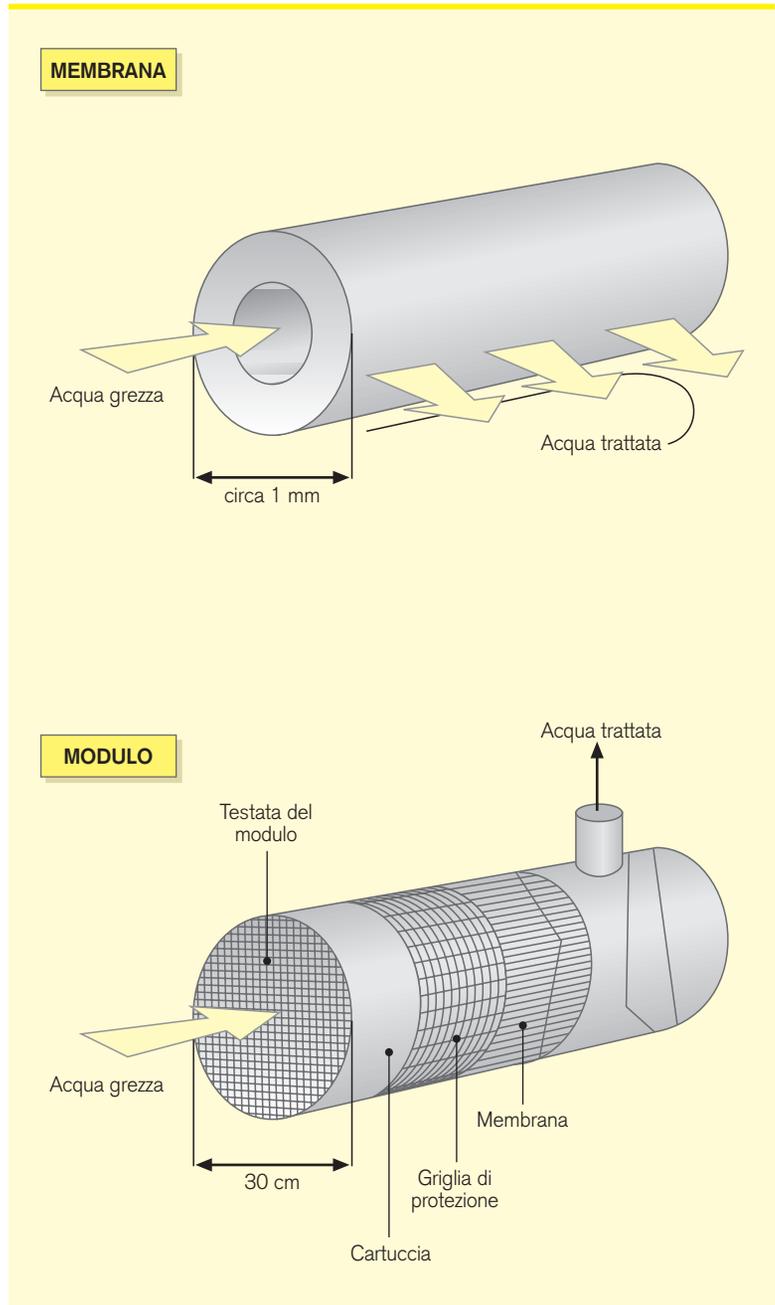


Figura 3

Struttura e funzionamento di una fibra e di un modulo impiegati nel processo di ultrafiltrazione.



della relativa CMA. Tutto ciò ha determinato una crisi di sfiducia dei consumatori nei confronti dell'acqua potabile, causando un forte incremento nel consumo di acqua minerale e promuovendo contemporaneamente lo sviluppo di un mercato selvaggio di apparecchiature per il trattamento domestico dell'acqua potabile, in cui solo in tempi relativamente recenti il Ministero della Sanità ha messo ordine (Circolare 30.10.1989 n. 26: Istruzioni tecniche concernenti apparecchiature per il trattamento domestico di acque potabili), subordinando la commercializzazione dei dispositivi a una preventiva autorizzazione da parte del Ministero.

