



Università degli Studi di Torino
Facoltà di Farmacia

LATTI FERMENTATI BURRO FORMAGGIO

Corso di Chimica Bromatologica
Corso di Chimica degli Alimenti

U1

Latti fermentati, yogurt: definizione, cenni alla normativa. Microorganismi fermentanti e peculiarità metaboliche. Composizione chimica e distribuzione dei principali nutrienti. Cenni di tecnologia: preparazione di yogurt a coagulo fluido e compatto.

U2

Burro: definizione e materia prima di partenza. Creme acide da affioramento e creme dolci da centrifuga: composizione chimica e processi di ottenimento. Cenni di tecnologia: burrificazione tradizionale e burrificazione continua. Prodotti particolari.

U3

Formaggio: definizioni (normativa Italiana e Comunitaria, Codex Alimentarius), possibili classificazioni. Cenni di tecnologia casearia: schema generale di produzione di formaggi, coagulazione acida e coagulazione presamica (processi chimici coinvolti e caratteristiche chimico-fisiche ed organolettiche dei prodotti derivati).

Stagionatura e reazioni a carico della frazione lipidica e proteica della cagliata, esempi di formazione dei principali composti aromatici. Classificazioni IGP, SGT e DOP.



LATTI FERMENTATI

Si intendono i prodotti ottenuti per coagulazione del latte, senza sottrazione del siero, per azione esclusiva di microrganismi che devono conservarsi vivi e vitali sino al momento del consumo

Latti acidi termofili (fermentazione a 37-45 °C con produzione di acido lattico
Yogurt (Armenia)

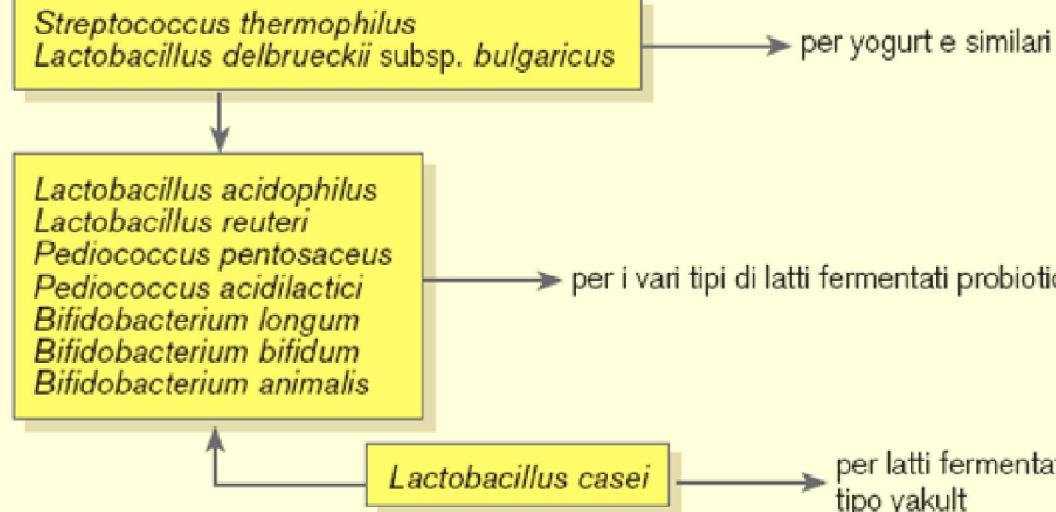
Latti acidi mesofili (fermentazione a 20-30 °C con produzione di acido lattico)
Latte acido
Crema acida
Latticello acido
Viili (Finlandia), Ymer (Svezia), Skier (Islanda) ecc.

Latti acido-alcolici (fermentazione a 15-25 °C con produzione di acido lattico, alcol e anidride carbonica)
Gioddu (Sardegna)
Kephir (Caucaso)
Kourmis (Mongolia)
Kos

