

Tecnologia dell'industria lattiero casearia

- I** **Il latte: proprietà fisiche e chimiche**
- II** **Analisi del latte**
- III** **Lavorazione del latte**
- IV** **Industria lattiero-casearia**
- V** **Prodotti del latte**
- VI** **Burrificio**
- VII** **Caseificio**
- VIII** **Il formaggio**

Prof. Consoli S.

Latte

Commercialmente, con il termine latte si indica il latte di mucca; tuttavia trovano applicazione pratica, anche se molto limitata, il latte di pecora, quello di capra, quello di bufala, ecc.

Proprietà fisiche e chimiche.

Il latte è un'emulsione di grassi e acqua, contenente glucidi (lattosio e tracce di glucosio), proteine (caseina, lattoalbumina, lattoglobulina), sostanze azotate non proteiche (urea, creatina, creatinina), sali minerali (fosfati, cloruri, ecc.), vitamine (A, B₁, B₂, C, D, PP) e numerosi enzimi tra cui hanno particolare importanza le perossidasi, le catalasi e le riduttasi. I lipidi sono i trigliceridi tipici del burro (si veda la voce BURRO), costituiti essenzialmente da acido stearico, palmitico e oleico, oltre che da acido butirrico; altre sostanze lipidiche sono le lecitine e il colesterolo con i suoi esteri. Tutti questi componenti sono presenti nel latte in diversa quantità a seconda della natura dell'individuo produttore, della sua età, dello stadio di lattazione, dell'alimentazione, ecc.

Il latte vaccino ha pH 6,6 ; quello umano, pH 7,2. L'elevato potere tampone è dovuto alla presenza di citrati, fosfati, bicarbonati.

Il latte ha una densità compresa tra 1,028 e 1,035 (la densità viene misurata a 15 °C); punto crioscopico intorno a -0,55 °C; in media il contenuto in acqua varia tra 87 e 91 % (in g).

Potere nutritivo del latte.

Notevole è il valore alimentare del latte per la presenza di sostanze proteiche, carboidrati, grassi, sali minerali e vitamine (1 l di latte fornisce 700 kcal), tuttavia il latte non può essere considerato un alimento completo, perché non contiene in quantità sufficiente alcuni minerali (ferro) e alcune vitamine; inoltre la qualità e il rapporto tra sostanze proteiche, carboidrati e grassi sono sotto alcuni aspetti non idonei per la nutrizione di un organismo animale.

Analisi fisiche e chimiche sul latte.

Le analisi più comuni a cui viene sottoposto il latte sono : la determinazione della densità (con il lattodensimetro di Quevenne o la bilancia di Westphal), del grasso (con il metodo volumetrico di Gerber), delle sostanze azotate con il metodo di Kjeldahl, del residuo secco totale e magro e del punto crioscopico. Servono a svelare eventuali scremature o aggiunte di acqua.

Oltre alla valutazione del pH, si può determinare sul latte il grado rifrattometrico del siero, si possono ricercare grassi estranei, conservativi, ecc. Viene inoltre misurata l'attività catalitica, riducente e ossidante del latte, che serve a valutare il suo stato di conservazione e la sua carica batterica e consente di controllare i trattamenti termici subito dall'alimento. Infatti il latte riscaldato a una temperatura superiore ai 75 °C non ha più azione ossidante poiché, a quella temperatura, sono totalmente distrutte le ossidasi.

La presenza di amido nel latte, sofisticazione che serve ad aumentarne la densità., viene rivelata mediante aggiunta di qualche goccia di tintura di iodio.

Analisi microbiologiche sul latte.

Il latte, per la sua ricchezza in sostanze nutritive e il suo pH pressoché neutro è un ottimo terreno di crescita per numerosi microrganismi. Secondo le cautele igieniche usate durante le operazioni di mungitura e secondo la salute dell'animale, il latte, subito dopo la mungitura, può contenere da poche centinaia a molti milioni di germi per centimetro cubo. Il latte 'certificato' non contiene in media più di 10000 microbi per centimetro cubo. I microbi presenti nel latte possono essere di origine esogena o endogena. Tra i primi si annoverano quelli provenienti dall'aria, dal fieno, se questo viene distribuito agli animali prima della mungitura, da Insetti infestanti (come ad esempio le mosche), dagli attrezzi di stalla o da quelli utilizzati per effettuare la mungitura, dal personale addetto alla mungitura oltre che da numerose altre fonti.

Si possono distinguere i microrganismi presenti nel latte in saprofiti e patogeni.

I microrganismi saprofiti sono riferibili alle seguenti famiglie:

1) *Lactobacillaceae* : comprendono sia cocchi sia bacilli appartenenti ai generi *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Lac-tobacillus*, ecc. e trasformano il lattosio in acido lattico con coagulazione del latte (fermenti lattici). *Streptococcus lactis* è largamente impiegato nella fabbricazione del formaggio;

Streptococcus thermophilus si trova in latti fermentati come lo yogurt; *Lactobacillus citrovorum* dà l'aroma al burro. Fanno parte della famiglia anche *Butyribacterium* e *Propionibacterium* che determinano rispettivamente la fermentazione butirrica e batterica

2) *Enterobacteriaceae*: sono Batteri gramnegativi asporigeni a forma bacillare, presenti normalmente nell'intestino crasso degli animali (*Aerobacter aerogenes*, *Escherichia coli*). Essi sono indice di contaminazione fecale

3) *Pseudomonadaceae* : comprendono il genere *Pseudomonas*, dotato di una notevole attività degradante sulle proteine.

