



LINEE GUIDA
PER LA
TRASFORMAZIONE
CASEARIA
SU PICCOLA SCALA

CRA

CONSIGLIO PER LA RICERCA
E LA SPERIMENTAZIONE
IN AGRICOLTURA

Giovanni Cabassi
Salvatore Francolino
Stefania Barzagli
Tiziana M.P. Cattaneo

Progetto MIERI: “Miniaturizzazione e semplificazione di linee di trasformazione per piccole produzioni agroalimentari e impiego di energie rinnovabili”, finanziato dal MiPAAF (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali)

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura

UO: CRA-FLC Lodi

Coordinamento: CRA-IAA Milano



mieri
dedicato a Marco Riva

**LINEE GUIDA
PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA
SU PICCOLA SCALA**

¹Giovanni Cabassi, ¹Salvatore Francolino, ¹Stefania Barzaghi, ²Tiziana M.P. Cattaneo
Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura

¹CRA-FLC, LODI
²CRA-IAA, MILANO

PREFAZIONE

Viene qui affrontata la tematica inerente la lavorazione del latte destinato a piccole trasformazioni casearie, in relazione anche alla sicurezza microbiologica, in realtà produttive di medio-piccole dimensioni, quali le aziende agricole multifunzionali ed, in genere, le micro-imprese. In queste realtà, la variabilità in termini di tecniche di produzione e tipologie merceologiche, unitamente all'artigianalità e all'attenzione rivolta alla qualità delle materie prime, che si traducono in prodotti finiti ad elevata specificità sensoriale, rappresentano caratteristiche comuni da preservare, in un'ottica di valorizzazione dei prodotti aziendali.

Anche per tali categorie di prodotti non è possibile prescindere da considerazioni riguardanti la sicurezza per il consumatore, requisito essenziale perseguibile attraverso interventi anche diversi, ma sempre riconducibili a pochi, seppure fondamentali, parametri.

Con questo intento sono state redatte le presenti linee guida, frutto dell'analisi diretta delle procedure produttive, resa possibile da un approccio integrato, generato dalla fattiva collaborazione tra enti pubblici di ricerca, costruttori, piccole imprese ed organi di controllo.

SI RINGRAZIANO:

Il MiPAAF (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali) per il supporto al progetto MIERI: "Miniaturizzazione e semplificazione di linee di trasformazione per piccole produzioni agroalimentari ed impiego di energie rinnovabili".

Il CRA ed in particolare il Dipartimento di Trasformazione e Valorizzazione dei prodotti agroalimentari ed il servizio Supporto Ricerca;

Le associazioni agricole e di categoria, le micro e piccole imprese che hanno accettato di partecipare attivamente alle fasi dimostrative del progetto;

La società AGRISYSTEM per la collaborazione impiantistico-tecnica.

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

IL LATTE	5
Composizione chimica	5
I costituenti del latte	5
Indici chimico fisici del latte	6
La flora tipica.	7
L'IGIENE	8
Conduzione della stalla.	9
Locali e impianti.	110
Limiti di carica batterica.	110
Controlli obbligatori.	110
IGIENE DEL MINICASEIFICIO	132
IL FORMAGGIO	165
Il processo di caseificazione.	165
Difetti dei formaggi	28
STRUMENTI UTILI AL CONTROLLO DEL PROCESSO DI CASEIFICAZIONE	29
Il termometro	29
L'acidimetro	29
Il pHmetro	30
Il densimetro	31
L'igrometro	31
SCHEDE DI DI LAVORAZIONE	32
Lavorazione a Crescenza.	34
Lavorazione tipo Casera della Valtellina.	38
Lavorazione tipo Bitto.	40
Lavorazione per formaggio a crosta fiorita (tipo Brie).	42
RICOTTA.	45

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

YOGURT	47
BIBLIOGRAFIA	49

Il latte

Secondo la legislazione vigente, per “latte alimentare” si intende: il prodotto della mungitura regolare ininterrotta e completa della mammella di animali in buono stato di salute e di nutrizione. Con la sola parola latte, deve intendersi latte proveniente dalla vacca (R.D. 9 maggio 1929, n. 994)..

Secondo lo **Standard Generale per l’uso dei Termini Lattiero-Caseari (GSUDT, General Standard for Use of Dairy Terms)** del *Codex Alimentarius*, è **latte** “la normale secrezione mammaria di animali mammiferi, ottenuta da una o più mungiture”. Sono citate in particolare vacche, pecore, capre, bufale, cammelle, yaks, zebù, renne, lama e cavalle.

Secondo il Reg.CE 853/2004, Allegato I, il "latte crudo" è il latte prodotto mediante secrezione della ghiandola mammaria di animali di allevamento che non è stato riscaldato a più di 40°C e non è stato sottoposto ad alcun trattamento avente un effetto equivalente. Il successivo Reg.CE 1662/06 indica tutte norme specifiche in materia di igiene per gli alimenti di origine animale, quindi anche per il latte, incluso il colostro.

Composizione chimica

La composizione del latte è complessa e variabile in funzione di specie, razze, individui e loro stato di lattazione, alimentazione, stagionalità, ecc. Numerosi sono i componenti che in base alla loro struttura chimico-fisica possono trovarsi in soluzione, dispersione o emulsione. Sono presenti in soluzione lattosio, sali e vitamine idrosolubili, in dispersione sostanze proteiche e fosfati insolubili e infine in emulsione grassi, vitamine liposolubili e pigmenti. Sono inoltre presenti microrganismi e cellule somatiche. La composizione media in macrocomponenti del latte delle specie d’interesse industriale è riportata in Tabella 1 , in comparazione con la composizione del latte umano. La composizione del latte può variare in funzione della stagione, del periodo di lattazione, del numero di parti e del tipo di alimentazione dell’animale.

Tabella 1.1. Principali costituenti del latte di specie diverse (%).

Compon ente	Vacca	Pecora	Capra	Bufala	Donna
Acqua	86-88	80-82	86-88	80-84	87-88
Lattosio	4,5-5	4,5-5	4-4,5	4,5-5	6-7
Grassi	3,5-4,5	5-7	4-5	7,5-9,5	2,5-3,5
Proteine	3,1-3,5	5,5-6	4-4,5	4,5-5	1,3-1,5
Ceneri	0,9-1	1,1-1,2	0,9-1	0,9-1	0,3-0,5

I costituenti del latte

Lattosio: è lo zucchero tipico del latte; è un disaccaride costituito da una molecola di glucosio e una di galattosio. Ha un ridotto potere dolcificante, 6 volte inferiore al saccarosio. Il lattosio è facilmente fermentescibile da parte di numerosi microrganismi che posseggono enzimi in grado di scindere il lattosio in glucosio e galattosio. A partire dal lattosio, i microrganismi spontaneamente presenti o appositamente introdotti nel latte, generano acido lattico secondo percorsi omofermentativi oppure acido butirrico o propionico, diacetile o addirittura alcol, seguendo percorsi eterofermentativi.

Grasso: si trova in emulsione nel latte in forma di globuli di diametro variabile tra 0,1 e 15 μm , contenuti all'interno di una membrana lipoproteica. Il grasso del latte è costituito per il 98-99% da trigliceridi, completano la composizione della frazione lipidica del latte i fosfolipidi costituenti della membrana (1% circa) e le sostanze insaponificabili tra le quali il più rappresentato è il colesterolo (0,3%).

Aostanze azotate: sono costituite per il 95% circa da proteine, macromolecole costituite da catene non ramificate di amminoacidi legati tramite legame peptidico, e per la restante parte da composti non proteici, con peso molecolare inferiore a 500, quali l'urea, la creatina, la creatinina, l'ammoniaca, gli amminoacidi liberi, ecc.

La caseina, costituita da un complesso di proteine fosforilate (α_{s1} , α_{s2} , β , k , γ) che precipitano a pH 4,6 costituisce il principale componente proteico del latte. Le due frazioni più abbondanti sono rappresentate dalla caseina α_{s1} e β , mentre la caseina k costituisce il substrato specifico della chimosina, enzima presente nel caglio utilizzato in caseificazione. Le diverse caseine si presentano aggregate in forma di micelle sferiche di diametro compreso tra 0,05 e 0,15 μm e costituiscono tra il 75% e il 78% del totale delle proteine. La caseina è una proteina molto ricca in fosforo e calcio, minerali che giocano un ruolo assai importante nella coagulazione presamica del latte.

Le proteine non caseiniche del latte sono la α -lattoalbumina e β -lattoglobulina. Le sieroproteine sono molecole più piccole della caseina e sono solubili nella fase acquosa del latte. Non partecipano direttamente alla coagulazione presamica e precipitano a seguito di trattamenti combinati di acidificazione e riscaldamento sfruttati ad esempio per la produzione di ricotta.

Sali minerali: si trovano in quantità variabile tra 3 e 12 g/l e sono costituiti da cloruri di sodio e potassio, fosfati di potassio e magnesio, citrati di calcio potassio e magnesio, ecc..

Vitamine: la presenza di vitamine, sia liposolubili (A, D, E) sia idrosolubili (C e quasi tutto il gruppo B), è una caratteristica costante del latte, seppure influenzata fortemente dall'alimentazione e dalle condizioni climatiche.

Enzimi: sono molti gli enzimi normalmente presenti nel latte dove svolgono ruoli diversi; si trovano lipasi, catalasi, perossidasi, fosfatasi, proteasi e lisozima.

Indici chimico fisici del latte

Gli indici fisico chimici sono dei parametri analitici che permettono di rilevare rapidamente in laboratorio le caratteristiche qualitative di un latte e di valutare se sia un latte patologico (mastitico) e se si sia alterato dopo la mungitura. I principali indici controllabili anche a livello di minicaseificio sono:

Il **pH**: è definito come : $\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$ (logaritmo negativo della concentrazione di ioni H^+)
pH maggiori di 7 indicano una soluzione alcalina, minori di 7 una soluzione acida. Nel latte rappresenta l'acidità attuale (dalla quale dipendono alcune proprietà come la stabilità della caseina)
Per la presenza della caseina (ricca di gruppi acidi) e degli anioni degli acidi fosforico e citrico, il latte bovino ha reazione debolmente acida

Valori più alti di 6.7 possono indicare che si è in presenza di latte mastitico (pH=6.9-7.0), oppure di latte a fine lattazione valori più bassi di 6.5 possono indicare momenti particolari del ciclo di lattazione (es. latte colostrale, pH 6.5-6.4) o fenomeni di acidificazione di origine microbica.

Acidità. Il latte possiede una lieve acidità naturale dovuta ai fosfati, citrati, CO_2 e proteine; ma, a partire dal momento della mungitura, l'acidità aumenta in quanto il lattosio del latte si trasforma parzialmente in acido lattico ad opera dei batteri lattici. Tale trasformazione è tanto più rapida quanto più il latte è sporco o mantenuto a temperatura favorevole allo sviluppo batterico. Data l'influenza che l'acido lattico ha sulla conservabilità del latte e sulle lavorazioni casearie, l'accertamento dell'acidità riveste grande importanza. La determinazione dell'acidità del latte è il risultato di una titolazione (è definita anche acidità titolabile), cioè i millilitri di una soluzione alcalina a titolo noto necessari per portare il pH di una determinata quantità di latte al pH di viraggio di un indicatore.

L'acidità di titolazione di un latte non alterato è data da:

- neutralizzazione dei gruppi acidi della caseina
- neutralizzazione dei fosfati acidi e dell'acido carbonico
- reazioni secondarie ("over run") dovute ai fosfati
- neutralizzazione di acidi organici (principalmente citrati)

La flora tipica.

La microflora tipica del latte è costituita da un'ampia varietà di microrganismi. È possibile trovare batteri, lieviti e muffe in grado di interagire con l'uomo. Dal punto di vista funzionale, i microrganismi del latte possono grossolanamente dividersi in filocaseari e anticaseari. Essi appartengono a numerose famiglie con caratteristiche ed effetti molto diversi.

Batteri lattici: fondamentali per la fabbricazione del formaggio, producono acido lattico dal lattosio, favorendo la coagulazione della caseina, sia in presenza che in assenza di caglio. Possono avere temperature ottimali di crescita tra i 30 e i 40 °C. Partecipano attivamente con i loro processi metabolici alla caratterizzazione dei formaggi, grazie alla loro attività proteolitica e lipolitica. Si dà un cenno ai principali gruppi

Batteri propionici: producono acido acetico, propionico e anidride carbonica. Sono fondamentali nella produzione dell'Emmenthal e dei formaggi simili.

Enterobatteri: sono indici di contaminazione fecale. Della famiglia fanno parte alcuni patogeni come Salmonella ed *E. coli*; si possono ritrovare nelle produzioni da latte crudo.

Bacilli e clostridi: aerobi i primi e anaerobi in genere i secondi. In forma di spore, passando in forma vegetativa, possono produrre metaboliti indesiderati e gas specialmente nei formaggi a lunga stagionatura.

Lieviti: sono microrganismi in grado di fermentare il lattosio per produrre alcol, anidride carbonica e altri metaboliti minori. Naturalmente presenti nel latte crudo, sono fortemente danneggiati dalla **pastorizzazione**. Nei formaggi possono indurre la comparsa di patine giallastre sulla superficie, accompagnate dal tipico odore di "pasta di pane". Nella fabbricazione del **Gorgonzola**, da quando si è consolidata la pratica della pastorizzazione del latte, vengono riaggiunti al latte e sono diventati praticamente indispensabili per garantire l'apertura della pasta, l'ossigenazione e la crescita delle muffe.

Muffe: sono microrganismi aerobi dalla tipica struttura ad ife. Possono presentarsi come agenti inquinanti, ma hanno una riconosciuta e indispensabile valenza nella fabbricazione di molti tipi di formaggio, grazie ad un'intensa attività proteolitica e lipolitica. Muffe del genere *Penicillium*, caratterizzano le produzioni di Gorgonzola, *Roquefort* e formaggi erborinati in genere. *Aspergillus* e *Mucor* sono di solito considerati inquinanti; *Geotrichum candidum* è responsabile della crescita di un omogeneo strato bianco sulla superficie di molti formaggi come il *Camembert* e molti altri definiti "a crosta fiorita".

L'igiene

Le specie patogene che ancora oggi danno luogo a rischio igienico-sanitario nel latte crudo e altri prodotti caseari sono:

- *Bacillus cereus*
- *Listeria monocytogenes*
- *Yersinia enterocolitica*
- *Salmonella* spp.
- *Escherichia coli* O157:H7
- *Campylobacter jejuni*

Alcune specie di muffe, dei generi *Aspergillus*, *Fusarium*, possono crescere nei prodotti caseari e, se le condizioni lo consentono, sono in grado di produrre micotossine e rappresentare quindi un rischio sanitario.