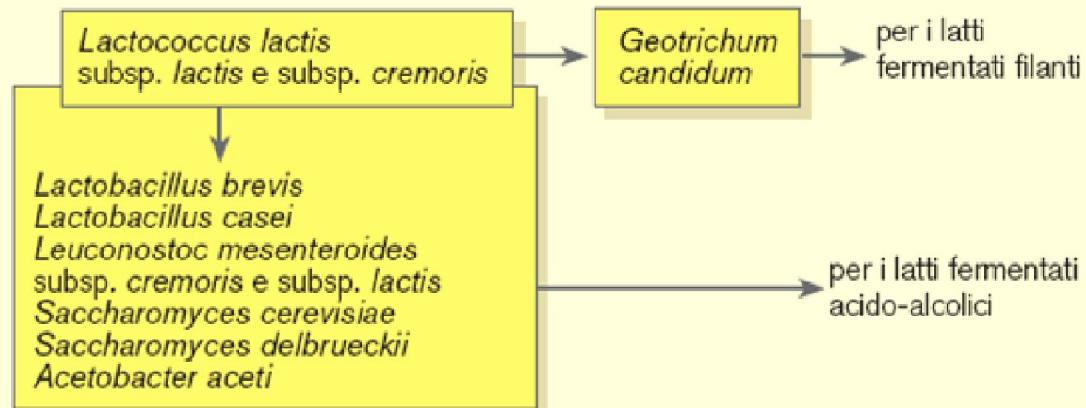


LATTI FERMENTATI

A. Microrganismi di latti fermentati preparati a temperatura superiore a 30 °C



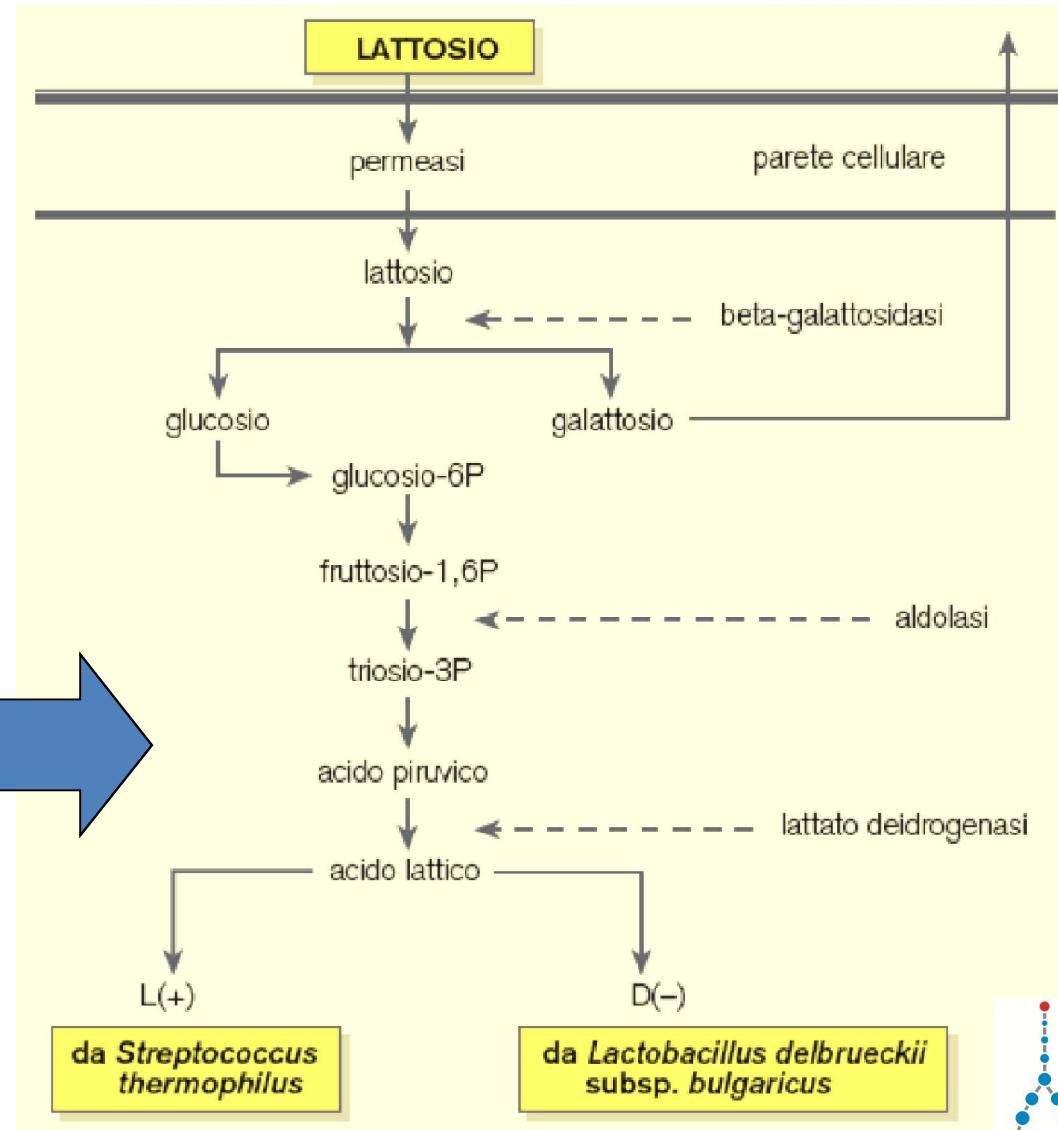
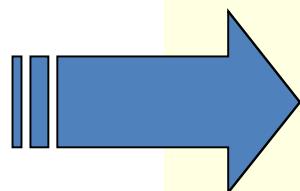
B. Microrganismi di latti fermentati preparati a temperatura inferiore a 30 °C