4) *Achromobacteraceae*:

comprendono i generi *Achromobacter* e *Alcaligenes* che scindono il grasso in glicerolo e acidi grassi (tra questi ultimi, quelli a basso peso molecolare conferiscono al latte sapore di rancido), mentre *Alcaligenes viscolactis* provoca un aumento della viscosità del latte.

5) *Bacillaceae*: sono Batteri bacillari e sporigeni, comprendono Batteri aerobi, come *Bacillus subtilis* e *Bacillus cereus*, che riescono mediante sporificazione a sopravvivere alla pastorizzazione e talvolta anche alla sterilizzazione e sono quindi causa principale delle alterazioni del latte pastorizzato o sterilizzato. Anaerobi della stessa famiglia sono *Clostridium sporogenes* che demolisce le proteine e *Clostridium tyrobutyricum* che determina alterazioni nel formaggio.

Tra i microrganismi patogeni che possono essere presenti nel latte, oltre al bacillo tubercolare bovino e all'agente dell'afta epizootica, si ricordano gli agenti del tifo, del paratifo, della difterite, del colera e della scarlattina. Il latte appena munto possiede tuttavia proprietà battericide derivategli con tutta probabilità da sostanze provenienti dell'animale. Si tratta comunque di attività battericide deboli che vengono distrutte dal calore: per inibire la crescita batterica è quindi indispensabile conservare il latte, subito dopo la mungitura, a una temperatura inferiore ai 10 °C.

Si ricorda inoltre la presenza nel latte di batteriofagi i quali, attaccando i Batteri della fermentazione lattica, possono impedire la normale cagliata durante la preparazione del formaggio dei lieviti che si trovano come contaminanti nei prodotti del latte (burro, formaggio, ecc.) e provocano la fermentazione dei carboidrati o l'idrolisi dei grassi e la saltuaria presenza di Funghi capaci di degradare carboidrati, grassi e proteine presenti nel latte, danneggiandone talvolta i suoi prodotti. Altre volte questi, come *Penicillium roqueforti*, sono utilizzati nell'industria del formaggio per conferire la venatura verde dei formaggi del tipo gorgonzola e roquefort.

Alterazioni del latte.

Il latte va soggetto più o meno rapidamente a una serie di modificazioni fisiche e chimiche, legate principalmente alla flora batterica in esso presente. Le modificazioni normali consistono nell'affioramento del grasso nel latte in riposo e nell'acidificazione naturale dovuta allo stabilirsi di una fermentazione lattica. Tra le modificazioni anormali, si ricordano i cosiddetti difetti o malattie del latte che riguardano sia il colore sia il sapore sia l'aspetto e sono provocati da vari microrganismi. Così il latte 'blu' è causato da *Bacillus cyanogemis*, il latte 'rosso' da *Oidium rubrum*, da *Bacterium erythrogenes* e da altri microrganismi, il latte 'giallo' da *Bacterium fulvum*, il latte 'nero' da *Tonila nigra* e da altri microrganismi, il latte 'amaro' da *Tonila amara*, il latte vischioso e filante da *Bacillus mesentericus* e da *Bacillus viscosus*, il latte saponoso da *Bacterium sapolacticum*.

Produzione, raccolta, controllo e conservazione del latte.

Gli animali produttori di latte, di sana costituzione, sono mantenuti in stalle ampie, ben aerate e illuminate. Il latte appena munto viene subito filtrato e refrigerato a una temperatura non superiore ai 15 °C. Immesso in bidoni, è trasferito alle centrali dove è sottoposto alle analisi chimiche e microbiologiche sopra menzionate e ai controlli per il riconoscimento di eventuali sofisticazioni. A parte il latte da consumarsi 'crudo', che è sottoposto a norme particolari, tutto l'altro latte viene sottoposto a processi di conservazione che ne alterano il meno possibile le proprietà fisico-chimiche. Il metodo più comunemente usato è la *pastorizzazione*. Dai bidoni di raccolta, che vengono successivamente lavati, sterilizzati e rinviati ai centri di produzione, il latte viene versato nel pastoreizzatore e sottoposto a bassa o lenta pastorizzazione, alla temperatura di 63 °C per 20-30 min, oppure a pastorizzazione ad alte temperature (75 °C) per 15 min.

La fosfatasi presente nel latte si inattiva durante il processo di pastorizzazione. La sua inattivazione viene usata quindi come indice dell'efficienza del processo: un latte che risponda negativamente al test della fosfatasi si ritiene pastorizzato e quindi privo di Batteri patogeni. Alla pastorizzazione ad alta temperatura resistono le specie sporigene di microrganismi e le cosiddette specie asporigene termoresistenti: tra le prime si trovano *Bacillus subtilis* e *Bacillus cereus*; tra le seconde, *Microbacterium lacticum* e *Streptococcus thermophilus*.

Un processo simile alla pastorizzazione è la *stassanizzazione* che sottopone il latte a una temperatura di 80 °C per soli 60-90 s, facendolo scorrere in strato sottilissimo tra due superfici metalliche riscaldate. Una volta avvenuta la pastorizzazione o la stassanizzazione il latte viene raffreddato a una temperatura di 4-6 °C, imbottigliato in recipienti sterilizzati e inviato ai vari distributori.