La garanzia e la sicurezza dei derivati del latte è collegata ad una serie di fattori biologici e tecnologici che si intrecciano in modo complesso, in funzione del prodotto, dei parametri di processo di caseificazione e della gestione del prodotto finito fino alla sua commercializzazione.

Lo sviluppo microbico nei prodotti lattiero caseari dipende sostanzialmente da due fattori principali, la carica batterica nel latte di partenza, ovvero la microflora endogena, determinata dalla qualità del latte alla stalla e dagli eventuali trattamenti successivi di risanamento e la ricontaminazione nel corso del processo di trasformazione o della commercializzazione.

Alcuni microorganismi patogeni possono essere escreti direttamente nell'animale infetto o malato. Dal momento della mungitura poi, le possibili fonti di contagio si moltiplicano: vi possono essere contaminazioni dirette o indirette per contatto con l'uomo o animali malati, o per contatto con superfici, attrezzi o impianti contaminati, per la presenza di aria che può veicolare polveri o aerosol, oppure attraverso l'acqua usata per i risciacqui e i lavaggi, infine anche per la presenza di agenti infestanti come insetti, roditori uccelli etc.

La pulizia e la sanificazione degli ambienti di produzione e di trasformazione del latte sono perciò determinanti nel ridurre l'impatto della possibile contaminazione microbica, così come la produzione di latte sano e pulito alla stalla è la condizione fondamentale ma non sufficiente per garantire la salubrità delle produzioni.

Però per determinare il rischio sensibile che un microrganismo provochi infezione o intossicazione non è sufficiente che questo venga a contatto con il prodotto o che resista ai

trattamenti tecnologici di produzione e sopravviva alle modalità di conservazione, ma occorre che si moltiplichi nel prodotto e, nel caso dei microrganismi tossigeni, che produca la tossina.

Le possibilità dello sviluppo dei microrganismi dipendono dalle caratteristiche insite nel microrganismo stesso e dalle sue interazioni con i parametri tecnologici di trasformazione, come ad esempio la temperatura e il tempo di esposizione, dalle interazioni con la popolazione microbica caratteristica del prodotto dovute alla competizione per il substrato o alla produzione di metaboliti quali acidi e batteriocine e non ultimo anche alla sua capacità di adattarsi alle caratteristiche del substrato/prodotto.

Pur rimanendo evidente il rischio associato all'impiego di latte crudo, non è possibile imputare soltanto alla mancata pastorizzazione la causa delle tossinfezioni legate al consumo dei formaggi; alcuni prodotti a latte crudo prevedono lunghi periodi di stagionatura, fasi di cottura della cagliata, acidificazione molto rapida che ne determinano la sicurezza o comunque il maggior livello di protezione contro la contaminazione e lo sviluppo di patogeni. Al contrario alcuni formaggi freschi o molli prodotti con latte pastorizzato possono presentare nella tecnologia di produzione o di manipolazione del prodotto fasi che ne elevano il rischio di contaminazione.

Infine la ricontaminazione batterica a valle del processo di trasformazione è riconducibile alla scarsa igiene dei locali di conservazione e/o al non idoneo confezionamento o al danneggiamento dei contenitori.

Uno dei momenti chiave per lo sviluppo di potenziali pericoli insiti nel prodotto è la conservazione nel punto di vendita: pochi gradi di differenza o qualche giorno di troppo possono concretizzare un rischio di natura microbiologica che altrimenti nelle corrette condizioni di conservazione non avrebbe avuto modo di svilupparsi.

Conduzione della stalla.

Condizioni igieniche, trattamenti e gestione alle stalle influiscono fortemente sul profilo qualitativo del latte. Le carenze nelle condizioni sanitarie di allevamento e di mungitura e nello stoccaggio e trasporto, possono avere conseguenze molto gravi sulla qualità del latte. Oggi la legislazione fissa parametri precisi e limiti chiari per l'idoneità del latte alle successive trasformazioni ed è sempre meno possibile trovare vie alternative per compensare carenze igieniche. Impianti, recipienti e strumenti di lavoro devono essere facilmente lavabili e disinfettabili, devono avere superfici lisce ed essere resistenti alla corrosione e ai trattamenti di sanificazione. Il personale deve osservare rigorose regole di igiene della persona e degli abiti di lavoro. Gli stabilimenti di mungitura devono essere dotati di locali attigui, idonei a consentire al personale le opportune pratiche igieniche. Il latte deve sempre essere filtrato dopo la mungitura,

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

refrigerato rapidamente. Secondo il Reg. CE 1662/2006, se raccolto o utilizzato in giornata, il latte deve essere raffreddato a temperatura non superiore a 8°C, mentre non deve superare i 6°C se la raccolta non è effettuata giornalmente;

Locali e impianti.

Locali e impianti di lavorazione devono soddisfare i requisiti elencati all'interno della normativa di riferimento, da cui sono estratte le indicazioni riportate di seguito. Le **aree di lavoro** devono essere sufficientemente spaziose per garantire un'igiene adeguata e progettate in modo da evitare la contaminazione delle materie prime. I reparti, in cui avviene la manipolazione o la trasformazione delle materie prime, devono garantire: pavimento impermeabile e resistente agli agenti di pulizia e disinfezione, disegnato in modo da facilitare l'evacuazione delle acque e provvisto di tombini sifonati per lo scarico; pareti e porte lisce, impermeabili, facili da pulire e di colore chiaro; dispositivi per la pulizia e la disinfezione delle mani degli operatori, dotati di acqua corrente calda e fredda e di dispensatore sapone.

Tali trattamenti devono al minimo garantire l'eliminazione di tutti i microrganismi patogeni e consentire un logico periodo di conservabilità, riducendo la concentrazione microbica generica e mirando al massimo rispetto possibile delle qualità nutrizionali.

Limiti di carica batterica.

Per quanto curate siano le condizioni igieniche durante la mungitura, il latte crudo presenta sempre una carica microbica proveniente dalla stessa mammella e dall'ambiente. La legge indica dei limiti di carica ben precisi per il latte sia crudo che pastorizzato. Il Reg. CE 1662/2006 fissa per il latte crudo di vacca un tenore massimo di carica batterica a 30°C pari a 10^5 germi ml^{-1} e di $4 \cdot 10^5$ cellule somatiche. Nel caso il latte crudo venga usato per fabbricare prodotti caseari che prevedono un trattamento termico, il limite di carica batterica a 30°C, prima del trattamento termico, può raggiungere un massimo di $3 \cdot 10^5 \text{ ml}^{-1}$ che diventa $< 10^5 \text{ ml}^{-1}$ dopo il trattamento termico (Reg. CE 1020/2008). Per la fabbricazione di prodotti a latte crudo, la concentrazione massima ammissibile di stafilococco è di 500 germi ml^{-1} .

Controlli obbligatori.

Sono regolati dalle norme normative correnti All.C del D.P.R. n.54 del 14.1.97, Reg. CE 1662/2006 e Reg. CE 1441/2007.

Le analisi da effettuare sul latte crudo sono le seguenti:

il conteggio dei microrganismi che si sviluppano a 30 °C,

il conteggio delle cellule somatiche

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

la ricerca di antibiotici e sulfamidici.

Il controllo dei patogeni.

Il Campionamento del materiale da analizzare deve essere effettuato da personale specializzato, nel rispetto delle procedure di legge e della buona pratica di laboratorio. Il campione prelevato deve essere rappresentativo della massa cui si riferisce e di dimensioni opportunamente proporzionate; inoltre, tutti i campioni devono essere correttamente identificati, trasportati e conservati in modo idoneo a consentire la corretta effettuazione delle analisi previste. Temperatura e tempo di conservazione sono parametri essenziali per la rappresentatività dei risultati di analisi.

Igiene del minicaseificio

L'igiene del caseificio è un insieme di operazioni che portano a una buona e completa pulizia di impianti e attrezzature.

Principali operazioni igieniche per contrastare la sporcizia sia nel latte che dei suoi derivati:

- igiene del personale
- lavaggi attrezzi, apparecchi, impianti
- detersione attrezzi, apparecchi, impianti
- sanitizzazione attrezzi, apparecchi, impianti
- detersione e sanitizzazione locali

queste operazioni agiscono in modo indiretto sul contenimento della carica microbica, evitando reinquinamenti sia sul latte che nei suoi derivati

È opinione di molti, radicata soprattutto nelle piccole realtà di trasformazione e di manipolazione, quello che più conta sono il detergente e il disinfettante, trascurando le corrette modalità di diluizione e d'applicazione come: il pre-risciacquo, la spazzolatura, i tempi di contatto e le incompatibilità con i materiali che compongono i macchinari, gli utensili, i piani di lavoro, ecc. I parametri fondamentali critici per un buon protocollo di detersione e sanificazione ambientale sono: temperatura e pH delle soluzioni d'uso, tempi di contatto, concentrazioni delle soluzioni.

Lo sporco o soil degli anglosassoni, generalmente si definisce nel settore lattiero caseario, l'insieme dei residui del latte e dei suoi derivati e di quant'altro viene miscelato al latte, i quali si depositano sulle superfici di recipienti, attrezzature, macchinari, tubazioni e negli ambienti dove avviene lo stoccaggio e la trasformazione.

Dal punto di vista compositivo lo sporco di caseificio è essenzialmente costituito dai composti del latte e dei suoi derivati, essenzialmente: proteine, grasso, carboidrati e sali minerali, i quali tendono a disporsi e depositarsi come un film sulle superfici di contatto.

Lo sporco è il principale substrato di sopravvivenza e sviluppo della flora microbica sia casearia oltre a quella anticasearia, banale o patogena, quindi va combattuto, eliminandolo specialmente la dove può annidarsi, come punti ed anfratti di difficile accesso, per sua natura è poco solubile in acqua e quindi di scarsa asportabilità con questo fluido, per poterlo rimuovere si ricorre ad operazioni di lavaggio come la detersione, dove insieme all'impiego dell'acqua si usano altre sostanze capaci di dissolvere i componenti dello sporco, uniti ad una azione meccanica, ottenuta mediante spazzolature o per scorrimento veloce delle soluzioni sotto pressione, es. tubazioni, macchinari o serbatoi.

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

Le operazioni di lavaggio si distinguono in diverse sotto operazioni successive: prelavaggio o prerisciacquo, lavaggio o detersione, risciacquo e disinfezione o sanitizzazione.

- Prelavaggio o Prerisciacquo

Viene effettuato con sola acqua calda a temperatura superiore a 45°C per sciogliere i grassi e favorirne il distacco, ma inferiore a 60°C, rimuovendo quanto più sporco possibile anche con azione meccanica (circolazione, getto d'acqua o/e spazzolature), con dissoluzione di quelle sostanze solubili in essa. Questa fase se condotta in modo appropriato aumenta l'efficacia del detergente.

- Lavaggio

Il lavaggio è esaltato dall'uso dei detergenti in soluzione nell'acqua per facilitare la rimozione dello sporco grazie alle sue proprietà bagnanti e penetranti, staccando tramite saponificazione, peptizzazione e dissoluzione, grassi, proteine e sali minerali.

In questo modo i depositi di sporco vengono diluiti nel mezzo pulente, lasciando le superfici libere e prive di residui. La soluzione detergente deve essere preparata alla concentrazione consigliata, una soluzione troppo diluita è inefficace mentre una troppo concentrata è inutile e può corrodere i metalli. La temperatura ottimale è circa 45-55°C, a temperature più basse i grassi non si sciolgono, il tempo di contatto è in genere di 5-20 minuti, può essere necessario associare un intervento meccanico.

- Risciacquo

Un accurato risciacquo viene eseguito per impedire che lo sporco rimosso si depositi nuovamente sulle superfici pulite. I residui di detergente possono inattivare il disinfettante che sarà applicato nella fase di disinfezione/sanitizzazione e può alterare il sapore degli alimenti che si andranno a produrre successivamente.

- Disinfezione o Sanitizzazione

La disinfezione ha lo scopo preciso di ridurre ulteriormente i contaminanti microbici presenti, che sono sopravvissute anche su superfici pulite cioè prive di sporco.

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

- Le concentrazioni e le temperature delle soluzioni di lavaggio

Si possono così riassumere:

prelavaggio o primo risciacquo 45 – 60 °C

soluzioni caustiche 0,5 – 2 % pH > 11 temperatura ± 70 °C

soluzioni acide 0,5 – 1 % pH < 1 temperatura ± 65 °C

risciacquo finale freddo

- Detergenti e disinfettanti/sanitizzanti

I prodotti più comunemente usati sono:

- alcalini, come soda caustica, carbonato sodico
- acidi, acido nitrico, acido fosforico in formulazione con altri acidi
- disinfettanti, ipoclorito di sodio, sali quaternari di ammonio, iodio e iodofori.

Quelle espote sopra sono fasi di lavaggio, con dati di temperature e concentrazioni di detergenti più comunemente usati, applicabili sia ad impianti chiusi oltre ad attrezzature aperte. Comportamenti opportuni da adottare che riducano sempre e maggiormente le fasi di lavaggio sono preferibili, come il risciacquo, il quale può essere ritenuto il più importante, il risciacquare attrezzi ogni qual volta vengono a contatto con il latte la cagliata e il siero eliminando tutto lo sporco visibile ottimizza e riduce in termini di tempo la fase di detersione.

Per sistemi chiusi come serbatoi con lavaggio CIP (Clean-In-Place), con temperature di 55°C e una concentrazione di soda a 1,5% della soluzione, bastano un 20 minuti per avere una classica riduzione di 5 log della carica batterica. Sempre per sistemi chiusi vi sono formulazioni di detergenti mono fase, vengono utilizzati anche per quelli aperti, hanno un potere sequestrante sui sali, questi permettono di evitare la fase acida di lavaggio, confinandola ad un impiego settimanale. La fase acida ha tempi simili alla fase basica con concentrazione dell'acido vicino al 1% e temperature della soluzione simili a quella della soda.

L'utilizzo di detergenti schiumogeni a cloro attivo hanno un buon effetto detergente e germicida sulle superfici, se queste sono prive di sporco visibile, una sufficiente azione meccanica ne aumenta la loro azione.

Le costanti e attente operazioni di lavaggio, se eseguite tutti i giorni portano ad un contenimento della carica microbica in tutto l'ambiente del caseificio.

Il formaggio

Il formaggio secondo la legislazione italiana è definito dall'articolo 32 del decreto legislativo 15/10/1925, n. 2033 che recita: “il nome formaggio o cacio, è destinato al prodotto che si ricava dal latte intero ovvero parzialmente o totalmente scremato, oppure dalla crema, in seguito a coagulazione acida o presamica, anche facendo uso di fermenti e di sale da cucina”.