Eliminati i filtri puramente meccanici, sono attualmente disponibili in commercio diversi tipi di apparecchiature che, rispettando certe regole di corretto impiego e periodico controllo, necessarie per mantenere le condizioni di sicurezza dell'acqua potabile, sono tuttavia in grado di migliorare le caratteristiche chimiche, fisiche e igieniche, abbassando sensibilmente le concentrazioni delle sostanze indebitamente contenute nell'acqua stessa. La Tabella 3 illustra gli effetti patologici da assunzione prolungata di alcune delle sostanze estranee contenute nell'acqua potabile.

La classificazione, determinata dal Ministero della Sanità, è la seguente:

- **addolcitori** (funzionano scambiando gli ioni calcio e magnesio, responsabili della durezza, con ioni sodio);
- **osmotizzatori** (basati sul principio dell'osmosi inversa);
- **apparecchiature a funzioni miste** (ad es. a carbone attivo e membrana).

SORVEGLIANZA

La dichiarazione di potabilità di un'acqua compete alle USL, che hanno il compito di sorvegliarne periodicamente la qualità mediante analisi appositamente programmate in numero, tipo e periodicità, in funzione della popolazione servita, secondo il già citato DPR 24.5.1988 (All. II e III). I cittadini possono richiedere alla USL di competenza i dati analitici dell'acqua potabile.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Esiste un problema etico, concernente la conservazione quantitativa e la tutela qualitativa del patrimonio idrico non solo nazionale: come la qualità dell'aria, anche la qualità dell'acqua non ha frontiere.

Un secondo e più preoccupante aspetto del problema è quello che ri-

guarda il consumo di acqua a scopo alimentare.

Come si è visto, l'acqua dichiarata potabile non è per questo acqua pura: le ricerche circa i pericoli derivanti dall'assunzione continuativa di sostanze definite indesiderabili o addirittura tossiche, sia pure in piccole concentrazioni, sono lunghe e difficili, e spesso non considerano l'eventuale sinergismo, ossia l'effetto combinato di due o più specie chimiche, una delle quali può essere addirittura innocua o non particolarmente sospetta, ma di fatto – per così dire

– aprire la strada a un'altra, magari anch'essa non particolarmente nociva, se assunta da sola (si pensi all'azione combinata dell'alcool e della comunissima aspirina, capaci di produrre ulcerazioni nella mucosa dello stomaco).

A queste azioni sinergiche si tende ad attribuire oggi l'insorgenza delle cosiddette malattie aspecifiche, cioè quelle che non è stato possibile correlare a un unico agente patogeno: si tratta per lo più di **malattie a carattere degenerativo**, la cui diagnosi è spesso tardiva, caratterizzate da un decorso quasi sem-

Tabella 3

Principali effetti patologici determinati da esposizione prolungata alle principali sostanze indesiderabili e tossiche di origine esogena e ai microrganismi presenti nell'acqua.

Specie	CMA	Patologia
Sostanze indesiderabili		
Nitrati	50 mg/l	Disturbi gastrointestinali, metaemoglobinemia infantile
Nitriti	0,1 mg/l	Sospetta cancerogenicità
Ammoniaca	0,5 mg/l	Bassa tossicità
Idrogeno solforato	Non ril. organolett.	Cefalea, nausea
Idrocarburi	10 µg/l	Sospetta cancerogenicità
Fenoli	0,5 µg/l	Danni a rene e fegato
Tensioattivi anionici	200 µg/l	Disturbi gastrointestinali
Organoalogenati	30 µg/l	Danni a fegato e sistema nervoso
Ferro	200 µg/l	Disturbi gastrointestinali
Manganese	50 µg/l	Disturbi gastrointestinali
Rame	1000 µg/l	Disturbi gastrointestinali
Zinco	3000 µg/l	Nausea
Fosforo	5000 µg/l (come P2O5)	Anemia, danni alle ossa
Fluoro	1500 µg/l	Danni a denti e ossa

Tabella 3

[segue]