Se nel latte pastorizzato non si ha ricontaminazione, l'alterazione che si verifica normalmente è dovuta alla presenza dei Batteri sporigeni e consiste nella cagliata dolce, provocata da *Bacillus cereus*, se la pastorizzazione è avvenuta a bassa temperatura, e da *Bacillus subtilis* se la pastorizzazione è avvenuta a temperatura elevata. La ricontaminazione del latte nel processo di imbottigliamento è dovuta a specie di *Achromobacter* e *Pseudomonas*, a temperature inferiori ai 10 °C, e a *Streptococcus lactis* a temperatura ambiente. Le malattie del latte si osservano anche nel latte pastorizzato.

La *sterilizzazione* consiste nel sottoporre il latte a temperature superiori ai 100 °C, per uccidere tutti i microrganismi, anche gli sporigeni. Questo processo conferisce al latte una lunga durata di conservazione, ma provoca profonde modificazioni nelle sue proprietà chimiche e fisiche influenzando negativamente sui caratteri organolettici e su alcune proprietà nutritive; si può avere inoltre un agglomeramento e un affioramento dei globuli di grasso, inconveniente che si può tuttavia evitare mediante omogeneizzazione. Nella *omogeneizzazione* il latte caldo viene posto in una specie di pompa ad alta pressione e fatto passare attraverso una piccola apertura, in modo da frantumare i globuli di grasso in particelle che restano più stabilmente in sospensione.

L'impiego dell'omogeneizzazione ha costituito un fatto di grande importanza per l'industria del latte e tra l'altro ha reso possibile l'impiego di contenitori di carta. È particolarmente in uso inoltre nell'industria dei gelati e nella preparazione di latte evaporato. Ritornando ora alla sterilizzazione, essa viene compiuta in due tempi: nella prima fase il latte, posto in adatti recipienti, è elevato per 1-20 s alla temperatura di 127-150 °C; nella seconda fase, il latte, dopo essere stato imbottigliato o inscatolato, deve essere sterilizzato nuovamente a una temperatura di 116 °C per 15 min. In tale maniera le proprietà del latte non variano notevolmente e solo il sapore è leggermente alterato. Una ricontaminazione del latte sterilizzato per opera di *Bacillus subtilis* o di *Bacillus circulans* si può avere rispettivamente se la prima fase di riscaldamento non è stata sufficiente oppure se le bottiglie in cui il latte viene posto non sono state ben sterilizzate.

Un altro processo per la conservazione del latte è l'*uperizzazione*, che consiste nella immissione di vapore a 135 °C nel latte e successiva espansione di quest'ultimo, con conseguente raffreddamento e perdita dell'acqua apportata dal vapore. Per distruggere la microflora del latte sono stati proposti e sperimentati altri metodi, quali l'irraggiamento con raggi X, con raggi γ , con raggi infrarossi e ultravioletti. Quest'ultimo sistema, oltre a ridurre la carica batterica, aumenta il tenore di vitamina D.

Lavorazione del latte.

Il latte viene sottoposto a diverse lavorazioni per ottenere svariati prodotti: la panna, utilizzata poi nella fabbricazione dei gelati o del burro, il formaggio, vari tipi di latte fermentato (iogurt, kefir), condensato, evaporato, ecc., per i quali si rimanda alla industria lattiero-casearia.

COMPOSIZIONE DEL LATTE UMANO E DEL LATTE VACCINO (g/100 cm³)

Componenti latte umano latte vaccino

proteine	16	3,5 g
grassi	5 g	3,5 g
lattosio	6,5 g	4,4 g
ceneri	0,2 g	0,75 g
calcio	28 mg	120 mg
fosforo	14 mg	102 mg
magnesio	5 mg	12 mg
potassio	25 mg	140 mg
sodio	6 mg	40 mg
doro	36 mg	115 mg
zolfo	10 mg	30 mg
ferro	0,1 mg	0,2 mg
rame	0,06 mg	0,03 mg
iodio	10 mg	0,4-16 mg
vitamina A	170-670 UI	140 UI
vitamina Bi	9-15 UI	35 UI
vitamina Ba	28-62 UI	150 UI
vitamina PP	66-330 UI	85 UI
vitamina C	2-6 mg	—
vitamina D	2-18 UI	1-4 UI..
vitamina K	0-200 UDG	2 UDG
vitamina E	0,9 mg	0,1 mg

Industria Lattiero-casearia

Un prodotto altamente deperibile come il latte ha indotto gli uomini a escogitare sistemi per prolungarne la sua conservabilità mediante svariate trasformazioni. Non è pertanto errato considerare tutti i prodotti lattiero-caseari come conserve di latte. È ragionevole supporre che i primi derivati del latte in assoluto siano stati i latti fermentati in quanto troviamo citazioni in documenti molto antichi e persino nella Bibbia. Anche il burro e il formaggio apparvero presto nell'antichità, mentre tutti gli altri derivati, come latte condensato, evaporato, in polvere, ecc., hanno visto la luce solo in questo secolo.