Il processo di caseificazione.

Il formaggio è prodotto attraverso la coagulazione delle proteine del latte, in particolare della caseina. Il cambiamento di stato si accompagna alla parziale separazione del siero dalla parte solida, che prende il nome di cagliata: essa diventa poi formaggio attraverso successivi passaggi di trasformazione.

Con latte, fermenti, cagli, sale e poco altro si possono disegnare moltissime ricette e altrettanti processi per produrre formaggio, almeno uno per ciascuna delle diverse varietà conosciute e formalmente codificate (oltre 600 nel mondo). È possibile comunque disegnare uno schema produttivo che descrive le operazioni principali. Non tutte le operazioni sono previste per le singole tipologie di produzione e all'interno di ciascuna operazione è possibile apportare le variazioni necessarie per indirizzare il processo verso il tipo di prodotto finito desiderato.

Il latte da trasformare in formaggio può essere lavorato crudo, termizzato o pastorizzato, a seconda del prodotto finito desiderato. La pastorizzazione raccomandata non dovrebbe superare un trattamento equivalente ai 72 °C x 15” poiché un trattamento più drastico tenderebbe a compromettere l'attitudine alla coagulazione presamica della caseina.

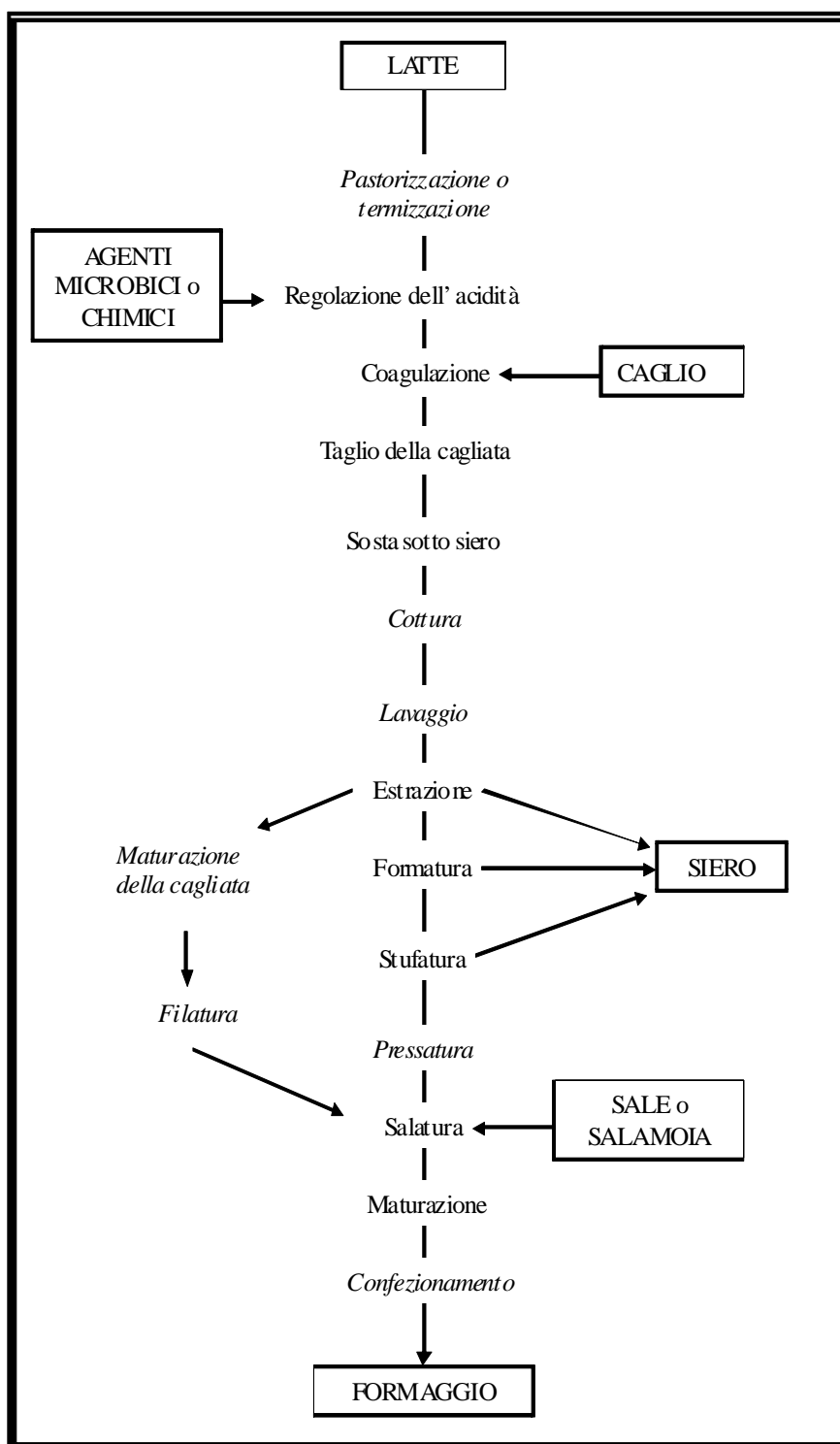


Figura 1 Diagramma di flusso con le principali operazioni per la produzione di un formaggio

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

Pastorizzazione. La pastorizzazione è un trattamento mirato all'eliminazione totale dei germi patogeni, alla massima riduzione possibile di quelli espoliativi e alla distruzione delle forme vegetative delle spore. Per le operazioni di pastorizzazione si utilizzano temperature comprese tra 65 e 90 °C per tempi che vanno, rispettivamente, da alcuni minuti a pochi secondi; a quest'intervallo di parametri, corrisponde un danno termico piuttosto contenuto e le qualità organolettiche e nutrizionali del prodotto sono preservate al meglio. Nella seguente tabella sono indicate le coppie temperatura/tempo che garantiscono l'eliminazione di tutti i germi patogeni.

Temperatura	Tempo (s)
62 °C	580,0
65 °C	193,7
72 °C	15,0
75 °C	5,0
82 °C	0,4
85 °C	0,2
88 °C	0,05

I trattamenti a temperature più elevate sono i più raccomandati per il latte alimentare e per i processi di coagulazione acida, mentre per la coagulazione presamica sono ottimali i trattamenti fino a 75 °C, che non compromettono completamente l'attitudine della caseina a reagire all'azione del caglio. La pastorizzazione del latte ai fini della caseificazione si ottiene sia impiegando apparecchiature dedicate quali gli scambiatori a piastre ondulate o gli scambiatori tubolari; per i fini della caseificazione è tuttavia possibile procedere mediante processo di pastorizzazione in batch effettuabile anche direttamente in vasca di coagulazione. La termizzazione è un processo più blando della pastorizzazione: prevede infatti un trattamento tra i 57° e i 68°C per pochi secondi al fine di abbattere la carica delle microflore contaminanti più termosensibili senza azzerare la flora lattica caratteristica del latte crudo e senza ridurre eccessivamente la coagulabilità del latte.

Regolazione dell'acidità. Si può ottenere per via biologica sia aggiungendo batteri lattici detti comunemente fermenti che, sviluppandosi, producono **acido lattico** a partire dal **lattosio**, sia aggiungendo direttamente acido citrico o lattico. La via chimica è limitata di fatto alla sola produzione di mozzarelle industriali; esiste anche la possibilità di acidificazioni combinate tra

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

fermenti e agenti chimici. Per alcune lavorazioni è necessario disporre di un'acidità abbastanza elevata al momento della coagulazione e, non essendo possibile impiegare direttamente acidi organici, si aggiungono latte o siero precedentemente fermentati detti rispettivamente lattoinnesto e sieroinnesto. L'acidificazione controllata del latte, della cagliata e del formaggio che ne deriva, è un parametro fondamentale per la qualità e la costanza delle caratteristiche del prodotto finito. I processi di caseificazione industriali richiedono la maggior standardizzazione possibile delle curve di acidificazione, ma un controllo e una regolarizzazione del processo è necessario anche nelle produzioni artigianali per ridurre l'incidenza delle difettosità sulla produzione finale. I batteri lattici di interesse caseario appartengono al gruppo degli streptococchi, caratterizzata dalla forma tondeggiante delle singole cellule (cocchi), e alla famiglia dei lattobacilli, con la caratteristica forma a bastoncino (bastoncini). All'interno delle due famiglie, ulteriori suddivisioni possono essere fatte in base al tipo di metaboliti prodotti oppure in base alle temperature ottimali di crescita. Rispetto ai prodotti di fermentazione le colture si definiscono omofermentanti quando convertono il lattosio soprattutto in acido lattico ed eterofermentanti quando oltre all'acido lattico producono acidi diversi, aldeidi, alcoli e gas. Un'altra importante classificazione delle colture lattiche si basa sulle temperature ottimali di crescita e suddivide i microrganismi in termofili (40-45 °C) e mesofili (25-37 °C). I fermenti lattici filocaseari sono normalmente presenti nel latte crudo. La flora endogena naturale è stata per molto tempo utilizzata come unico starter di fermentazione per l'acidificazione del latte da caseificare. Il latte in questo caso non può essere pastorizzato, ma solamente riscaldato ad una temperatura e per un tempo sufficienti ad eliminare i microrganismi patogeni, ma in grado di preservare la vitalità della flora lattica soprattutto termofila. Con questa tecnica è molto difficile ottenere la riproducibilità nel tempo delle curve di acidificazione, a causa dell'incostanza delle condizioni ambientali, della composizione e del patrimonio microbiologico del latte. È possibile replicare in laboratorio colture di batteri lattici selezionate direttamente dal latte: con questa tecnica si può migliorare la riproducibilità delle curve di acidificazione, mantenendo il patrimonio microbiologico del latte molto vicino a quello naturale, nonostante i trattamenti di pastorizzazione. Il limite delle colture di replicazione è nella loro composizione perché nel processo di selezione in vitro dei batteri lattici con le caratteristiche tecnologiche migliori si arriva alla eliminazione di molte specie minori che, al procedere delle repliche, possono andare perse. La forte richiesta di standardizzazione dei processi può essere soddisfatta attraverso l'impiego di colture selezionate, la cui composizione qualitativa e quantitativa è garantita costante da parte dei produttori specializzati. Le colture selezionate sono costituite da ceppi puri, fatti crescere separatamente e poi opportunamente concentrati e miscelati; esse sono in grado di garantire attività fermentative costanti e rapporti precisi di bilanciamento reciproco dei microrganismi. Le colture selezionate, una volta

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

assemblate, vengono commercializzate congelate o liofilizzate e possono essere utilizzate sia per aggiunta diretta al latte nelle caldaie di lavorazione, sia come colture madri per la preparazione di lattoinnesti da aggiungere successivamente al latte in caldaia.

Coagulazione. La trasformazione del latte in gel e poi in cagliata avviene grazie all'aggiunta di caglio al latte, all'interno di contenitori specifici per forma e dimensioni. Le vecchie caldaie di lavorazione di tipo svizzero, semisferiche in rame o acciaio da 800-1500 kg, e i secchioni da 150-200 kg di capacità, sono stati sostituiti quasi ovunque da vasche polivalenti di dimensioni e geometria variabili a seconda delle lavorazioni per cui sono realizzate. Le vasche sono normalmente dotate di intercapedine per il riscaldamento con acqua calda o vapore e sono equipaggiate con apparecchiature automatiche di agitazione ed eventualmente taglio. La cagliata può essere estratta per ribaltamento della vasca oppure dal fondo della stessa con l'impiego di pompe appositamente disegnate. La coagulazione del latte può avvenire per via presamica o per via acida; per le lavorazioni a formaggio di solito si utilizza una combinazione delle due tecniche allo scopo di ottimizzare il processo. La **coagulazione presamica** si ottiene grazie all'azione di enzimi proteolitici che agiscono sulle micelle di caseina. Un componente delle micelle, la k-caseina, viene attaccato dall'enzima e separato dalla micella che, destabilizzata, tende ad agglomerarsi con altre simili in un reticolo ordinato.

Diversi fattori influenzano la coagulazione enzimatica:

- la concentrazione di calcio che partecipa direttamente al processo di reticolazione della caseina, poiché con i processi di pastorizzazione una parte del calcio solubile precipita è dunque frequente l'uso di CaCl_2 per ripristinare l'attitudine alla coagulazione del latte;
- l'acidità del latte, ottimale quando inferiore a pH 6;
- la temperatura, con un optimum attorno ai 40 °C, un minimo attorno ai 12-15 °C e un massimo attorno ai 60 °C, temperatura alla quale l'enzima coagulante inizia a denaturarsi;
- la concentrazione dell'enzima coagulante.