LATTI FERMENTATI

Lo yogurt è il risultato dello sviluppo combinato di *Streptococcus thermophilus* e di *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* che sono entrambi microrganismi omofermentanti obbligati che danno come prodotto finale dalla utilizzazione del lattosio quasi Esclusivamente acido lattico.

Schema metabolico della fermentazione del lattosio da parte di *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*



LATTI FERMENTATI

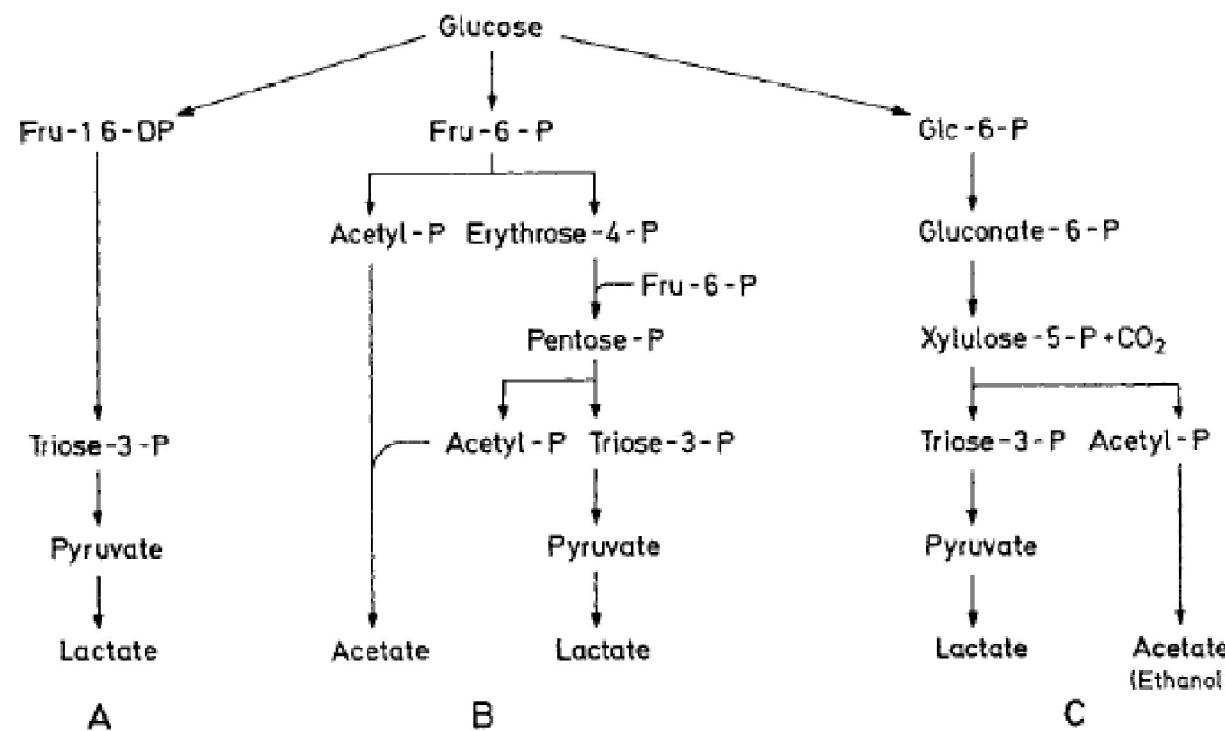
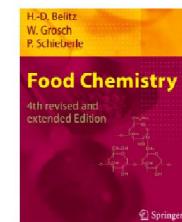