L'industria lattiero-casearia, come d'altra parte tutte le industrie legate all'agricoltura, ha subito un notevole impulso nell'ultimo dopoguerra grazie allo sviluppo della batteriologia applicata e della tecnica. Il freddo a basso costo ha permesso di svincolare la produzione del gorgonzola dalle grotte della Valsassina che per secoli l'avevano così condizionata, legata e limitata. Ciò ha permesso inoltre la diffusione dei formaggi a pasta fresca (Petit Suisse, ecc.) che esigono basse temperature dalla produzione al consumo. Le scrematrici centrifughe forniscono attualmente una crema di alta qualità che permette di ottenere un burro ineccepibile e di lunga durata. I pastorizzatori a piastre in poco tempo riescono a risanare quantitativi enormi di latte con notevole risparmio di energia e di manodopera. Occorre sottolineare infine la significativa importanza dell'acciaio inossidabile ormai universalmente adottato nella fabbricazione di apparecchi caseari; questo materiale è molto resistente agli agenti chimici per cui è possibile effettuare lavaggi in ciclo chiuso di tutti gli impianti con alcali e acidi.

L'industria lattiero-casearia, oltre a produrre burro, formaggio e altri derivati del latte, utilizza i residui di lavorazione ottenendo sottoprodotti come lattosio, acido lattico e caseina industriale. La grande industria è in grado di effettuare qualsiasi trasformazione del latte, mentre la media e piccola industria sono solitamente indirizzate alla fabbricazione di pochi prodotti solitamente tipici (grana, fontina, pecorino, gorgonzola, ecc.).

In base ai prodotti trasformati è possibile fare una suddivisione delle varie attività esplicitate da un'industria lattiero-casearia:

- 1) produzione di varianti del latte (dove intervengono trasformazioni solo di carattere fisico):
 - a) latte evaporato; b) latte condensato; e) latte in polvere; d) panna per consumo diretto;
- 2) produzioni di derivati del latte (dove intervengono trasformazioni di carattere fisico, chimico e biochimico) : a) caseificio; b) burrificio; e) industria dei latti fermentati.

Latte evaporato.

È un prodotto di concentrazione del latte intero, ridotto a metà del volume iniziale in apposito evaporatore e successivamente inscatolato e sterilizzato a una temperatura di 116 °C. Le sue proprietà organolettiche vengono naturalmente alterate dalla sterilizzazione: esso assume infatti una colorazione bruno-chiara e un gusto particolare; tuttavia la sua resistenza al deperimento e la sua uniformità di composizione (7-9% di grassi; 26% di residuo secco totale) lo rendono d'uso corrente, sia per scopi industriali sia domestici.

Latte condensato.

Il latte, intero o scremato, viene pretrattato a una temperatura di almeno 65 °C per ottenere una sufficiente pastorizzazione ; quindi viene fatto passare in un recipiente a vuoto (evaporatore) dove bolle alla pressione di 61-68 mmHg a una temperatura di 50-60 °C. Si può ottenere un'evaporazione anche a temperatura più bassa (32,2 °C) utilizzando un'apparecchiatura in cui la parte più alta di un sistema di raffreddamento ad ammoniaca è impiegata per fornire calore, mentre la parte bassa del sistema è impiegata per condensare il vapore. Il latte condensato può essere zuccherato per potersi conservare più a lungo. In media esso ha una concentrazione in grassi dell'8,5% e in zuccheri del 44% ; quest'ultima può salire fino al 65% ed elimina, per conseguente elevata pressione osmotica del prodotto, ogni eventuale attività microbica. Il latte condensato zuccherato, utilizzato nell'industria dolciaria e per usi domestici, si può conservare a lungo anche a temperatura ambiente. Con il tempo, tuttavia, esso tende a solidificare e ad assumere una colorazione bruna dovuta a una reazione tra le proteine del latte e lo zucchero.

Nella fabbricazione del latte condensato zuccherato in scatola si presentano talvolta sgradevoli inconvenienti quali rigonfiamenti provocati dalla fermentazione a opera di lieviti, la crescita di muffe sulla superficie del prodotto e l'irrancidimento provocato da alcuni enzimi lipolitici di origine microbica.

Latte in polvere.

Il latte intero, la panna, il latte magro, ecc. possono essere ridotti in polvere (con un contenuto di acqua solo del 2,5-5%); così essi si conservano più a lungo e sono più facilmente trasportabili. Il latte in polvere viene normalmente prodotto mediante due sistemi di essiccazione:

essiccazione a strato sottile e a spruzzo. L'essiccazione a strato sottile si ottiene facendo scorrere il latte in esile strato su cilindri rotanti riscaldati. Appena tutta l'acqua è evaporata il prodotto essiccato viene staccato con una lamina e raccolto in recipienti. Questo sistema determina alcune modificazioni fra i costituenti del latte, in particolare delle proteine, sicché è senz'altro più vantaggioso il sistema a spruzzo dove il trattamento termico è di breve durata. Infatti il latte riscaldato e concentrato è spinto e polverizzato da una

pompa a pressione in una camera d'essiccamento aperta, in cui si ha una rapida circolazione d'aria calda alla temperatura di 150°C. Quando l'aria calda e secca entra in contatto con le particelle disperse del latte, l'umidità che è ancora sulla loro superficie evapora e la polvere di latte si raccoglie sul fondo dell'essiccatore. L'aria umida viene aspirata da un collettore, sul quale può essere innestato un dispositivo per il ricupero di eventuale polvere di latte rimasta nell'aria.