Nella tecnologia casearia i parametri citati sono strumenti tipici di controllo per indirizzare correttamente il prodotto finito verso il profilo organolettico desiderato. La definizione "presamica" dovrebbe essere riservata al processo di coagulazione ottenuto con l'esclusivo impiego di caglio, ovvero con l'impiego di chimosina ricavata dall'abomaso di vitelli lattanti. L'impiego di altri enzimi coagulanti, di origine animale, vegetale o microbica è consentito, ma la loro definizione corretta è "enzima coagulante" e non caglio. La chimosina di vitello è l'enzima naturale ideale per ottenere la coagulazione del latte, a causa della sua altissima specificità di attacco alla micella di caseina. Questa specificità consente infatti di ridurre al minimo gli effetti di proteolisi

indiscriminata che hanno numerosi altri enzimi e possono indurre conseguenze negative, liberando frazioni proteiche indesiderate. Nei cagli di vitello commerciali la percentuale di chimosina si aggira attorno al 75-78%, per arrivare ad oltre l'85% nei prodotti di migliore qualità. La **coagulazione acida** avviene quando la caseina si avvicina al suo punto isoelettrico e comincia a precipitare. Il processo può cominciare con valori di pH attorno a 5,3-5,4 e raggiunge il suo massimo attorno a 4,6. Questo tipo di coagulazione dà origine ad una cagliata strutturalmente molto diversa da quella presamica, costituita da una massa disorganizzata di proteine precipitate, che ingloba anche la frazione grassa. L'acidità necessaria alla coagulazione della frazione proteica può essere ottenuta o per fermentazione del latte con l'impiego di microrganismi specifici o per aggiunta di acidi organici o minerali. Nella tecnica casearia è frequentissima la combinazione delle due azioni coagulanti di acido ed enzima (coagulazione mista). In tutti i formaggi naturali si sfrutta l'attività dei fermenti lattici che abbassano progressivamente il pH del latte prima dell'aggiunta del caglio; per alcune lavorazioni è possibile aggiungere al latte acidi organici come acido citrico o acido lattico che portano il pH istantaneamente al livello desiderato (*Mozzarella*, *Cottage Cheese*, *Quark*). Gli enzimi coagulanti comunemente utilizzati nella produzione di formaggi sono di origine animale o microbica. I primi derivano dalla lavorazione degli abomasi di vitello e sono disponibili in diverse forme: liquida, in pasta e in polvere: gli abomasi sono essiccati e poi sottoposti a un processo di estrazione in acqua. Le soluzioni ottenute sono successivamente sottoposte a processi di pulizia, raffinazione e concentrazione per massimizzare il rapporto chimosina/pepsina che, tanto più è alto, tanto più rende la proteolisi specifica verso la k-caseina. I cagli di origine microbica sono estratti dai terreni di coltura di microrganismi specificamente selezionati (*Mucor miehei*, *Mucor pusillus*, *Aspergillus niger*, *Endothia parasitica*, *Kluyveromyces lactis*). Tutti questi cagli sono caratterizzati da una specificità proteolitica ridotta e non sono quindi adatti alla lavorazione di molti tipi di formaggio. Dalla fine degli anni Ottanta sono disponibili sul mercato enzimi coagulanti di origine microbica, ottenuti dal metabolismo di microrganismi geneticamente modificati. I ceppi interessati alla modifica del loro DNA hanno acquisito la capacità di produrre una proteasi identica alla chimosina di vitello. La chimosina da DNA ricombinato può raggiungere livelli di purezza superiore a quelli di qualsiasi caglio di vitello; l'impiego di questo enzima è consentito nella produzione del formaggio, purché non sia espressamente vietato dai disciplinari di produzione (DOP, SGT, IGP) e ciò sia indicato in etichetta. La quantità di coagulante da aggiungere al latte è un parametro molto importante sia per le conseguenze tecnologiche, sia per l'impatto economico sul prodotto finito. La forza o titolo del caglio è una misura dell'attività enzimatica ed indica il volume di latte coagulato da 1 ml di caglio alla temperatura di 35 °C in 40 min (2400 secondi) e viene calcolata secondo la formula:

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

$$F = (2400 \times V)/(v \times t)$$

Con V = volume del latte (ml), v = volume del caglio (ml), t = tempo impiegato (in secondi).

Poiché il latte crudo non ha titolo costante in grasso e proteine per la determinazione della forza viene impiegato il substrato di Berridge costituito da latte in polvere ricostituito e standardizzato nel titolo in calcio con CaCl₂: la forza del caglio calcolata con questo sistema viene indicata con espressioni del tipo 1:10.000, 1:200000, che permettono di valutare la quantità di latte coagulabile da un'unità di volume di caglio. La forza non dà tuttavia indicazioni sulla composizione enzimatica relativa del caglio che influenza fortemente la coagulazione e la successiva maturazione/stagionatura.

Il tempo di coagulazione è il tempo che intercorre tra l'aggiunta del caglio e la comparsa dei primi fiocchi caseosi. Esso varia di solito fra i 5 e i 30 minuti con l'eccezione dei caprini (formaggi a coagulazione prevalentemente acida) per i quali il processo può durare molte ore. Esiste una correlazione inversa tra la quantità di caglio utilizzato e il tempo di coagulazione.

Taglio della cagliata. Il taglio della cagliata ha lo scopo di indurre e regolare la separazione del siero. Quando il gel formatosi per azione del caglio è diventato sufficientemente resistente, si effettua una serie di tagli successivi dell'intera massa coagulata, prima in strisce, poi in grossolani cubetti e, infine, in granuli sempre più piccoli. La dimensione dei granuli è tipica di ciascuna lavorazione, piccola (a chicco di riso) per i formaggi duri da stagionare, più grande (noce/nocciola) per quelli freschi e a pasta morbida. L'eliminazione del siero è tanto più spinta, quanto più piccole sono le dimensioni dei granuli, quanto più alta è l'acidità della miscela e quanto più elevata è la temperatura. Questa operazione è eseguita, nelle lavorazioni artigianali, mediante diversi attrezzi (spada, lira, spino, spannarola) a seconda del tipo di lavorazione. Nelle caldaie polivalenti automatizzate il taglio viene effettuato con passaggi ortogonali di pettini di lame oppure con sistemi rotanti; nei coagulatori continui i sistemi di lame sono fissi ed è la massa di cagliata ad attraversarli. Questi sistemi di taglio sono la riproduzione meccanica su larga scala degli attrezzi utilizzati nelle lavorazioni manuali. Se il coagulo è troppo molle, si ha la formazione di particelle molto piccole dette "polvere". Esse provocano una cattiva uscita del siero dalla forma di formaggio. La pasta diventa localmente acida. Per di più, la resa diminuisce (aumento di grasso e proteine nel siero). Se il coagulo è troppo forte e duro, c'è rischio di rivestimento del grano (formazione di una pellicola attorno al grano), ciò conduce a una cattiva sineresi e di conseguenza il siero trattenuto dove continua la fermentazione dei batteri lattici porta a una pasta acida.

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

Sosta o riposo della cagliata. In generale, alle diverse fasi di taglio seguono fasi di riposo più o meno lunghe della cagliata, o in stasi o in blanda agitazione. Il riposo è una fase delicata in quanto i granuli tendono a riaggregarsi e di conseguenza durante il riposo continua lo spurgo del siero.

Cottura. La cottura della cagliata è un'operazione prevista solo per alcune tipologie di formaggio, in genere caratterizzate da una bassa umidità finale. L'operazione consiste in un innalzamento graduale della temperatura per riscaldamento indiretto fino ai 55-56 °C, che ha come conseguenza una forte accelerazione dello spurgo di siero; questa è certamente una fase critica che necessita di un accurato controllo.

Lavaggio. Il lavaggio è un'operazione che consente di eliminare una buona parte del lattosio rimasto, per impedire che possa essere ulteriormente fermentato dai batteri lattici; è utile per formaggi a umidità medio-alta, caratterizzati da un profilo organolettico tendente al dolce, tipo *Fontal* o *Gouda*. Il lavaggio si effettua estraendo dalla caldaia una quantità di siero dal 25 al 35% del totale e sostituendolo con acqua alla stessa temperatura. Il lattosio viene proporzionalmente diluito e l'acqua viene eliminata insieme al resto del siero durante la successiva estrazione/formatura. Il lavaggio può essere utilizzato anche per una parziale cottura della cagliata, impiegando acqua opportunamente surriscaldata rispetto alla temperatura della cagliata stessa.

Estrazione e formatura. Una volta terminate le operazioni in caldaia, la cagliata viene estratta e scaricata negli stampi da cui il formaggio prenderà la sua forma definitiva. Gli stampi possono essere in materiale plastico o in acciaio inox e possono essere in monoblocco oppure modulari per seguire la riduzione di altezza generata dallo spurgo di siero. Oltre alla forma dello stampo, è importante il disegno e la distribuzione dei fori da cui dipende il profilo di spurgo del siero. Per alcune lavorazioni si utilizzano fascere in legno dove la cagliata viene introdotta all'interno di una tela, che è mantenuta fino a quando il formaggio non ha raggiunto un'appropriata consistenza.

Filatura. È un'operazione prevista solo per la particolare tipologia dei formaggi definiti a pasta filata. Con la filatura la struttura della cagliata cambia drasticamente, diventando fibrosa ed elastica; anche la struttura della caseina si modifica in presenza di acidità e per effetto termo-meccanico. Perché la filatura sia possibile, la cagliata deve avere raggiunto il giusto grado di acidità. Nelle lavorazioni tradizionali, l'acidità deriva dal metabolismo delle colture di microrganismi che producono acido lattico; il processo di maturazione delle cagliate da filare prevede il loro mantenimento sotto siero caldo per alcune ore, perché raggiungano il giusto grado di acidità. Nelle

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

lavorazioni rapide è possibile aggiungere acido al latte per portarlo direttamente al pH di filatura; gli acidi normalmente utilizzati sono il citrico e il lattico (più raramente l'acetico). Quando viene raggiunto il pH previsto, la cagliata viene sminuzzata e passata in acqua calda a 80-90 °C in continua agitazione e, una volta raggiunta la plasticità ottimale, viene formata nell'aspetto e nelle dimensioni desiderate; questa operazione può essere eseguita da macchine filatrici/formatrici che operano in continuo oppure manualmente quando si producono paste filate in maniera tradizionale.

Stufatura. Questa è un'operazione molto importante del processo di trasformazione che segue immediatamente la messa in forma: è una fase di semiriposo della cagliata che si appresta a diventare formaggio, durante la quale si completano lo spurgo del siero e le fermentazioni indotte dalla flora lattica. La stufatura può durare fino a 8-10 h, in funzione dell'acidità di partenza della cagliata e del valore finale da raggiungere. Il processo si svolge solitamente nello stesso locale di produzione, ad una temperatura ambientale non troppo lontana da quella di coagulazione e comunque idonea a consentire il metabolismo fermentativo dei batteri lattici (da 20 a 35 °C). Durante la stufatura gli stampi contenenti la cagliata vengono periodicamente rivoltati per rendere omogeneo lo spurgo di siero dalla massa.

Pressatura. Si tratta di un'operazione specifica per alcune tipologie di formaggi, generalmente a pasta dura o semidura. La pressatura serve a migliorare lo spurgo di siero e a tenere il formaggio in forma, rendendo omogenea la tessitura interna del formaggio finito. La pressione deve essere applicata in maniera controllata per evitare lo svuotamento troppo rapido dello strato esterno della forma e creare un "effetto crosta" che si opporrebbe all'ulteriore spurgo. A seconda del tipo di lavorazione e delle disponibilità del caseificio, è possibile sottoporre a pressatura le singole forme individualmente oppure utilizzare torchi multipli opportunamente disegnati. Le pressature individuali si ottengono applicando i pesi direttamente su ripiani in legno o acciaio appoggiati sulla cagliata, oppure utilizzando torchi semplici a leva o a vite. Negli impianti multipli la forza applicata è di tipo meccanico o idraulico, gli stampi sono appoggiati su scaffalature forate e provviste di opportune canalizzazioni per raccogliere il siero di spurgo. La pressione da esercitare sulle forme è abitualmente espressa in kg per kg di cagliata e va da un minimo di circa 1 kg, fino ad oltre 15 kg.

Salatura. La salatura è in generale l'ultima delle operazioni di caseificio, prima della maturazione o stagionatura del formaggio e ha molteplici scopi: favorire il completamento dello spurgo di siero per osmosi, inibire la flora lattica riducendo il pericolo di post-acidificazioni

incontrollate, inibire parzialmente la flora anticasearia o patogena e naturalmente apportare gusto. I formaggi possono essere salati in tre modi: a secco, in salamoia, in pasta.

1. **Salatura a secco:** si effettua utilizzando sale in grani che viene strofinato sui piani e sullo scalzo dei formaggi da trattare. Il sale si solubilizza e penetra nella forma attraverso la superficie; l'operazione viene ripetuta più volte, in funzione delle dimensioni della forma ed è accompagnata ogni volta da un rivoltamento della forma: spesso è manuale, ma può essere anche meccanizzata.
2. **Salatura in salamoia:** si effettua immergendo il formaggio in soluzioni concentrate di cloruro di sodio, mantenute a temperature relativamente basse, 4-5°C per i formaggi molli e tra 10 e 18°C per gli altri, allo scopo di raffreddare rapidamente il formaggio e ridurre le attività metaboliche della flora lattica. La concentrazione delle salamoie varia tra il 15% e il 26% in peso di NaCl e viene espressa abitualmente in gradi Baumè (Bé) o in g l^{-1} , oltre che in % di sale. Le concentrazioni più alte sono preferite per i formaggi a pasta dura e quelle più basse per le paste molli. Le salamoie si impoveriscono progressivamente a causa dell'assorbimento del sale da parte del formaggio e della diluizione derivata dalla diffusione del siero di spurgo; inoltre, la loro manutenzione è molto importante: devono essere tenute sotto controllo la concentrazione del sale e l'acidità e, per quest'ultima, il pH di riferimento è prossimo a quello del siero di spurgo. Il profilo microbiologico delle salamoie è un punto critico del processo produttivo e deve essere monitorato regolarmente: è buona prassi sottoporre le salamoie a filtrazione frequente e sanificarle periodicamente per bollitura. Negli impianti più moderni le vasche di salatura sono costruite in resina resistente all'aggressività del sale. La salamoia circola in continuo attraverso le vasche, passa attraverso un sistema refrigerante che compensa l'innalzamento di temperatura causato dall'immersione del formaggio e, infine, attraversa sistemi di filtrazione progressivamente più selettivi, che mantengono la soluzione il più possibile pulita.
3. **Salatura in pasta:** si effettua aggiungendo il sale direttamente alla cagliata grossolanamente frazionata, prima della messa in forma. La salatura in pasta è abbastanza frequente nella produzione di Mozzarella dove il sale è aggiunto durante la filatura. Conseguenza dell'azione solubilizzante del sale nei confronti delle proteine, la salatura in pasta favorisce l'ammorbidimento rapido della struttura, fenomeno particolarmente evidente proprio nella Mozzarella.

Maturazione e stagionatura. Si definiscono **maturazione** e **stagionatura del formaggio** l'insieme dei processi biochimici e fisici che modificano la struttura della cagliata: essi cominciano

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

dal momento in cui si completano le operazioni di salatura e terminano quando il formaggio può essere considerato pronto per il consumo. La maturazione non è un passaggio obbligatorio per tutti i formaggi; infatti, in molti casi il prodotto è pronto per il confezionamento e il consumo immediatamente dopo la fine del processo produttivo (*Mozzarella, Primo Sale*). Il processo di maturazione/stagionatura si deve svolgere in condizioni ambientali controllate, a temperatura e umidità specifiche per ciascun formaggio. I tempi di maturazione variano dai pochi giorni per formaggi freschi tipo crescenza, ai molti mesi per i stagionati tipo Grana ed Emmenthal. Il processo può essere governato attraverso il controllo di parametri ambientali come microclima (temperatura ed umidità) ed ecosistema presenti nei locali di stagionatura; la temperatura dell'ambiente infatti è molto importante per la sua influenza diretta sulla velocità delle reazioni metaboliche ed enzimatiche, ed è un parametro tipico di ciascun formaggio: per i formaggi molli il valore medio oscilla tra i 4 e i 6 °C e per quelli a pasta dura arriva fino a 16-18 °C. Per molte lavorazioni la temperatura cambia durante il progredire della stagionatura. L'umidità influenza il profilo di asciugatura del formaggio in stagionatura e la crescita di muffe superficiali. I valori di umidità oscillano tra un minimo del 70-75% e un massimo del 95-98%. In molte sale di stagionatura, specialmente dove il formaggio è stoccato su scalere in legno, si insedia una microflora residente tipica che partecipa attivamente al processo di maturazione, influenzando significativamente colore e aspetto della crosta. L'ecosistema residente è un patrimonio importante delle sale di stagionatura ed è raccomandabile preservarlo dall'inquinamento esterno tenendo sotto controllo accessi e movimentazione dei formaggi, degli operatori e degli arredi. Gli impianti di condizionamento moderni possono garantire un'elevata accuratezza nel controllo della temperatura e del grado di umidità desiderato, fornendo anche la registrazione in continuo dei due parametri. Per le celle di stagionatura sprovviste di questi sistemi, temperature e umidità possono essere tenute sotto controllo con uno psicrometro, strumento costituito da due termometri accoppiati, per uno dei quali il bulbo è mantenuto umido. Il termometro a bulbo umido segnerà una temperatura inferiore, a causa del calore sottratto per evaporazione dell'acqua: la differenza tra le due temperature è in funzione diretta dell'umidità ambientale ricavabile dalle apposite tabelle.