Specie	CMA	Patologia
Sostanze tossiche		
Arsenico	50 µg/l	Danni a sangue, fegato e reni (cancerogeno sulla cute)
Cadmio	5 µg/l	Vomito e disturbi gastrointestinali, anemia, ritardo di crescita, danni ai denti, lesioni renali, cardiovascolari e agli organi sessuali
Cianuri	50 µg/l	Cefalea, vertigini, nausea, debolezza
Cromo	50 µg/l	Disturbi gastrointestinali
Fluoruri	1,5 mg/l	Fluorosi dentale cronica/anchilosante
Nitrati	50 mg/l	Metaemoglobinemia dell'infanzia
Piombo	50 µg/l	Anemia, disturbi gastrointestinali
Mercurio	1 µg/l	Disturbi al cavo orale, danni ai reni
Nichel	50 µg/l	Nausea, vomito, diarrea
Antimonio	10 µg/l	Disturbi gastrointestinali
Selenio	10 µg/l	Danni al fegato, disturbi gastrointestinali
Antiparassitari	0,1 µg/l	Ogni composto (cancerog., teratogeno) (tot. max 0,5 µg/l)
Policiclici aromatici	0,2 µg/l	Cancerogenicità, teratogenicità
Microrganismi		
Coliformi		Disturbi gastrointestinali
Streptococchi		Infezioni streptococciche
Clostridi		Infezioni e intossicazioni
* I valori riportati sono desunti dalle tabelle C, D e E allegate al DPR 24.5.1988 n. 236. Purtroppo si è spesso reso necessario, da parte del Ministero della Sanità, aumentare i valori delle CMA (nel caso di fenomeni di inquinamento della falda di particolare gravità). Con questo <i>escamotage</i> , l'acqua di rete, che non sarebbe potabile ai sensi del DPR suddetto, viene resa di nuovo potabile, per decreto. Contro simili provvedimenti è più volte intervenuta anche la CEE.		

pre infausto (tumori, arteriosclerosi, diabete, malattie neuropsichiche, ecc.). In più ricordiamo il problema delle allergie, ormai considerato, al di là di ogni dubbio ragionevole, correlato alla qualità dell'ambiente in cui viviamo.

Dati non certo discutibili dimostrano un aumento enorme della sensibilizzazione al polline, alla polvere, al pelo di animali, a certe fibre artificiali, ecc.

La percentuale di popolazione che mostra problemi di allergia supera ormai

il 15% e tende a salire: di questa gli anziani e i bambini sopportano le conseguenze maggiori.

L'acqua che beviamo è certamente una, se non la maggiore, responsabile, insieme all'aria che respiriamo.

Il controllo e la lotta contro malattie di questo tipo richiede un imponente sforzo di ricerca, mentre i risultati, sino-

ra, sono limitati: una via alternativa, invece, può essere quella della prevenzione, a tutti i livelli praticabili.

A questo tendono le organizzazioni sovranazionali, fissando dei valori guida accanto alle CMA, dei valori cui sembra ragionevole tendere, mettendo in opera strumenti di tutela del territorio e metodi di produzione più rispettosi dell'ambiente.

ACQUE MINERALI NATURALI

Prima dell'emanazione del DL 25.1.1992 n. 105, pubblicato sul Supplemento Ordinario alla GU n. 39 del 17.2.1992, la definizione di "acque minerali naturali" e le norme circa la produzione, il controllo e il commercio delle stesse erano contenute in una serie di leggi e decreti facenti capo al RD 28.11.1919 n. 1924 e quanto a esso si riferiva, come il DM 20.1.1927.

Il DL n. 105 comporta una disciplina assolutamente innovativa, in ottemperanza alla Direttiva CEE n. 777 del 15.7.1980 in materia di riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri sull'utilizzazione e la commercializzazione delle acque minerali naturali. La nuova definizione è la seguente (art. 1, comma 1): «Sono considerate acque minerali naturali le acque che, avendo origine da una falda o giacimento sotterraneo, provengono da una o più sorgenti naturali o perforate e che hanno caratteristiche igieniche particolari e proprietà favorevoli alla salute».