La polvere di latte raccolta in fondo all'essiccatore viene poi passata in un secondo raccoglitore e ulteriormente essiccata. Dato che la temperatura della camera di essiccamento è abbastanza elevata (80 °C) la polvere appena formata viene rimossa da un nastro mobile per essere setacciata e confezionata. Questo prodotto ha però una solubilità piuttosto limitata; per ottenerne uno di solubilità istantanea anche nell'acqua fredda occorre operare su latte, scremato ed essiccato con il solito metodo, introducendolo in un'apposita camera per ottenere, mediante umidificazione, l'agglomeramento della polvere di latte in particelle del diametro di circa 5-10 mm. Queste parti-celle sono raccolte in collettore, ulteriormente essiccate fino a raggiungere in esse un contenuto in acqua pari al 2,18-3,6%, immesse in un refrigerante ad agitazione, provvisto di una tavola oscillante ricoperta di nylon, attraverso la quale passa una corrente d'aria fredda (la temperatura si abbassa a 44 °C), infine introdotte in un apparecchio che le riduce a grandezza uniforme.

Industria del latte fermentato.

I prodotti della fermentazione del latte sono diversi e dipendono dal tipo di latte usato, oltre che dagli agenti della fermentazione impiegati. Il latte di partenza, che può essere intero o scremato, viene dapprima riscaldato e concentrato, poi raffreddato e inoculato con la coltura di microrganismi desiderata. Infine il latte viene incubato fino a ottenere il giusto prodotto.

Lo iogurt è il prodotto più comune della fermentazione del latte; la sua produzione industriale in Italia è iniziata nell'immediato secondo dopoguerra differenziandosi subito dal prodotto tradizionale in quanto il latte veniva omogeneizzato e il coagulo era rotto e laminato prima del confezionamento. Si tratta di un prodotto di alto valore biologico caratterizzato dalla presenza di fermenti lattici vivi e dall'assoluta assenza di microrganismi inquinanti fra i quali i patogeni. Il latte destinato alla fabbricazione dello iogurt viene pastorizzato a 95 °C e mantenuto a temperatura elevata per un periodo che può superare anche le tre ore.

Questa tecnica abbinata all'omogeneizzazione aumenta la stabilità del coagulo. Dopo raffreddamento del latte a 45 °C segue l'innesto in

ragione dell'1% con una coltura madre di fermenti lattici costituiti da un'associazione di *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. Dopo un periodo d'incubazione che può variare dalle quattro alle sette ore (secondo l'acidità che si desidera ottenere) si procede alla rottura del coagulo dapprima in grossi grumi che successivamente vengono fatti passare attraverso lamine sottilissime e vibranti allo scopo di ottenere un prodotto cremoso. Lo iogurt viene successivamente confezionato in vasetti di plastica chiusi con un coperchio di alluminio che può essere termosaldato o semplicemente aggraffato. Quando lo iogurt viene fabbricato in condizioni igieniche ineccepibili è da preferirsi la termosaldatura in quanto garantisce al consumatore la purezza del prodotto: infatti eventuali inquinamenti dovuti a flora gassogena verrebbero subito rivelati da un rigonfiamento del vasetto.

Lo iogurt dopo il confezionamento viene posto in cella frigorifera alla temperatura di + 4 °C. La permanenza in frigorifero prima della vendita deve aggirarsi sui due giorni, dopo di che la tessitura del prodotto è ben stabilizzata e lo iogurt può affrontare senza inconvenienti la trafila dei sistemi di distribuzione più o meno razionali. Nello iogurt maturo, il rapporto tra bacilli e cocchi è di 1:1, ma l'equilibrio tra le due specie è influenzato da molti fattori tra cui il grado di acidità della coltura, la temperatura e il tempo d'incubazione, la presenza di antibiotici o di batteriofagi ai quali *Streptococcus thermophilus* è molto sensibile. La consistenza del prodotto e specialmente la separazione del siero sono largamente influenzate dal tipo di coltura utilizzato, dal trattamento a caldo a cui è stato sottoposto il latte e dal maggiore o minore grado di omogeneizzazione. Oltre ai difetti del gusto si possono riscontrare nello iogurt difetti di cagliata.

Il kefir è un prodotto della fermentazione del latte, contenente, oltre all'acido lattico, anidride carbonica e alcool. La produzione di kefir si opera inoculando nel latte i cosiddetti 'grani di kefir' costituiti da *Lactobacillus casei*, da *Streptococcus lactis*, da *Saccharomyces kefir* (un lievito fermentante il lattosio) e da altri microrganismi.

L'incubazione del latte così inoculato e precedentemente pastorizzato si compie a 15-20 °C per circa 8 ore; i granuli sono poi eliminati per filtrazione e il latte viene tenuto per 24 ore e più in bottiglie chiuse per ottenere una sufficiente effervescenza e il gusto desiderato.

L'aggiunta di frutta, zucchero, aromi, caffè, ecc. nello iogurt rende più appetibile questo prodotto a coloro ai quali il sapore dello iogurt normale non è gradito. Alcuni produttori per rendere maggiormente consistente il coagulo usano aggiungere al latte di partenza polvere di latte magra; questa pratica è però sconsigliabile tecnicamente in quanto pregiudica le caratteristiche organolettiche del prodotto.