Trasformazione dei costituenti del latte durante la maturazione. Le modificazioni biochimiche e fisiche che intervengono durante la maturazione sono indotte dal patrimonio microbiologico ed enzimatico del formaggio derivato dal latte, dalle colture lattiche impiegate per l'acidificazione, dal tipo e dalla quantità di caglio utilizzato e dall'aggiunta di eventuali enzimi specifici. Tutti i componenti della cagliata subiscono un'evoluzione qualitativa e/o quantitativa durante la maturazione:

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

- **Acqua:** diminuisce, per evaporazione, proporzionalmente al tempo di maturazione. La sua riduzione ha come conseguenza la concentrazione dei sali e di tutti i componenti solubili e influisce significativamente sulla vitalità della flora microbica presente.
- **Lattosio:** essendo il substrato base della flora lattica coinvolta nel processo di caseificazione viene in gran parte demolito e trasformato in acido lattico durante le prime fasi di lavorazione. Al termine della maturazione rapida dei formaggi molli freschi è presente ancora in concentrazioni vicine all'1% e tende a scomparire del tutto nei formaggi con una stagionatura superiore ai 15-20 giorni. L'acido lattico derivato dal lattosio è, a sua volta, metabolizzato e degradato in composti più semplici e in CO₂.
- **Grasso:** la degradazione dei grassi è operata da enzimi lipolitici di origine microbica o da enzimi appositamente aggiunti al latte, direttamente o attraverso cagli in pasta assai ricchi di lipasi (agnello e capretto). I batteri lattici non presentano un patrimonio enzimatico lipolitico rilevante che caratterizza, invece, molte muffe comunemente utilizzate in caseificio. Le lipasi attaccano i trigliceridi, idrolizzano i legami degli acidi grassi con la glicerina e ne derivano acidi grassi liberi, mono- e digliceridi di varia composizione. La concentrazione di acidi grassi liberi è tanto maggiore quanto più intenso è il processo di lipolisi e si trova massima nei formaggi erborinati, prodotti con l'impiego di muffe selezionate, e minima nei formaggi a pasta cotta e in quelli a corta stagionatura.
- **Proteine:** la trasformazione delle proteine è il fenomeno più importante del processo di maturazione/stagionatura. La proteolisi influenza la consistenza e il sapore del formaggio rompendo l'integrità della struttura reticolare assunta dalla caseina e producendo peptidi minori, peptoni, aminoacidi, acidi organici e ammoniaca. Il rapporto tra l'azoto solubile e l'azoto totale viene utilizzato come indicatore del livello di maturazione. La degradazione delle proteine è generata dall'azione di enzimi che provengono dai coagulanti impiegati, dalla flora lattica e dalle muffe, nonché da enzimi proteolitici naturalmente presenti nel latte, tra cui in particolare, la plasmina. Nel caglio di vitello l'azione residua della chimosina è piuttosto lenta, vista la sua alta specificità all'idrolisi della k-caseina, mentre l'azione della pepsina è meno selettiva e quindi più intensa. I cagli di origine microbica sono sempre poco specifici e quindi particolarmente attivi nei processi di proteolisi; il contributo dei fermenti lattici è presente, ma secondario rispetto a quello del caglio e a quello delle muffe eventualmente impiegate nel processo.

Difetti dei formaggi

Tutti i formaggi possono essere soggetti ad alterazioni che si manifestano per lo più durante il periodo della maturazione e danno luogo ai cosiddetti scarti. Normalmente è difficile o impossibile il rimedio curativo: occorre la prevenzione fondata sulle lavorazioni razionali, oltre che su una scrupolosa osservanza delle norme igieniche nella produzione e nella raccolta del latte. Il gonfiore è una tra le alterazioni più comuni ed è dovuto a fermentazioni gassose: può essere precoce o tardivo. Il gonfiore precoce avviene a opera di agenti microbici quali coliformi, lieviti, lattici eterofermentanti e si manifesta nelle prime fasi di maturazione, determinando la formazione di occhiatura anomala o di alveoli e crepe nella pasta, che assume una struttura spugnosa se le facce si arrotondano o fessurano.

Il gonfiore tardivo si manifesta, allorché tutto il lattosio è scomparso, ad opera di *Clostridi* e, più raramente, di microrganismi propionici. I formaggi gonfiati risultano insipidi e spesso a sapore amarognolo; le cause sono spesso da ricercarsi in un inquinamento microbico del latte, derivante da cattiva qualità dei foraggi, scarsa pulizia dei recipienti, salatura insufficiente e temperatura dei locali di stagionatura troppo elevata. La pasta di alcuni formaggi, specialmente quelli duri, semicotti e cotti, può presentare anche il difetto di sfoglia, con fessurazioni più o meno vaste, normalmente parallele fra loro e alle facce. La sfoglia generalmente induce nella pasta lievi alterazioni di sapore e di odore che risultano più marcati del normale, come pure più avanzate del normale appaiono le caratteristiche di maturazione. Il rammollimento e la colatura sono difetti tipici dei formaggi molli: la pasta fluidifica, diventa vischiosa, scura, maleodorante a causa di un'eccessiva proteolisi, normalmente dovuta ad eumiceti. Alterazioni del latte, temperatura di coagulazione troppo bassa, insufficiente spurgo, temperatura dei locali di stagionatura troppo elevata, sono tra le cause più probabili. Altri agenti microbici (*Pseudomonadacee*, muffe) sono ritenuti responsabili dello sviluppo di colorazioni, aromi e sapori sgradevoli. Inoltre, parassiti animali, generalmente acari, possono attaccare i formaggi a pasta dura, producendo escavazioni e riducendoli mano a mano in una polvere costituita dagli escrementi dell'acaro e da granuli di formaggio. Un'accurata pulizia degli ambienti di maturazione con idonei prodotti, evita l'insorgere di questo problema.

Strumenti utili al controllo del processo di caseificazione

La lavorazione di piccole quantità di latte, non necessariamente è sinonimo di formaggi difettosi, di produzioni poco igieniche, o d'incostanza per le caratteristiche del singolo prodotto, è però necessario dotarsi di mezzi minimi di controllo, per assicurare una verifica tecnica del processo di fabbricazione del formaggio e garantire buoni risultati.

I parametri che possono essere facilmente monitorati a livello di minicaseificio sono: la temperatura, l'acidità e/o il pH, la concentrazione del sale nelle salamoie e le condizioni umidità e di temperatura dei locali di stagionatura.

Per tali controlli sono necessari strumenti come: termometro, pHmetro, acidimetro, densimetro e igrometro.

Il termometro

Il termometro è lo strumento indispensabile nella fabbricazione di un formaggio, poiché viene utilizzato sia per controllare la temperatura di coagulazione del latte, la temperatura di cottura della cagliata e quella di stufatura; serve anche per controllare la temperatura degli ambienti di produzione, della salamoia e del locale stagionatura.

In commercio se ne trovano vari tipi, con diversi gradi di precisione e con scale termometriche differenti. La scelta deve ricadere possibilmente su uno strumento affidabile nella rilevazione del parametro termico, e di facile pulizia dopo essere stato impiegato nelle varie fasi produttive.

L'acidimetro

Strumento usato per determinare l'acidità totale dei liquidi, senza ricorrere al comune metodo di laboratorio che implica l'uso di una buretta graduata molto costosa e fragile.

L'acidità è il risultato di una titolazione con alcali in presenza di fenolftaleina e rappresenta il numero di funzioni che si dissociano e vengono titolate nell'intervallo tra il pH del latte e 6,8. Alla determinazione dell'acidità partecipano l'acido carbonico, gli esteri fosforici legati alla caseina, la seconda funzione dell'acido fosforico, gli alfa amino gruppi delle proteine e il gruppo amminico dell'istidina. Viene espressa normalmente in gradi Dornic (°D) o più comunemente Soxhlet-Henkel (°SH). In quest'ultimo caso la determinazione della acidità prevede la misurazione dei millilitri di idrossido di Na 0,25 N su 50 (°SH/50) o 100 (°SH/100) ml di latte necessari per arrivare al viraggio della fenolftaleina.

I modelli più economici di acidimetro, del costo di poche decine di euro, vengono realizzati in PVC e si compongono di buretta di Schilling in vetro graduato, tubo di riempimento in PVC, tubo di scarico in silicone, bottiglia e base in polietilene a bassa densità. La titolazione dell'acidità si fa

mediante una soluzione titolata di soda capace di neutralizzare una quantità nota di latte o di siero prelevata con apposito campionatore o pipetta a volume fisso.

Il pHmetro

Altro parametro di controllo non meno importante dell'acidità è il pH, il suo valore è una misura degli ioni H^+ presenti in soluzione ed è compreso tra 6,6 e 6,8 per tutte le specie animali. Il latte è una soluzione tampone: di conseguenza, per piccole aggiunte di acidi o basi, il pH non cambia. Valori più bassi si osservano nel latte colostrale (6,4-6,5), mentre sono più elevati (6,9-7,0) nei latti mastitici. Il processo fermentativo operato dai fermenti lattici porta a un abbassamento del pH del latte e del siero durante il loro sviluppo. Il corretto svolgimento dei processi di acidificazione durante la caseificazione può dunque essere monitorato sia mediante il controllo dell'acidità che mediante quello del pH. Un piaccametro o pH-metro è un apparecchio elettronico usato per misurare il pH di un liquido. Può essere equipaggiato anche con sonde particolari adatte alla misura del pH di campioni solidi e semi-solidi. Un tipico piaccametro consiste da un elettrodo a vetro di tipo combinato (che contiene l'elettrodo di riferimento) e da una sonda di temperatura collegati ad un dispositivo elettronico che raccoglie il segnale, calcola il valore di pH corrispondente e lo rappresenta su un display. È uno strumento più costoso dell'acidimetro, il costo può variare dalle centinaia a oltre un migliaio di euro a seconda della tipologia. Richiede una accurata pulizia degli elettrodi e calibrazione quotidiana con soluzioni standard a pH noto.

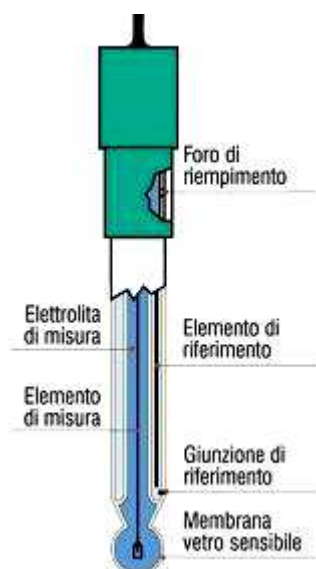


Figura 2 Elettrodo combinato

Il densimetro

La concentrazione di sale nelle salamoie viene determinata mediante salimetro che è un densimetro tarato per esprimere direttamente la percentuale, i gradi Baumé o i grammi di sale contenuti in una salamoia.

Viene immerso direttamente nella salamoia oppure in un cilindro riempito di salamoia.

Poiché la densità è influenzata dalla temperatura per effettuare una misura, la salamoia va portata alla temperatura di riferimento per il salimetro, che è quella su cui è tarato; alternativamente il valore determinato va corretto a seconda della temperatura effettiva in base alla tabella fornita con lo strumento.

Va ricordato che salamoie “vecchie” hanno valori di densità maggiori di quelle “nuove,” a causa dei sali disciolti, delle sostanze rilasciate dai formaggi e dell’evaporazione.

L'igrometro

Serve a misurare l’umidità relativa degli ambienti di lavorazione, stufatura e conservazione del formaggio. Ne esistono diverse tipologie il più preciso ed affidabile è lo psicrometro.

Tale strumento è costituito da due termometri affiancati, di cui uno è chiamato bulbo secco e misura la temperatura dell'aria nell'ambiente, mentre l'altro, avvolto in uno stoppino di imbevuto d'acqua distillata rifornita per capillarità da un contenitore apposito, è chiamato bulbo umido e misura la temperatura dell'acqua a contatto con l'aria (ovvero la temperatura di bulbo umido): l'evaporazione dell'acqua sottrae calore abbassandone la temperatura in misura inversamente proporzionale all'umidità dell'aria. La lettura dei due termometri permette di conoscere con tabelle o diagrammi forniti con lo strumento l'umidità relativa e assoluta dell'aria. Lo psicrometro è lo strumento più adatto per il controllo dei locali di stagionatura dei formaggi dove sia la temperatura che l’umidità relativa rivestono, come già spiegato, una notevole importanza durante il processo di maturazione, specialmente se si protrae per lunghi periodi

Va ricordato che magazzini di stagionatura sono caratterizzati da temperature e umidità relativa diverse a seconda del tipo di formaggio da stagionare: temperature basse e umidità relativa elevata per formaggi molli (4÷5 °C, U.R. 90÷95%), e temperatura più elevata e umidità più bassa formaggi a pasta dura (15 ÷20 °C , U.R. 75÷85%).

Schede di lavorazione

Si riportano di seguito le schede di lavorazione relative ad alcune tipologie di formaggio: crescenza, formaggi a pasta semicotta da latte intero o parzialmente scremato e formaggi a crosta fiorita. Le schede di produzione sono state messe a punto nell'ambito del progetto MIERI su un minicaseificio con le componenti:

1. Vasca polivalente per pastorizzazione e cagliatura con riscaldamento a vapore a bassa pressione dotata agitatore a motore, capacità massima 200 l dimensioni 80x80x80 cm, possibilità di riscaldamento e raffreddamento con acqua fredda basale, basale + parete e di iniezione diretta del vapore.
2. Generatore di vapore alimentabile a metano o GPL , dotata di addolcitore per l'acqua, dimensioni 70x95x190 cm.
3. Tavolo per la lavorazione del prodotto, dimensioni 90x120x100 cm.



LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA



Lavorazione a Crescenza.

La Crescenza è un formaggio originario della bassa Lombardia, la cui produzione si è estesa all'intera valle Padana. È un formaggio a pasta molle, privo di crosta, prodotto da latte intero; la forma è quadrata, con lato di 19-20 cm, altezza di circa 5 cm e peso attorno ai 2 kg. La pasta presenta struttura omogenea con eventuali leggeri distacchi, occhiatura assente e colore omogeneo da bianco a leggermente paglierino; il sapore è delicato e caratteristico, da dolce a leggermente acidulo e la consistenza è tenera, morbida e spalmabile, fondente in bocca. Il latte pastorizzato a 72-75 °C, comunemente viene effettuata la salatura in caldaia alla dose di 600g/100 l di latte e coagulato alla temperatura di 37-40 °C. Per l'acidificazione si utilizzano fermenti della specie *S. thermophilus* e, per la coagulazione, caglio di vitello ad alto tenore di chimosina. Dopo la presa, la cagliata è tagliata a grani di noce e poi mantenuta in blanda agitazione per circa 20 min, prima di essere scaricata negli stampi, dove rimane per circa 6 h in stufatura con 3-4 rivoltamenti. Quando ha raggiunto l'acidità ottimale, in genere tra 10 e 12 °SH/50 ml, il formaggio entra in celle di maturazione condizionate alla temperatura di 5-6°C e umidità >90%. La maturazione dura 5-7 giorni, durante i quali il formaggio è rivoltato 3-4 volte e infine avviato al confezionamento con una resa finale compresa tra il 15% e il 17%, a seconda dell'umidità e del contenuto in grasso.

Nelle prove di caseificazione condotte partendo da un latte con un tenore in grasso del 4% e in proteine del 3.35% il prodotto finito presentava un tenore in sostanza secca pari al 40% con pH pari a 5.2. La resa media di trasformazione è stata del 18%

Nella tabella seguente si riportano i tempi necessari per le diverse fasi di lavorazione:

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

tempo (min)	FASE	
0	start generatore	
8	T di esercizio	
9	apertura vapore	
44	chiusura vapore	T=72°C
45	raffreddamento con acqua	
68	aggiunta starter	
74	chiusura raffreddamento	T=43°C
138	aggiunta sale	600 g/100 l
143	aggiunta CaCl ₂ (come CaCl ₂ *2H ₂ O)	4 g/ 100l
146	aggiunta caglio liquido (F=1:10000)	40 ml/100 l
147	stop agitazione	
158	presa	
164	inizio primo taglio (spada)	
173	fine primo taglio	
197	rivoltatura	
199	Taglio a 1/2noce (lira)	
210	trasferimento della cagliata negli stampi	
217	fine trasferimento negli stampi	
223	I rivoltamento	
228	copertura con telo	
259	II rivoltamento	
342	III rivoltamento	
400	IV rivoltamento trasferimento in cella	

Nei grafici seguenti sono riportati il diagramma tempo-temperatura l'andamento dell'acidità e del pH del latte e del siero per 4 lavorazioni replicate sull'impianto pilota.

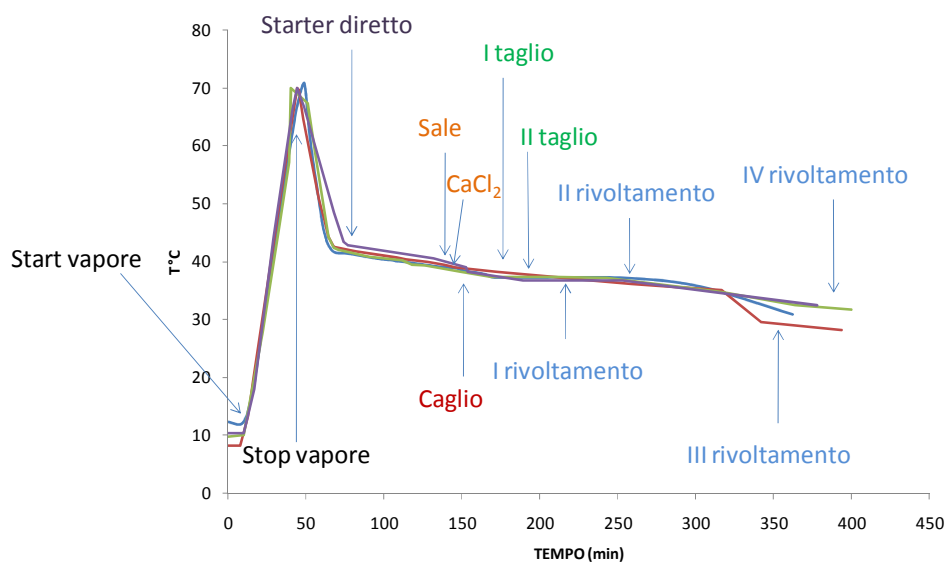


Figura 3 Diagramma tempo/temperature di lavorazioni a formaggio "Crescenza"

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

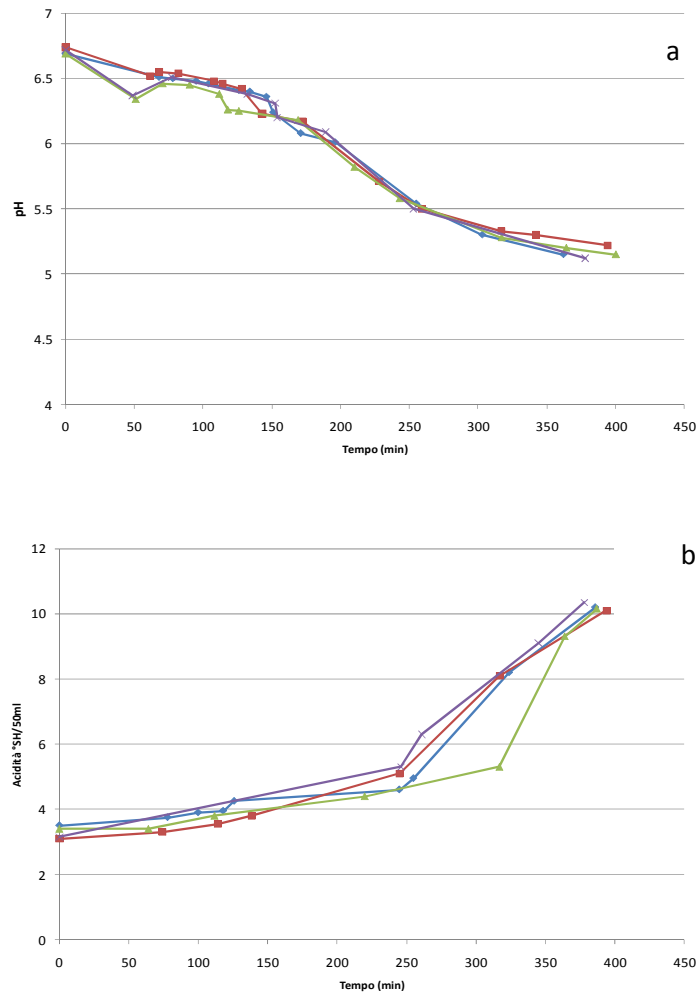


Figura 4 andamento nel tempo del pH (a) e dell'acidità (b) del latte in lavorazioni a formaggio "Crescenza"
 Il trattamento termico del latte in batch a 72° con raffreddamento a 43°C in 25 minuti ha garantito una riduzione della carica microbica di almeno 2 ordini di grandezza come illustrato nel seguente istogramma:

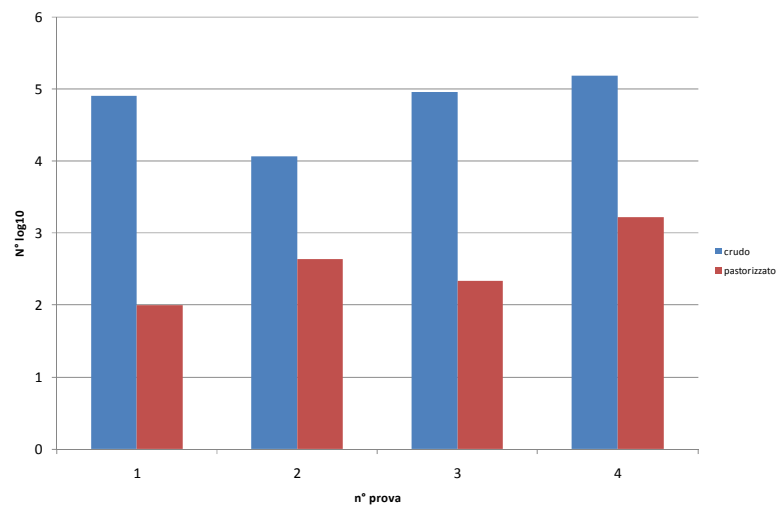


Figura 5 Valori di carica microbica prima e dopo il trattamento termico in lavorazioni a formaggio "Crescenza"

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA



Figura 6 Fasi di produzione di formaggio "Crescenza"

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

Lavorazione tipo Casera della Valtellina.

Tale tipologia di formaggio deriva da latte di vacca di due mungiture, quella della sera scremata e quella del mattino, o di una sola mungitura parzialmente scremata per affioramento in bacinelle rotonde dette conche. Il latte in caldaia, prima della aggiunta del caglio deve raggiungere un'acidità naturale di 3,8-4 °SH/50 ml o per acidificazione naturale o per aggiunta di starter. La coagulazione avviene tra 33 e 40 °C con presame liquido o in polvere, fra 20 e 50 min, secondo l'acidità. Dopo rivoltamento della cagliata e rottura con la lira o lo spino (grandezza: chicco di mais), si opera una semicottura a 43-46 °C. La cagliata viene raccolta dal fondo della vasca mediante appositi teli e con essi messa in forma in fascera. La resa in formaggio ad un mese è circa 8-8.5%, maturo dopo 4-6 mesi di stagionatura 7,5%.

Nella tabella seguente si riportano le diverse fasi di lavorazione con la tempistica richiesta, la fase di termizzazione o pastorizzazione può essere omessa qualora si voglia esaltare il ruolo della flora microbica autoctona in fase di maturazione:

TEMPO (hh.min.sec)	FASE	
0.00.00	start generatore	
0.14.00	pressione di esercizio	
0.50.05	inizio raffreddamento ad acqua	T=70°C
1.28.00	insemezzamento	T=42°C
1.35.00	fine raffreddamento acqua	aggiunta starter diretti
3.08.30	aggiunta CaCl ₂ (come CaCl ₂ *2H ₂ O)	4 g/ 100 l
3.15.00	aggiunta caglio in polvere (1:120000)	3g/100 l
3.29.30	inizio presa	
3.32.10	inizio taglio (spino)	
3.36.00	fine l taglio	
3.38.00	agitazione inizio riscaldamento	semicottura
4.01.00	chiusura vapore	T=45°C
4.23.00	inizio trasferimento cagliata	acidità del siero 5 SH°/50
4.41.00	fine trasferimento cagliata	acidità siero di sgrondo 7.4 SH°/50
5.38.00	rivoltamento e cambio teli	
5.55.00	Il rivoltamento	
6.20.00	trasferimento in cella a 10°C	

Di seguito si riportano il diagramma tempo temperatura e quello di andamento del pH per le due tipologie di lavorazione con e senza trattamento termico del latte, in questo secondo caso l'aggiunta del cloruro di calcio può essere omessa. A seconda della temperatura scelta per la coagulazione è possibile scegliere alternativamente starter mesofili oppure termofili.

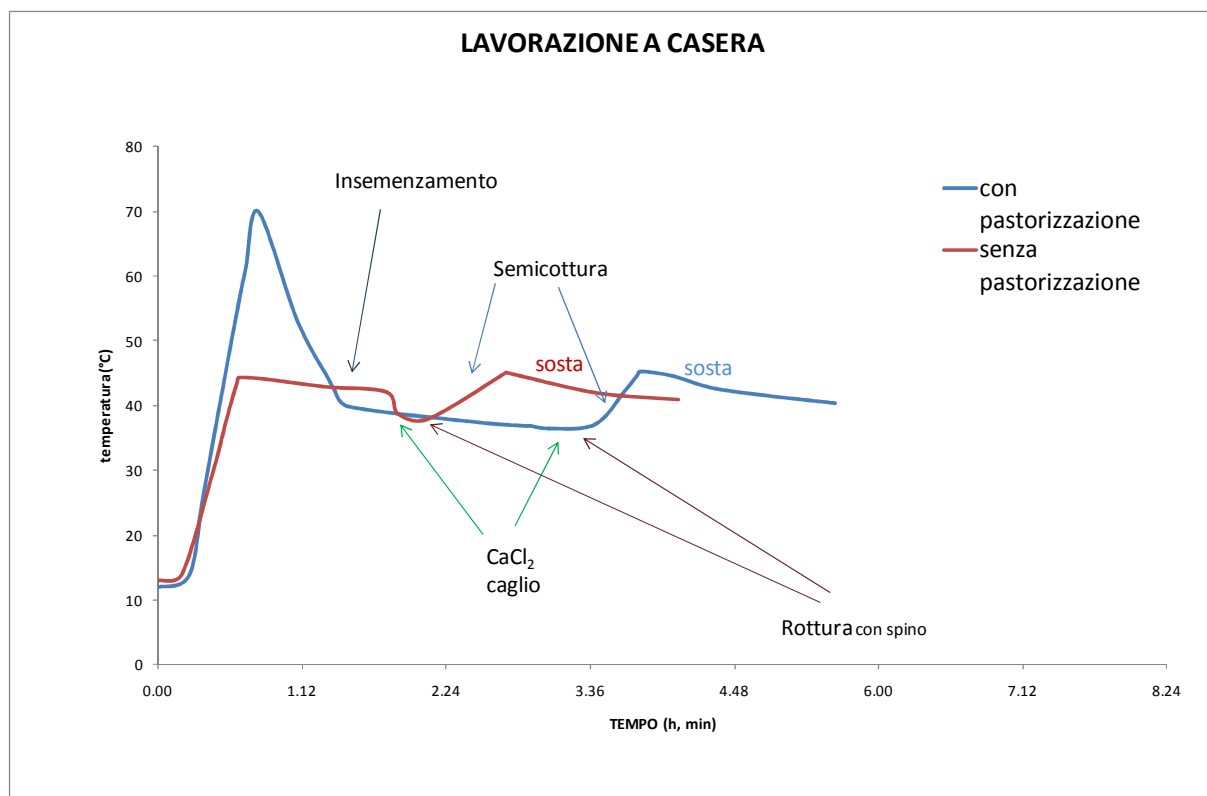


Figura 7 Diagramma tempo/temperature di lavorazioni a formaggio "Casera"