È scomparso ogni riferimento a conclamate "proprietà terapeutiche", che non possono essere rivendicate né in etichetta né come messaggio pubblicitario (art. 17). La differenza dalle ordinarie acque potabili è rappresentata dalla "purezza originaria e sua conservazione", nonché dal "tenore in minerali, oligoelementi e/o altri costituenti e dai loro effetti" (art. 1, comma 2). Ciò in relazione alla loro provenienza da falde sotterranee, poco o per nulla esposte a inquinamento per merito della loro particolare situazione idrogeologica.

Se prodotte in Italia, vengono poste in commercio su autorizzazione del Ministero della Sanità (per acque importate da paesi della Comunità, riconosciute dagli stati membri e comprese negli elenchi pubblicati dalla GU della CEE, l'importazione è libera, mentre sono soggette ad autorizzazione quelle importate da paesi terzi). Il decreto di riconoscimento specifica le caratteristiche igieniche particolari, le proprietà favorevoli alla salute e le indi-

cazioni e controindicazioni che possono essere riportate in etichetta (art. 4). L'autorizzazione all'utilizzo di una sorgente viene concessa dalle autorità regionali, previ opportuni accertamenti sugli impianti, che devono essere tali da escludere pericoli di inquinamento, conservando nel contempo all'acqua minerale le proprietà riscontrabili alla sorgente (art. 5).

Le opere consentite (art. 7) riguardano la captazione e sostanzialmente il trasporto diretto (tramite tubazioni) in vasche e serbatoi, nonché eventuali trattamenti volti a eliminare presupposti di instabilità (ad es. ossigenazione e filtrazione), purché ininfluenti sulle proprietà dell'acqua originaria; sono ancora ammesse, infine, le operazioni volte a diminuire o aumentare il contenuto di anidride carbonica. Non è invece consentita l'aggiunta di sostanze batteriostatiche o battericide (art. 8).

La disciplina delle etichette è contenuta nell'art. 11, che tra l'altro prescrive l'indicazione, accanto alla denominazione particolare, della dizione "acqua minerale naturale", seguita – se del caso – da menzioni riguardanti eventuali trattamenti che hanno o non hanno modificato il tenore in CO₂ (totalmente oppure parzialmente degassata, naturalmente gassata o effervescente naturale, ecc.).

L'etichetta deve riportare, oltre ai ri-

sultati delle analisi (da aggiornare entro un periodo di 5 anni), la data e il laboratorio autorizzato in cui sono state eseguite, il termine minimo di conservazione ("da consumarsi entro...") e il lotto di imbottigliamento; il contenuto della bottiglia non può superare i due litri. Non deve più essere riportata l'analisi microbiologica perché già definita per legge la sua conformità, ma può essere aggiunta l'indicazione "microbiologicamente pura".

Sempre sull'etichetta possono ancora comparire menzioni riguardanti il contenuto in sali minerali (per i relativi criteri, vedi Tab. 4) e inoltre, mutate dal decreto di riconoscimento, indicazioni e controindicazioni, come "può avere effetti diuretici (o lassativi)", "stimola la digestione", "può favorire le funzioni epatobiliari (o altro)", "indicata per l'alimentazione dei neonati", ecc.

In etichetta non sono ammesse affermazioni pubblicitarie. La pubblicità commerciale è libera, ma è soggetta ad autorizzazione nel caso in cui vengano menzionate le proprietà salutari o le indicazioni e/o controindicazioni riportate nel decreto di riconoscimento. Sono invece escluse affermazioni circa la capacità di un'acqua minerale di prevenire, curare o guarire malattie: in precedenza queste affermazioni erano invece consentite se attestate da una specifica relazione me-

Tabella 4

Menzioni e criteri previsti all'art. 11 del DL 25.1.1992.