BURRIFICIO

La lavorazione del burro avviene normalmente nei caseifici ed è associata alla lavorazione del formaggio; esistono però anche stabilimenti specializzati nella sola lavorazione del burro. Lo sviluppo di questa industria, una volta esclusivamente artigianale, si è manifestato solo nella seconda metà del XIX secolo quando il metodo di scrematura per affioramento, in cui la separazione della parte più grassa del latte avviene per gravità, è stato sostituito dalla scrematura meccanica con l'impiego di scrematrici centrifughe. La prima macchina di questo tipo fu introdotta da G. De Laval nel 1878. La scrematura naturale o per affioramento viene effettuata in bacinelle poste in ambienti freschi e dura dalle 10 alle 30 ore. È ancora impiegata in caseifici dove si fabbricano certe qualità di formaggio, ma presenta lo svantaggio di fornire burro in basse rese e di dare, a volte, una crema -troppo acida e relativamente povera di grassi (23 — 35%).

Con la scrematura meccanica ottenuta mediante le scrematrici centrifughe (macchine fornite di un rotore entro il quale per azione del moto centrifugo si ha separazione del latte magro) si ottengono creme con titolo di grasso da 35 a 60; ripetendo la centrifugazione si giunge industrialmente anche a concentrazioni di crema superiori all'80% (processi di burrificazione continua). Il sistema di scrematura centrifuga ha potuto essere ampiamente applicato con il progresso della tecnologia delle successive fasi di lavorazione.

Negli ultimi tempi si sono per questo affermate la pastorizzazione della crema e la sua successiva inoculazione con colture di fermenti atti a provocare una fermentazione favorevole alla formazione di gradevoli aromi e sapori nel burro. La pastorizzazione viene condotta per mezz'ora a 63 °C oppure per un tempo minore a 80 — 85 °C in apposite vasche a doppio fondo munite di adeguati sistemi di agitazione.

Se la pastorizzazione viene effettuata in scambiatori a piastre, la temperatura può essere elevata anche oltre i 100 °C. La pastorizzazione della crema, oltre a distruggere eventuali germi patogeni, elimina alcuni enzimi quali le lipasi che sono responsabili dell'irrancidimento del burro. Il fatto che la crema debba subire temperature di pastorizzazione più elevate del latte è dovuto alla difficoltà di trasmissione del calore attraverso la massa, essendo i globuli di grasso dei cattivi conduttori del calore. Dopo raffreddamento a 30 °C, la crema è inviata in vasche di maturazione semicircolari a doppio fondo riscaldato con acqua, dove ha luogo l'introduzione di speciali colture pure, selezionate, di fermenti lattici acidificanti (*Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus diacefillactis*) e aromatizzanti (*Leuconostoc citrovorum*, *Leuconostoc dextranicum*) perché avvenga il processo di maturazione. L'aroma trae origine dai prodotti secondari derivati dalla fermentazione lattica operata dai microrganismi stessi sul

lattosio e sull'acido citrico del latte con produzione di sostanze volatili, tra le quali tipico componente è il diacetile. La crema viene tenuta in fermentazione per 20 – 24 ore a 18 – 20 °C in vasche della capacità di 200 - 300 l.

Dalle vasche di maturazione la crema passa alle zangole (zangolatura), consistenti in grosse botti montate orizzontali su un albero che permette di farle rotare od oscillare.

All'interno delle botti l'albero è provvisto di bracci opportunamente sagomati in modo che la crema sia sottoposta a un violento sbattimento. Si separano così in 40 – 60 min i glomeruli di grasso dal latticello che viene destinato all'alimentazione dei maiali. Si aggiunge acqua e si sbatte di nuovo per eliminare le sostanze proteiche e il lattosio che potrebbero facilmente dare adito a fermentazioni e alterazioni. Il prodotto infine deve essere ancora amalgamato nell'impastatrice, dopo di che è pronto per essere confezionato.

In questi ultimi anni si sono sviluppati, limitatamente all'estero, i processi di burrificazione continua. Detti processi realizzano la separazione del grasso, la sua burrificazione e l'impastamento e la modellatura del burro senza interruzione alcuna. Tali processi si basano su metodi fisici atti a rompere l'emulsione dei grassi e provocare la coesione dei globuli in modo rapido. Tra essi sono da ricordare il metodo Fritz (mediante forte sbattimento in un particolare battitore), il metodo Senn (battitore funzionante sotto pressione di anidride carbonica), i metodi Alfa Lavai, New Way (creme ad altissima concentrazione di grasso, sbattimento rapido, refrigerazione) e Cherry Burrel. Quest'ultimo prevede la totale eliminazione dell'acqua e delle parti non grasse della crema ottenendo così l'olio di burro che verrà successivamente riidratato e burrificato con speciali apparecchi chiamati testuratori. Il rendimento in burro è assai variabile e dipende dalla qualità del latte e dal tipo di lavorazione. Le rese vanno da 4 a 4,3 kg di burro per quintale di latte.

Conservazione e alterazioni.