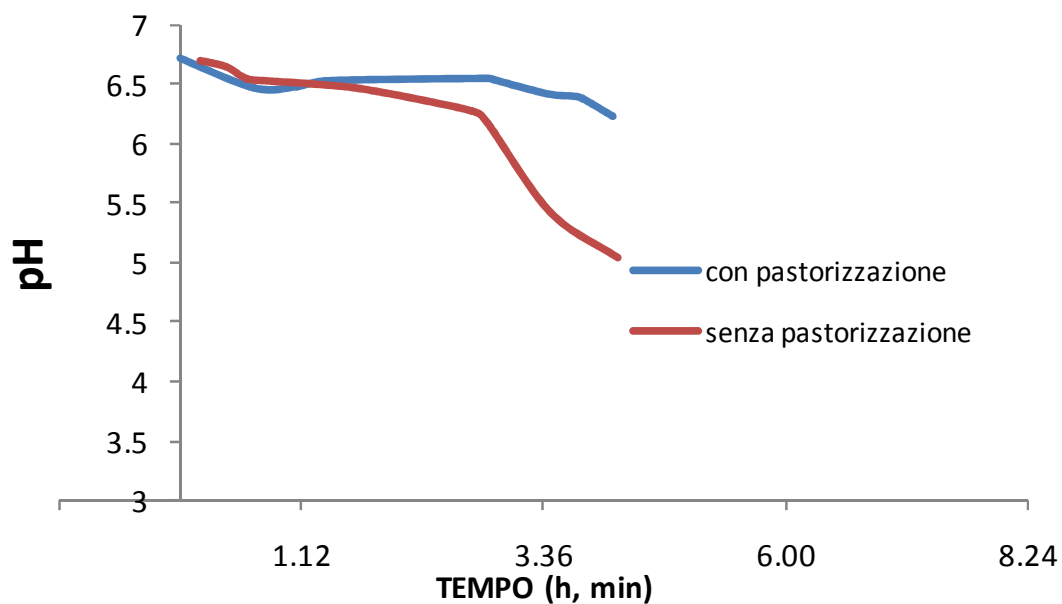


Figura 8 andamento nel tempo del pH durante produzioni di formaggio "Casera"

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

Lavorazione tipo Bitto.

Formaggio locale DOP, originario della Vallata omonima e delle vicine vallate; di produzione estiva, in malga. Il Bitto si ottiene da latte intero di solito appena munto, talvolta miscelato con piccole quantità di latte di capra. La coagulazione del latte avviene in circa mezz'ora a 35-37°C con presame liquido o in polvere (caglio di vitello ad alto tenore di chimosina); dopo la rottura effettuata alla grossezza di un chicco di mais la semicottura a 50-52 °C dura circa mezz'ora segue una spinatura fuori fuoco per 10-15 min. La raccolta della cagliata avviene mediante messa in forma in fascera con una pressione da 1 a 3 kg per kg di formaggio e per 12 h. Il formaggio viene salato a secco per 2 o 3 volte. Resa: 9-10% in formaggio maturo.

Nella tabella seguente si riportano le diverse fasi di lavorazione con la tempistica richiesta

TEMPO (hh.min.sec)	FASE	
0.00.00	start generatore	
0.07.49	stop, generatore a regime	
0.11.00	inizio riscaldamento	
0.31.30	stop riscaldamento	T=43°C
0.36.00	inseminamento	
2.12.00	inizio raffreddamento con acqua	
2.22.00	aggiunta caglio in polvere (1:120000)	3g/100 T=37.6°C
2.24.00	fermo agitazione	
2.41.00	presa	
2.50.00	rivoltamento superficiale cagliata (spannarola)	
2.55.00	taglio cagliata a cubetti	
3.10.00	taglio con spino	
3.20.00	inizio riscaldamento	semicottura
4.01.00	fine riscaldamento	T=50°C
4.11.00	fine agitazione, inizio trasferimento cagliata	
4.30.00	fine trasferimento cagliata	
4.55.00	rivoltamento e cambio teli	
5.14.00	Il rivoltamento	



Figura 9 fasi della lavorazione a formaggio "Bitto"

Di seguito si riportano il diagramma tempo temperatura e quello di andamento del pH del latte e del siero:

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

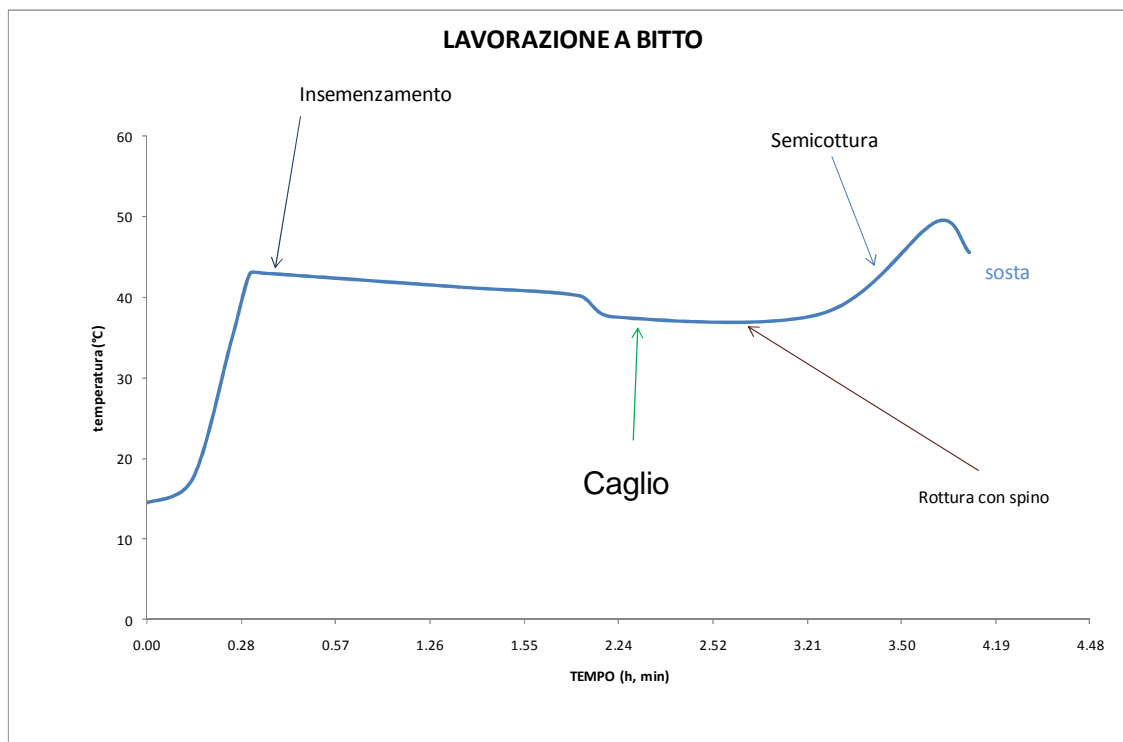


Figura 10 Diagramma tempo/temperature di una lavorazione a formaggio "Bitto"

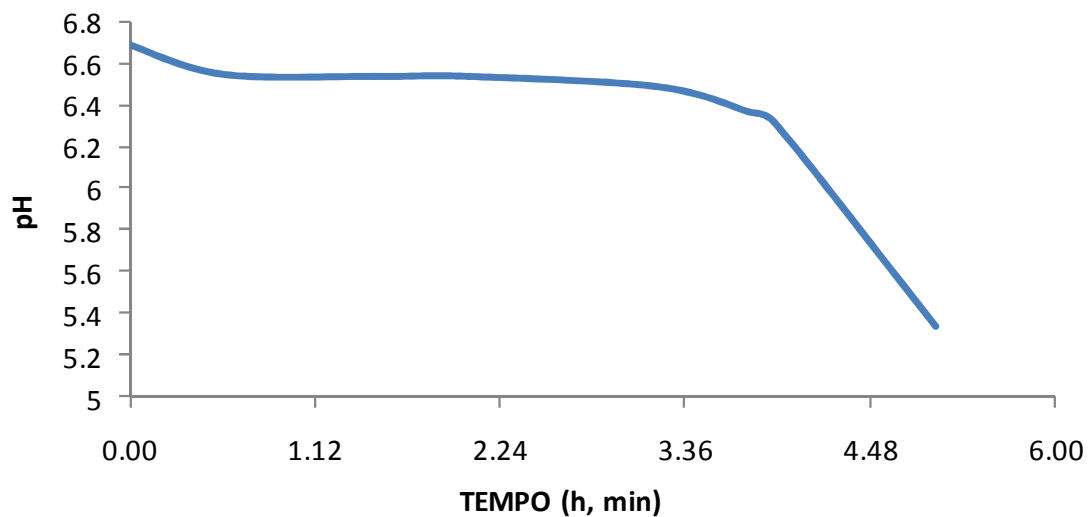


Figura 11 andamento nel tempo del pH durante la produzione di formaggio "Bitto"

Lavorazione per formaggio a crosta fiorita (tipo Brie).

I formaggi a crosta fiorita tipo Brie sono formaggi a pasta molle, ad elevata umidità e percentuale di grasso, con un elevato rapporto superficie/volume, ricoperti sulla superficie esterna da un feltro bianco di muffe del gen. *Penicillium candidum*, ad intensa azione lipo-proteolitica. Il latte (circa 150 kg) è stato pastorizzato a 72°C per pochi secondi, addizionato di CaCl₂ (0.036 g/kg) e spore di *Penicillium candidum* (0.01g/kg) e sottoposto a coagulazione acido-presamica l'acidificazione del latte viene garantita mediante l'uso di un lattoinnesto. il caglio viene aggiunto circa un'ora dopo il lattoinnesto, per consentire una acidificazione del latte abbastanza spinta (acidità del latte alla coagulazione 4.3°SH/50, pH 6.20). Raggiunta la giusta consistenza, la cagliata viene tagliata fino a ridurla in pezzi di dimensioni di una noce. Dopo una sosta sotto siero di circa 5 minuti viene estratta dalla caldaia e trasferita negli stampi, sottoponendola a 3-4 rivoltamenti per favorire lo spurgo, abbassando progressivamente la temperatura da 35 a 20°C (acidità del siero all'estrazione: 4.15°SH/50, pH 5.80). L'acidificazione della cagliata viene prolungata per circa 16 ore mantenendo le forme a 20°C in ambiente umido e termostato si ottiene così una forte acidificazione della pasta (pH<5.0). In seguito, le forme sono estratte dagli stampi vengono a secco; dopo circa 10 giorni, raggiunto un certo grado di sviluppo del micelio fungino, le forme prodotte possono venire incartate con carta rivestita con film plastico, per permettere uno sviluppo ottimale del micelio superficiale, a 30 giorni le forme si possono considerare mature.

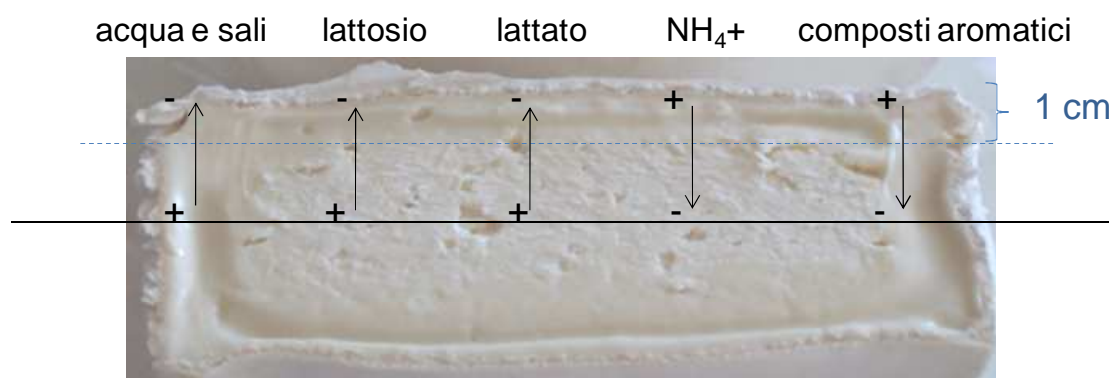


Figura 12 Variazioni di diversi composti all'interno della forma di formaggio tipo "Brie"

Lo sviluppo del *Pennicillium* sulla superficie del formaggio determina un innalzamento del pH del formaggio per il rapido consumo di lattato prodotto dai batteri lattici. La diffusione del lattato dal centro del prodotto alla superficie e la diffusione in senso inverso dell'ammoniaca prodotta avvengono molto più lentamente, determinando un innalzamento del pH molto più graduale nel centro della forma. L'aumento del pH determina una ri-solubilizzazione delle caseine e l'ammorbidimento della pasta, inizialmente di consistenza gessosa, che diventa così più soffice e cremosa.

Nella tabella seguente si riportano le diverse fasi di lavorazione con la tempistica richiesta.