Menzioni	Criteri
Oligominerale oppure leggermente mineralizzata	Tenore in sali minerali (calc. come residuo fisso) < 500 mg/l
Minimamente mineralizzata	Tenore in sali minerali (calc. come residuo fisso) < 50 mg/l
Ricca in sali minerali	Tenore in sali minerali (calc. come residuo fisso) > 1500 mg/l
Contenente bicarbonato	Tenore in HCO_3^- > 600 mg/l
solfata	Tenore in $\text{SO}_4^{=}$ > 200 mg/l
clorurata	Tenore in Cl^- > 200 mg/l
calcica	Tenore in Ca^{++} > 150 mg/l
magnesiaca	Tenore in Mg^{++} > 50 mg/l
Fluorata o contenente fluoro	Tenore in F^- > 1 mg/l
Ferruginosa o contenente ferro	Tenore in Fe^{++} > 1 mg/l
acidula	Tenore in CO_2 > 250 mg
sodica	Tenore in Na^+ > 200 mg/l
Indicata per diete povere di sodio	Tenore in Na^+ < 20 mg/l

dica. Agli effetti della commercializzazione vengono abbandonati i criteri di classificazione come quello, storicamente importante, proposto da Marotta e Sica e fondato sul **residuo fisso** ottenibile per riscaldamento a 180 °C:

- acque oligominerali, con residuo inferiore a 200 mg/l;
- acque medio-minerali, con residuo compreso tra 200 mg e 1 g/l;
- acque minerali, con residuo superiore a 1 g/l.

Un'altra classificazione storicamente importante, e in parte ripresa dalla normativa attualmente in vigore, considerava il tenore in sostanze minerali: si possono

così avere **acque minerali salse, solfuree, arsenicali-ferruginose, bicarbonato e solfato**; ciascuna di queste cinque categorie risultava ulteriormente suddivisa in funzione della concentrazione di particolari specie caratterizzanti: ad es. erano dette carbonatiche quelle con prevalenza dell'anione HCO_3^- (idrogenocarbonato o bicarbonato), mentre venivano definite carboniche quelle caratterizzate da effervescenza per CO_2 disciolta. Da ricordare inoltre le **acque radioattive**, anche se non comprese nella recente legislazione sulle acque minerali naturali. Il loro grado di radioattività (attribuito al gas raro Radon in esse disciolto) viene espresso

in nanocurie/litro (1 nC corrisponde a 37 disintegrazioni al secondo). Una possibile classificazione è la seguente:

- debolmente radioattive (da 1 a 30 nC/l);
- radioattive (da 30 a 150 nC/l);
- fortemente radioattive (oltre 150 nC/l).

Secondo il regolamento che reca i criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali, riportato dal DM 12.11.1992 n. 542, pubblicato sulla GU n. 8 del 12.1.1993, a corredo della domanda di riconoscimento deve essere presentata una relazione idrogeologica, comprendente tra l'altro la planimetria della zona, una definizione del bacino imbrifero geografico e idrogeologico della sorgente, nonché i piani

topografici e permeatimetrici che dimostrino la non interferenza di altre falde a rischio di inquinamento e la descrizione dei criteri di salvaguardia della falda e delle opere di captazione (art. 2).

Alla domanda di riconoscimento devono essere allegati i certificati di almeno 4 analisi relative alle quattro stagioni dell'anno (art. 3), eseguite presso laboratori autorizzati (art. 4) e concernenti una serie di parametri fisici e chimici (artt. 5 e 6) e microbiologici (artt. 7-10): in questi stessi articoli sono specificati i limiti per sostanze contaminanti o indesiderabili al di sopra di una certa concentrazione e per alcuni microrganismi (Tabb. 5, 6 e 7).

Tabella 5

Parametri analitici chimici e fisico-chimici da determinare per le acque minerali naturali (artt. 5 e 6, DM 12.11.1992 n. 542).