Il burro è un prodotto delicatissimo che può subire assai facilmente alcune alterazioni. I mezzi per permetterne una più lunga conservazione sono i seguenti: refrigerazione, congelamento, fusione, sterilizzazione a 100 °C previa chiusura in scatola, salatura (molto usata in Inghilterra, Olanda, Svezia, Germania, USA, Australia), eventuali aggiunte di sostanze antisettiche (principalmente a base di acido serbico, butil-p-ossibenzoato) e antiossidanti (acido ascorbico, disolfuro di tetrametilurame, tocoferoli), se permesse dalla legge. Il burro esposto all'aria e alla luce irrancidisce facilmente per cui viene conservato al buio o in magazzini provvisti di finestre con vetri gialli. Tra le alterazioni presentate dal burro, la principale e la più frequente è appunto l'irrancidimento, per cui esso assume caratteristico sapore acre e colore marcatamente giallo.

Altre alterazioni consistono in sapori e odori cattivi, tra i quali il sapore di fumo, che si ha quando la crema rimane a lungo in ambiente fumoso, il sapore di pesce derivante dalla nutrizione delle vacche con eccesso di bietole da zucchero o con farine di pesce, il sapore di caglio, di muffa o di metallo. Si hanno a volte anche colorazioni anormali dovute alla presenza di muffe o Batteri.

Il burro era una delle sostanze più spesso sofisticate. Tra le più comuni sofisticazioni vi era l'aggiunzione di grassi estranei, in genere grassi idrogenati di origine animale debitamente raffinati e lavorati in modo che le caratteristiche fisico-chimiche fossero pressoché quelle del grasso vaccino. Tali burri venivano spesso addizionati di aromi sintetici (acetoino, diacetile).

È rarissimo trovare oggi additivi nel burro o un burro sofisticato con grassi estranei perché esistono metodi analitici (gascromatografia) talmente sensibili che anche piccole sofisticazioni vengono senz'altro rivelate. Si può tuttavia constatare talora anche oggi un eventuale titolo di grasso inferiore a quello legale.

CASEIFICIO

La lavorazione dei formaggi viene effettuata in stabilimenti detti caseifici. Essi sono muniti di tutte le attrezzature atte alla lavorazione del latte (bilance pesalatte, pulitrici, centrifughe, pastorizzatori, bacinelle per l'affioramento, scrematrici, caldaie per la lavorazione del latte, vasche per salamoia) e alla maturazione e conservazione dei formaggi (casere, magazzini di stagionatura a umidità e temperatura controllate).

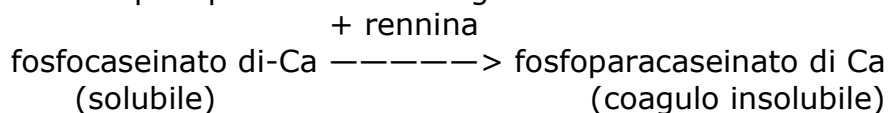
La coagulazione del latte può essere ottenuta o mediante semplice acidificazione o mediante l'azione di un enzima, la chimasi o rennina.

Coagulazione acida.

La caseina sotto l'azione di acidi precipita quando il pH del mezzo raggiunge il valore di 4,60 (punto isoelettrico della caseina). La coagulazione acida si distingue in chimica quando l'acido viene aggiunto direttamente nella massa del latte, oppure biologica quando l'acido (solitamente lattico) viene prodotto da microrganismi presenti nel latte. Questo tipo di coagulazione viene utilizzato nei caseifici unicamente per la fabbricazione di formaggi tipo Petit Suisse e Cottage Cheese.

Coagulazione enzimatica o presamica.

Sotto l'azione della chimasi o rennina e in presenza dei sali di calcio, la caseina precipita secondo il seguente schema:



Il latte utilizzato per la fabbricazione della quasi totalità dei formaggi viene coagulato per via enzimatica.

È da notare che il coagulo provocato per acidificazione ha caratteristiche diverse da quello provocato per azione enzimatica. La chimasi è diffusa in natura anche in alcuni vegetali, ma nella caseificazione si usa

normalmente una chimasi animale, ricavata dal quarto stomaco (abomaso) dei vitelli, agnelli o capretti lattanti. Il prodotto usato è detto

presame o caglio. Recentemente per la coagulazione del latte viene fatto uso in via del tutto sperimentale (almeno in Italia) di enzimi a carattere presamico prodotti da alcuni microrganismi (*Mucor pusillus* ed *Endotia parasitica*).

Quantunque latte, caglio, fermenti e sale siano i denominatori comuni per la caseificazione, si notano sul mercato centinaia di tipi di formaggio aventi caratteristiche organo-lettiche notevolmente diverse fra loro. La ragione va ricercata unicamente nella variazione della tecnica di caseificazione e nelle successive fasi di maturazione.

Tecnica di caseificazione.

Viene qui riassunto uno schema tecnologico che rispecchia le fasi di fabbricazione di alcuni formaggi. Il latte impiegato deve essere necessariamente pastorizzato per la fabbricazione di italico, crescenza, caprini e simili; può anche non essere pastorizzato (benché oggi accada raramente) per gli altri tipi di formaggi a eccezione del grana che richiede esclusivamente latte crudo. La pastorizzazione del latte industriale più che all'eliminazione di eventuali germi patogeni (che peraltro vengono distrutti durante la stagionatura) ha come scopo principale l'uccisione dei microbi anticaseari che sono responsabili di gravi difetti come il gonfiore e l'amaro.