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

TEMPO (hh.min.sec)	FASE	
0	inizio riscaldamento	pH=6.68
0.30.00	inizio raffreddamento acqua	T=72°C
0.50.00	aggiunta lattoinnesto	2l/100l di latte, acidità 22°SH/50
1.40.00	CaCl ₂ (4 g/100l come CaCl ₂ *2H ₂ O)	pH=6.25 acidità 4.30 °SH/50
1.45.00	caglio + spore <i>Penicillium</i>	25 g/100l 1:10000
1.56.00	presa	
2.10.00	I taglio a cubetti (spada)	
2.25.00	II taglio (lira) agitazione	
2.55.00	stufa a 27°C	
4.30.00	II rivoltamento	acidità 6.66 °SH/50 (siero di sgrondo)
6.10.00	III rivoltamento	acidità 8.45 °SH/50 (siero di sgrondo)
8.15.00	IV rivoltamento	acidità 10.10 °SH/50 (siero di sgrondo)
	conservazione a 22°C per 16h	
23.30.00	salatura	pH forme 4.78

Di seguito si riportano il diagramma tempo temperatura e quello di andamento del pH

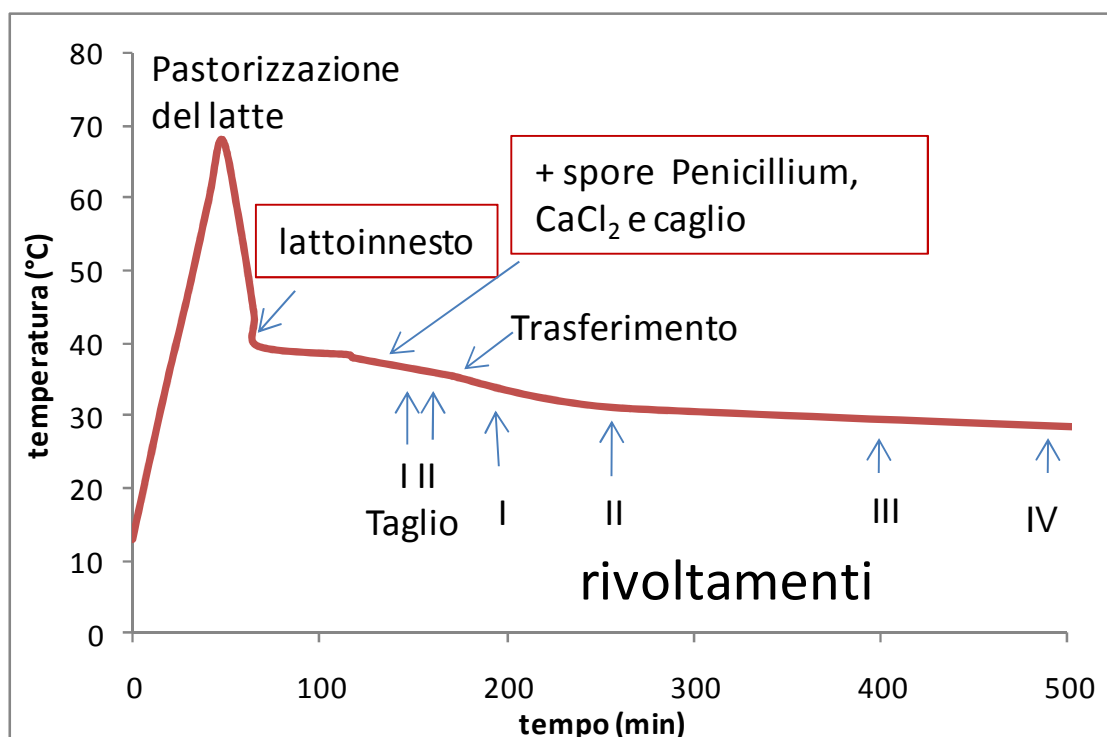


Figura 13 Diagramma tempo/temperature della produzione di formaggio tipo "Brie"

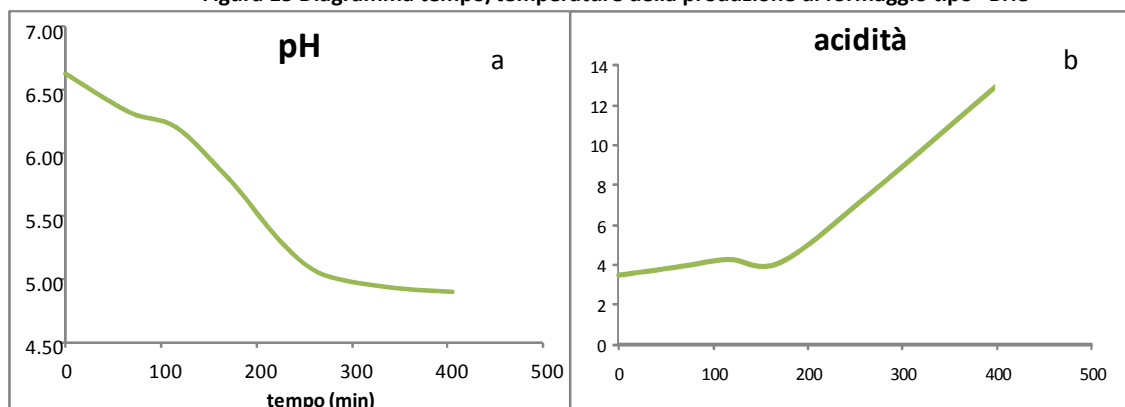


Figura 14 Andamento nel tempo del pH (a) e dell'acidità (b) durante la produzione formaggio tipo "Brie"

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA



Figura 15 Sviluppo del micelio dopo 10 giorni di conservazione, prima dell'incarto



Figura 16 Forma matura a 30 giorni

Ricotta.

La Ricotta non può essere definita un formaggio, in quanto prodotta per coagulazione acido-termica del siero e quindi fuori della definizione prevista dal decreto legislativo 2033 del 1925, che riserva tale denominazione ai prodotti ottenuti per coagulazione del latte. Il principio alla base della produzione di Ricotta è la precipitazione delle sieroproteine per denaturazione indotta dall'acidità e dalla temperatura. La velocità di coagulazione delle proteine è funzione inversa del loro peso molecolare: infatti, prima precipitano le macromolecole e per ultimi i peptoni a basso peso molecolare. La precipitazione completa richiede una temperatura non inferiore a 82-84 °C a un pH inferiore a 6. È importante che la precipitazione avvenga contemporaneamente per tutte le frazioni proteiche e questo si può ottenere utilizzando siero dolce, ad acidità non superiore a 2,1-2,2 °SH/50 ml; valori più elevati indurrebbero la precipitazione anticipata delle macromolecole. Un'acidità così bassa non è in pratica ottenibile dalle lavorazioni casearie ed è quindi pratica indispensabile disacidificare il siero prima di iniziare il riscaldamento, utilizzando idrossido di sodio in soluzione. I sieri utilizzati per la produzione di Ricotta vaccina provengono da lavorazioni dolci di prodotti a coagulazione prevalentemente presamica. Per migliorare il profilo organolettico della Ricotta, si usa aggiungere, al siero, latte intero e/o panna, mediamente nella misura del 10-12% del siero in lavorazione. Le proteine e il grasso aggiunti, in questo modo, rendono la struttura del prodotto finito più morbida e liscia; l'aggiunta di questi ingredienti deve essere fatta quando il siero in lavorazione ha raggiunto la temperatura di almeno 70 °C e tutto il caglio residuo della lavorazione casearia è stato inattivato: in questo modo, si esclude la possibilità di una coagulazione precoce della caseina presente. La coagulazione si ottiene per aggiunta di una soluzione di acido citrico o acetico in soluzione dell'1-2%, in quantità tale da fornire circa 15 g di acido per 100 kg di siero. Il coagulo affiora tanto meglio e tanto più velocemente, quanto più alto è il suo contenuto in grasso; al contrario, una Ricotta da siero magro tenderebbe a depositarsi sul fondo della vasca di lavorazione. Dopo l'affioramento, la Ricotta deve essere velocemente estratta dalla scotta per evitare una sovracottura che ne danneggerebbe la struttura rendendola sabbiosa. L'**estrazione** può essere **manuale** per le produzioni minori, oppure **meccanica** con l'utilizzo di pompe a basso impatto meccanico, dopo l'allontanamento della maggior parte del siero dal fondo.

Lo **schema di lavorazione** si può riassumere come segue:

1. disacidificazione del siero con soda (NaOH) in soluzione fino a °SH/50 ml <2,4;
2. riscaldamento veloce del siero in agitazione, anche per iniezione diretta di vapore quando l'impianto lo consenta fino a 70 °C;
3. aggiunta di latte e/o panna;

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

4. riscaldamento fino a 85 °C;
5. aggiunta sotto agitazione della soluzione di acido;
6. affioramento della Ricotta;
7. drenaggio del siero dal fondo oppure estrazione dall'alto con schiumarole forate;
8. messa in fiscelle, sgrondo della scotta e refrigerazione per il prodotto a brevissima vita commerciale da distribuzione immediata;
9. sgrondo su tavoli di drenaggio e confezionamento.

Acidità del siero (°SH/50)	Dose (grammi) di NaOH (soda caustica anidra) da aggiungere a 100 l di latte per arrivare ad una acidità di 2.2°SH/50
4	18
3.5	13
3	8
2.5	3

Yogurt

Lo yogurt è il prodotto ottenuto per coagulazione acida, data da fermentazione lattica del latte senza successiva sottrazione di siero e per azione esclusiva di due microrganismi in associazione *L. delbrueckii subsp. Bulgaricus* e *S. thermophilus* secondo due Circolari del Ministero della Sanità (la n.2 del 4 gennaio 1972, e la n.9 del 3 febbraio 1986) e la norma volontaria UNI 10358/1993.

Al momento del consumo la carica batterica vitale deve essere di almeno 10^7 ufc per grammo e per ciascuna specie almeno 10^6 ufc per grammo.

Gli ingredienti alimentari che possono essere aggiunti non devono pregiudicare o modificare le caratteristiche dello yogurt, inoltre non devono superare il limite del 30% in peso sul prodotto finito.

Lo yogurt con aggiunta di altri ingredienti alimentari deve riportare in etichetta le seguenti indicazioni: “yogurt con...” o “yogurt al...”, quando gli ingredienti evidenziati sono effettivamente presenti nel prodotto finito; “yogurt al gusto di ...” o “all’aroma di ...”: quando l’elemento caratterizzante è presente solo in forma di aroma.

Gli yogurt alla frutta o con altri aromatizzanti possono essere preparati anche con l’utilizzo di addensanti quali amidi, pectine, ecc. Il loro scopo è quello di ottenere uno yogurt cremoso e consistente. Tali aggiunte non sono ammesse negli yogurt naturali e comunque occorre sempre che vengano dichiarate nella lista degli ingredienti.

Lo yogurt al consumo solitamente viene classificato sia in funzione della struttura che assume una volta confezionato, sia in base alla percentuale di grasso contenuta.

Lo yogurt è definito cremoso omogeneo (a coagulo rotto), quando è prodotto in serbatoio, raffreddato e rotto prima del confezionamento; è definito compatto (a coagulo intero), quando viene prodotto e raffreddato direttamente nella confezione. Lo yogurt da bere (liquido) è simile all’omogeneo ma viene ridotto in forma liquida. Lo yogurt gelato viene incubato e coagulato in serbatoio e successivamente congelato. Lo yogurt noto come «lebneh» viene incubato e coagulato in serbatoio e concentrato prima del raffreddamento.

Sulla base del contenuto di materia grassa del prodotto finito, lo yogurt viene classificato magro quando il contenuto in grasso è inferiore a 1%, parzialmente scremato se compreso nell’intervallo 1,5% - 2,0% e intero se il contenuto in grasso è maggiore di 3%; Per il Codex Alimentarius è previsto un contenuto minimo in solidi totali di 8,5%.

LINEE GUIDA PER LA TRASFORMAZIONE CASEARIA SU PICCOLA SCALA

Per la produzione di yogurt occorre standardizzare il latte, titolandolo al valore percentuale di grasso e di residuo secco magro voluto, per conferire consistenza e cremosità al prodotto e prevenire la separazione di siero.

Inoltre per la produzione di un buon yogurt sarebbe necessario sottoporre il latte a omogeneizzazione poiché tale processo evita sia l'affioramento del grasso durante la fermentazione, riducendo il diametro dei globuli, che la sineresi, aumentando l'idrofilicità delle proteine presenti.

Il trattamento termico di pastorizzazione ad alte temperature 90 – 95 °C per 5 minuti permette di aumentare la consistenza del prodotto e migliorarne la viscosità e la stabilità. Infatti la pastorizzazione, effettuata principalmente per avere una drastica riduzione nel latte di eventuali microrganismi patogeni o comunque dannosi per la fermentazione, migliora la qualità del latte come substrato delle colture batteriche, ed esercita un'azione di denaturazione delle proteine del latte favorendo la formazione di complessi proteici, con una elevata capacità nel trattenere l'acqua da parte del coagulo acido, migliorando fermezza e riducendo il rischio di separazione delle fasi nel prodotto finito.

Dopo i trattamenti di omogeneizzazione e pastorizzazione, il latte viene stoccato in un serbatoio, detto comunemente “fermentatore” o “maturatore”, dove la temperatura del latte è di solito mantenuta compresa tra 40 - 45 °C, normalmente 42 -43 °C, e vengono aggiunti i fermenti.

Formato il coagulo e raggiunta l'acidità voluta, si procede alla rottura del coagulo dello yogurt, fase tecnologicamente importante al fine di ottenere un prodotto senza grumi e senza separazione di siero.

La successiva fase di raffreddamento è necessaria per rallentare le attività metaboliche dei fermenti lattici e per iniziare la gelificazione del prodotto. L'operazione di raffreddamento non deve essere troppo lenta (i processi metabolici risulterebbero troppo intensi), né troppo veloce (rischio di una eccessiva contrazione del coagulo e conseguente separazione di siero).

Il confezionamento deve poi poter garantire al prodotto un sufficiente tempo di commercializzazione. Di norma si utilizzano macchine confezionatrici di tipo “asettico o igienico” che prevedono a una sterilizzazione degli imballaggi e alla protezione del prodotto dal contatto con l'aria ambientale, che potrebbe apportare particelle microbiche contaminanti quali lieviti e muffe.

In questa fase è prevista anche l'aggiunta di preparati di frutta o altri aromatizzanti, viene di solito effettuata lungo la linea che alimenta la macchina confezionatrice.

Bibliografia

- AA.VV. Appunti del corso di formazione superiore in “Tecnologia Lattiero-Casearia” - Consorzio per la Formazione Professionale e per l’educazione permanente sede di Lodi
- Alais C. (2000), *Scienza del latte*, Tecniche nuove, Milano
- Bottazzi V. et al Yogurt e latti Fermentati Probiotici ;
- Bottazzi, V. (1993) *Microbiologia e biotecnologia lattiero-casearia*. Il Sole 24 Ore Edagricole, Bologna
- Corradini C. (1995) *Chimica e tecnologia del latte* Tecniche nuove, Milano;
- Brady J.E., Holum J.R. (1985) *Fondamenti di chimica* Zanichelli Bologna
- Mucchetti G. e Neviani E.(2006) *Microbiologia e tecnologia lattiero – casearia: qualità e sicurezza*. Tecniche nuove, Milano
- Salvadori del Prato O.(2009): *I Mini caseifici Aziendali*, Il Sole 24 Ore Edagricole, Bologna
- Salvadori del Prato O. (1998) *Trattato di Tecnologia Casearia*. Edagricole, Bologna
- Salvadori del Prato O. (2005), *Tecnologie del latte burro, yogurt, gelato, latte alimentare*. Il Sole 24 Ore Edagricole, Bologna
- <http://www.assolatte.it> il sito ufficiale di Assolatte - Associazione Italiana Lattiero Casearia