Parametri analitici chimici e fisico-chimici

1) Temperatura alla sorgente	13) Calcio
2) Concentrazione degli ioni idrogeno alla sorgente	14) Magnesio
3) Conduttività	15) Ferro disciolto
4) Residuo fisso	16) Fluoro
5) Ossidabilità	17) Azoto ammoniacale
6) Anidride carbonica libera alla sorgente	18) Fosforo totale
7) Silice	19) Grado solfidrometrico
8) Bicarbonati	20) Stronzio
9) Cloruri	21) Litio
10) Solfati	22) Alluminio
11) Sodio	23) Bromo
12) Potassio	24) Iodio

Tabella 6

Parametri relativi a sostanze contaminanti o indesiderabili al di sopra di una certa concentrazione (a fianco indicata), da determinare per acque minerali naturali.

Sostanza	Concentrazione
1) Cianuri	0,01 mg/l
2) Fenoli (escl. quelli naturali, che non reagiscono al cloro)	0,5 µg/l C ₆ H ₅ OH
3) Agenti tensioattivi (MBAS anionici)	200 µg/l laurilsolfato
4) Oli minerali, idrocarburi disciolti o emulsionati)	10 µg/l
5) Idrocarburi aromatici policiclici	0,2 µg/l
6) Pesticidi e bifenili policlorurati	0,1 µg/l per componente 0,5 µg/l totale
7) Composti organoalogenati che non rientrano alla voce n. 6	1 µg/l
8) Arsenico	0,05 mg/l As(III) 0,15 mg/l As(V) 0,20 mg/l totale
9) Bario	10 mg/l
10) Borati	30 mg/l H ₃ BO ₃
11) Cadmio	0,01 mg/l
12) Cromo VI	0,05 mg/l
13) Mercurio	0,001 mg/l
14) Manganese	2 mg/l
15) Nitrati	45 mg/l NO ₃ 10 mg/l per acque destinate ad alimentazione nell'infanzia
16) Nitriti	0,03 mg/l NO ₂
17) Piombo	0,05 mg/l
18) Rame	1 mg/l
19) Selenio	0,01 mg/l

Tabella 7

Parametri microbiologici da determinare sulle acque minerali naturali (artt. 9 e 10, DM 12.11.1992 n. 542).

Parametri microbiologici
Carica microbica a 20 °C e a 37 °C
Coliformi in 250 ml (in duplice)
Streptococchi fecali in 250 ml (in duplice)
Clostridi solfitoriduttori in 50 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> in 250 ml
<i>Staphylococcus aureus</i> in 250 ml

I relativi metodi analitici sono riportati nel DM 13.1.1993 (GU n. 14 del 19.1.1993).

Con la Circolare del Ministero della Sanità n. 17 del 13.9.1991 vengono completate le indicazioni sulle procedure relative ai controlli microbiologici fornite con la Circolare n. 61 del 9.8.1976 dello stesso Ministero (modalità di campionamento e metodologia analitica).

Con analoga Circolare (n. 19 del 12.5.1993) si provvede per quanto attiene alle analisi chimiche e chimico-fisiche. Le suddette circolari indicano anche la periodicità dei controlli analitici da eseguire, differenziando i compiti tra gli organi sanitari competenti e le aziende imbottigliatrici.

Premesso che «nella fase di commercializzazione l'acqua minerale naturale non deve presentare alterazioni che rappresentino un difetto dal punto di vista organolettico e la carica microbica totale deve essere conforme al suo microbismo naturale», al punto C.2 della suddetta Circolare si prendono in considerazione gli indici di contaminazione per il giudizio di qualità che deve tenere conto della qualità del processo di imbottigliamento e del contenitore.

Le autorità sanitarie possono in ogni

momento disporre accertamenti volti a controllare l'effettiva rispondenza del prodotto alla normativa vigente.

Il sapore e le proprietà di un'acqua minerale naturale dipendono ovviamente dalla sua composizione (natura e concentrazione dei sali in essa contenuti), determinata dalla sua situazione idrogeologica e in particolare alla composizione delle rocce con cui l'acqua è venuta a contatto; se gassata (cioè addizionata di una quantità di CO₂ superiore a quella propria dell'acqua prelevata alla sorgente), l'acqua minerale assume proprietà stimolanti del processo digestivo, ma contemporaneamente diventa controindicata per quanti soffrono di problemi di ipersecrezione gastrica.