Il latte viene successivamente portato in apposite caldaie, che possono avere diverse forme (a campana rovesciata per il grana, emisferiche o ellittiche per numerosi tipi di formaggio), diverse capacità e diversi tipi di riscaldamento; nei caseifici modernamente attrezzati vengono utilizzate caldaie cilindriche (polivalenti) della capacità di 5000 l. In esse al latte, dopo riscaldamento (in genere tra i 30 e 36 °C), viene aggiunta una coltura selezionata o naturale di fermenti lattici in ragione dell'1 o 2% associata, in alcuni casi, a muffe (gorgonzola), o propionici (emmental), dopo di che si aggiunge la quantità di presame necessaria per ottenere la coagulazione della massa in circa 20 min. Solitamente viene impiegato presame liquido a titolo 1/10000 (una parte di presame ne coagula 10000 di latte) o presame in polvere a titolo 1 /100 000. La quantità di presame impiegata dipende da numerosi fattori : acidità del latte, temperatura di coagulazione e tipo di formaggio.

Si mescola la massa e si lascia quindi in riposo fino a coagulazione avvenuta. Si forma così la cagliata.

La cagliata del latte mostra uno spiccato fenomeno di sineresi con conseguente separazione di siero (spurgo): questo contiene tra l'altro albumina e lattosio, e maggiore è la quantità di siero che rimane incorporata nel formaggio, più rapida è la maturazione (si innesta una rapida fermentazione lattica del lattosio) ma minore è la sua conservabilità. Per agevolare lo spurgo si opera la rottura della cagliata.

Le dimensioni dei grumi di cagliata variano secondo le quantità di siero che s'intende trattenere nel formaggio. Per i formaggi freschi il

taglio viene fatto a noce (grumi della dimensione di una noce), mentre per i formaggi a lunga stagionatura, dove la quantità di siero da trattenere è minima, il taglio viene fatto a grano di riso.

Questi ultimi formaggi necessitano inoltre di riscaldamento (53 °C per il grana) per ottenere un ulteriore spurgo; a particolari formaggi, detti a pasta filata, si applica la filatura, che consiste in una particolare tiratura e modellatura della pasta, lasciata maturare per 6-12 ore, con lo scopo di completare lo spurgo. Salvo quei pochi formaggi ancora modellati a mano, la cagliata è poi messa in forma in appositi stampi di varie dimensioni ove continua lo spurgo del siero. I formaggi a pasta dura vengono sottoposti alla pressatura in appositi torchi spremendovi altro spurgo, poi alla salatura che causa un ulteriore spurgo per effetto osmotico, crea un ambiente antisettico, indurisce la crosta e migliora il sapore. La salatura è fatta a secco, in salamoia o in pasta, a seconda del tipo di formaggio.

Alcuni formaggi così finiti sono pronti per il consumo (formaggi freschi), altri passano alla stagionatura in appositi magazzini (casere) dove il controllo della temperatura e dell'umidità è molto importante per la maturazione, consistente in una serie di trasformazioni fisiche, chimiche e biologiche, con notevole perdita di acqua: il lattosio scompare in pochi giorni per fermentazione lattica; il grasso in parte si idrolizza; la caseina in parte si solubilizza a peptoni, amminoacidi e prodotti di degradazione. Da queste e altre trasformazioni derivano i caratteri organolettici tipici dei formaggi maturi.

Durante la lavorazione del formaggio si forma un residuo liquido giallo-verdognolo (siero) contenente anzitutto albumina, lattosio e un po' di grasso che è usato o come mangime per suini, o come materia da cui preparare burro di siero, lattosio, acido lattico. Dal siero, trattato con vapore bollente, coagula l'albumina; questa massa, isolata, costituisce un altro prodotto caseario, ottimo da consumarsi fresco: la ricotta.

Fabbricazione continua del formaggio.

In Italia questo procedimento non è ancora entrato a far parte della normale prassi tecnologica della fabbricazione del formaggio, ma in altre nazioni, dove non esistono esigenze di tipicità del prodotto, la fabbricazione continua del formaggio è già stata applicata da numerose industrie. Fra le diverse macchine che realizzano questo procedimento, vale la pena ricordare la Paracurd (sistema Stenne Hutin), dove in poco tempo e con enorme utilizzo di manodopera il latte viene trasformato nel tipo di cagliata desiderata e pronta per essere posta negli stampi. La successione delle fasi tecnologiche si può così riassumere: filtrazione del latte, pastorizzazione, concentrazione, raffreddamento, fermentazione con colture, aggiunta del caglio, riscaldamento, rottura e spurgo della cagliata a mezzo di vite senza fine, messa in forma. Tutte queste operazioni avvengono automaticamente, per cui ne deriva un prodotto standardizzato al massimo. Questo sistema è valido per la produzione di formaggi freschi ma non per quelli stagionati e tipici, dove l'estro e l'abilità dell'operatore rivestono ancora una fondamentale importanza.

CLASSIFICAZIONE

I formaggi possono essere classificati tenendo presenti alcune delle loro più importanti caratteristiche. Con riferimento al contenuto in grasso si hanno così formaggi grassi, semigrassi e magri; rispetto alla consistenza, si hanno formaggi a pasta molle e a pasta dura. Si distinguono ancora in crudi e cotti, e in freschi e stagionati. La classificazione più attendibile però è quella che si basa sulle caratteristiche tecnologiche di ciascun gruppo di formaggi.