Fig. 10.20. Glucose metabolism in lactic acid bacteria. A: homofermentation, B: Bifidus pathway, and C: hetero-fermentation (6-phosphogluconate pathway)

LATTI FERMENTATI

Aspetti regolamentati	Normativa
Merceologici	
Materia prima	Latte vaccino (o di pecora, bufala o capra) pasteurizzato o sterilizzato ^{a,d} eventualmente addizionato di proteine lattee (contenuto proteico della miscela > 3,8%) ^c
Materia non lattiera	Zuccheri, preparati di frutta, ecc. in totale non superiore al 30% del prodotto finale ^{a,d}
Contenuto lipidico	Intero (> 3%), magro (< 1%) e parzialmente scremato ^a
Contenuto di acido lattico	Non inferiore a 0,8% ^a
Conservanti (sorbiti)	Non superiori a 20 mg/100 g ^a
Temperatura di conservazione	Non superiore a 4 °C ^a
Addensanti, gelificanti, stabilizzanti	Assentib

Normativa riguardante la produzione, composizione e commercializzazione dello yogurt



LATTI FERMENTATI

Microbiologici

Specie microbiche	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> e <i>Streptococcus</i> <i>thermophilus</i> ^{a,d}
Numero totale microrganismi alla produzione	Non inferiore a $10^8\text{-}10^{10}$ UFC/g ^a
Numero totale microrganismi alla vendita	Non inferiore a $5\cdot10^6$ UFC/g ^a
Numero microrganismi di ciascuna specie alla vendita	Non inferiore a $1\cdot10^6$ UFC/g ^d
Numero coliformi alla produzione	Non superiore a 10 UFC/g ^a
Contaminanti saprofitti	In numero non sufficiente ad alterare il prodotto ^a
Germi patogeni e loro tossine	Assenti ^a

^a Circolare del Ministero della Sanità n. 2 del 4/1/1972

^b Circolare del Ministero della Sanità n. 9 del 3/2/1986

^c D.P.R. n. 54 del 14/1/1997

^d Norma UNI n. 59.09 100.0

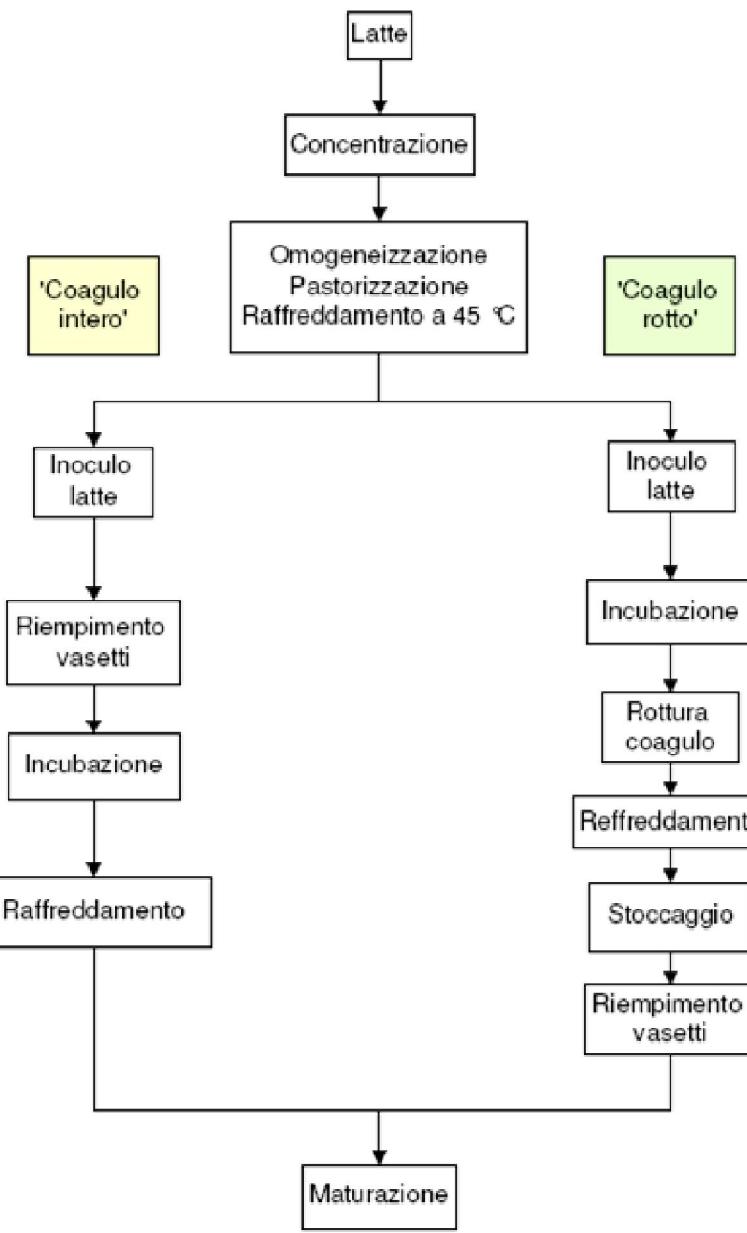
Normativa riguardante la produzione, composizione e
commercializzazione dello yogurt