L'impiego di acque minerali naturali nella preparazione di bibite analcoliche è possibile, ma è subordinato all'autorizzazione dell'autorità regionale: l'acqua minerale deve essere condotta dalla sorgente allo stabilimento mediante apposita canalizzazione.

Sull'etichetta può essere riportato il nome della fonte, ma anche in questo caso è vietato ogni riferimento a indicazioni terapeutiche e alle caratteristiche medico-fisiche e batteriologiche dell'acqua minerale naturale.

ACQUE GASSATE E BEVANDE ANALCOLICHE

Il DPR 19.5.1958 n. 719 definisce acque gassate (da non confondere con acque minerali naturali addizionate di CO₂) l'acqua di **seltz** (acqua potabile addizionata di anidride carbonica) e l'acqua di **soda** (acqua potabile, contenente sodio bicarbonato e addizionata di anidride carbonica).

Le **bibite analcoliche** (gassate e non) vengono ottenute con acqua potabile o minerale e possono contenere:

- succo di frutta;
- infusi, estratti di frutta o di parti di piante commestibili o amaricanti o aromatizzanti;
- essenze e aromi naturali o naturali-identici o artificiali;
- sostanze coloranti e conservanti;
- saccarosio;
- acido citrico e/o tartarico.

Il saccarosio può essere sostituito da destrosio per un massimo del 10% e il contenuto in alcol etilico non deve superare l'1%.

Come si è già accennato, in caso di

impiego di acque minerali naturali autorizzate è necessaria l'autorizzazione del Ministero della Sanità: ricordiamo ancora che è consentito riportare la denominazione della fonte, ma non i riferimenti alle caratteristiche dell'acqua minerale, in particolare a proprietà e indicazioni terapeutiche.

La conservazione e la salubrità delle bibite analcoliche viene assicurata mediante idoneo trattamento termico (in genere la pastorizzazione). Non è più ammessa l'aggiunta di sostanze chimiche in qualità di conservanti come sali dell'acido benzoico e dei suoi derivati.

I **succhi di frutta** devono essere preparati con succo naturale, o concentrato, o liofilizzato o sciroppato: l'etichetta deve ovviamente riportare il/i nome/i del/i frutto/i usato/i nella preparazione.

I succhi di arancio, limone e mandarino possono contenere succhi, estratti o essenze naturali provenienti da agrumi diversi.

Il residuo secco non può essere in-

feriore al 10% (p/v) e il contenuto di succo naturale (o l'equivalente se viene impiegato il concentrato o il liofilizzato) deve essere almeno del 12%: tale contenuto deve essere riportato esplicitamente sull'etichetta. Quando il contenuto in succo naturale supera il 30% (p/v) il residuo secco può essere inferiore al 10%.

Le **bibite** preparate con estratti possono contenere succhi di frutta, sostanze amaricanti e aromatizzanti diverse dal frutto o dalle piante cui la preparazione si richiama. Il residuo non può essere inferiore all'8%.

La **gassosa** è preparata con acqua potabile, gassata ed edulcorata con saccarosio; può contenere inoltre acido citrico, acido tartarico ed essenza di limone. Escluse le sostanze coloranti. Il residuo secco minimo è del 6%.

Le bibite analcoliche vendute con denominazioni di fantasia non devono

avere un residuo secco inferiore all'8% (p/v). Eventuali coloranti devono appartenere all'elenco dei prodotti consentiti. Per i succhi di frutta sono tollerate tracce di anidride solforosa.

Per alcune bibite (come Coca Cola e Pepsicola) è stata consentita l'aggiunta di acido ortofosforico e caffeina.

L'insieme delle norme riportate deve intendersi applicabile anche alle polveri per la preparazione estemporanea delle acque da tavola e di bibite in genere (camomilla solubile, the solubile, caffè e surrogati, ecc.).

Oltre ai succhi di frutta preparati industrialmente citiamo quelli ottenuti per spremitura o frullatura immediatamente prima del consumo: in quanto non diluiti con acqua e privi di additivi conservanti e inoltre per non necessitare di alcun trattamento fisico volto ad assicurarne la sterilità, le loro proprietà nutrizionali sono assolutamente superiori.

CAFFÈ

Le diverse qualità di caffè che si trovano in commercio, intero o macinato, sono solitamente miscele, cui la **tostatura** ha impartito l'aroma e il sapore ben noti (durata e temperatura di questa operazione possono essere scelti con una certa libertà, al fine di adeguare le caratteristiche organolettiche del prodotto ai gusti delle diverse categorie di consumatori).

Durante la tostatura si producono due gruppi di sostanze idrosolubili, un estratto pesante che dà corpo e sapore alla bevanda, e uno più leggero, responsabile dell'aroma.

Dell'estratto pesante fanno parte: caffeina, acido caffetannico, glucosio, destrine, proteine e sostanze minerali. Inoltre, per effetto del calore, i semi producono una certa quantità di oli, la cui degradazione ossidativa è responsabile dell'irrancidimento nel tempo.

Una buona conservazione del caffè macinato si ottiene mantenendolo **sotto vuoto** (una volta aperta la confezione è

consigliabile conservare il prodotto in luogo asciutto e freddo).

I metodi per la preparazione del caffè sono assai differenziati nel mondo: in Italia il metodo più usato è quello del **caffè espresso**, che utilizza un caffè molto tostato e permette di ottenere una bevanda scura, molto forte.

Il contributo calorico del caffè è correlabile alla quantità di zucchero che viene aggiunto: per gli italiani, che sono tra i consumatori più forti, può quindi rappresentare un importante fattore dietetico. Quanto alla diffusa sensazione di benessere generale, essa è dovuta alla ben nota azione stimolante della **caffeina** sul sistema nervoso centrale: la quantità assunta per tazzina si aggira intorno ai 100 milligrammi.

I soggetti ipersensibili possono avvertire insonnia, stati ansiosi e accelerazione della frequenza del battito cardiaco: in tal caso è consigliabile il tipo **decaffeinato**, ottenuto estraendo la caffeina dal caffè verde con solventi adatti.

Il prodotto ottenuto, che mostra una limitata perdita di aroma e sapore, insieme a una parte delle sue proprietà stimolanti, deve contenere al massimo lo 0,15% di caffeina e mostrare un'umidità inferiore al 5%.

Il caffè solubile, ottenuto per disidratazione spinta della bevanda non zuccherata, si scioglie istantaneamente in acqua facilitando così la preparazione.

Tra i surrogati del caffè troviamo le

bevande preparate da semi e germogli d'orzo torrefatti e macinati (caffè d'orzo e malto solubile), o dalla radice di cicoria. Il loro consumo, motivato da un'azione stimolante più blanda, è piuttosto considerevole e tende ad aumentare.

Oltre ad agire come eccitante, il caffè caldo o freddo promuove la mobilità gastrica e stimola la secrezione gastroenterica.

THE

È il tannino a dare corpo e colore al the, mentre aroma e sapore sono dovuti agli oli essenziali estratti durante l'infusione dalle foglie essiccate e macinate: il contenuto in oli essenziali deriva dal grado più o meno spinto della fermentazione che i succhi fogliari subiscono durante la fase di essiccazione.

Alla teina (sinonimo di caffeina) e ad altre sostanze stimolanti come teobromina e teofillina è dovuta l'azione eccitante, analoga a quella del caffè; anche in questo caso il suo apporto calorico è attribuibile allo zucchero aggiunto. La bevanda favorisce inoltre la diuresi.

Come per il caffè sono disponibili il tipo deinato e polveri solubili per la preparazione di una grande varietà di the aromatizzati; molto diffuse le confezioni pastorizzate di the pronto da bere.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Defrancesco F
Acqua.
Temi Ed, Trento, 1991.

Giuliano R, Stein ML
Quaderni di chimica degli alimenti, vol 2°, 1988.

Grippe P
La normativa delle acque minerali naturali. Aspetti igienico-sanitari.
Mineracqua, Roma, 1993.

Magliano EM
Igiene.
Cortina Ed, Milano, 1990.