LATTI FERMENTATI

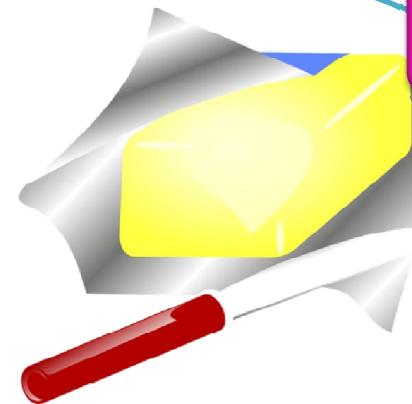
U1

Schema di produzione
dello yogurt



BURRO

Prodotto ottenuto con operazioni meccaniche dalla panna ricavata dal latte di vacca, dal siero del latte di vacca o dalla miscela di tali prodotti



Contenuto minimo di grasso 82% (w/w), un tenore in acqua massimo del 16% e con non più del 2% di estratto secco non grasso

Reg. CE 2991/94

- Burro
- Burro tre quarti (grasso <60%; in Italia “burro leggero a ridotto tenore in grasso”)
- Burro metà (grasso <40%; in Italia “burro leggero a basso tenore in grasso”)
- Grasso lattiero da spalmare al ...%

BURRO

Materia prima

Per **crema** si intende il liquido ottenuto dalla concentrazione dei globuli di grasso del latte a seguito dell'affioramento o per centrifugazione.

Dal punto di vista chimico, la crema si considera formata da globuli di grasso dispersi in una fase liquida o plasma latteo nel quale sono rappresentati, in quantità piuttosto variabile, tutti i costituenti del latte.

In commercio si possono trovare diversi tipi di panna:

Panna fresca (grasso < 32%), per consumo diretto o pasteurizzata per cucina e pasticceria;

Panna leggera (grasso < 12%), per caffè;

Panna montata addizionata di varie sostanze in quanto prodotto dolciario e non derivato dal latte

Crema "ice cream" (grasso = 8%), con aggiunta di polvere di latte, saccarosio, uova, glucosio, emulsionanti ed aromi;

Crema per burrificazione contenuto in grasso variabile viene pasteurizzata



BURRO**Materia prima**

Panna acida da affioramento

L'affioramento della crema si provoca lasciando a riposo per 12 ore il latte (previamente filtrato) bacinelle di acciaio inox (2 m di lato di base e 15 cm di altezza, capacità 1,5-2 q) poiché il grasso ha peso specifico inferiore a quello del plasma latteo, a poco a poco, affiora.

Si ottiene così uno strato esterno superficiale molto ricco in grasso detto **crema di affioramento**, costituita dal 20-30% di grasso.

La **legge di Stokes**, che descrive la velocità di sedimentazione e separazione di sostanze a diverso peso specifico, è espressa dalla seguente uguaglianza:

$$v = (D^2 * \Delta\rho) / (18\eta)$$

dove:

v= velocità di affioramento dei globuli di grasso (m/s)

D= diametro delle particelle sferiche di grasso (m)

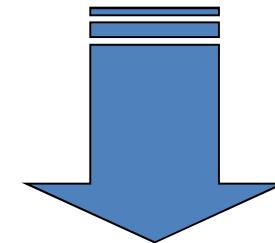
$\Delta\rho$ = differenza di densità tra la particella di grasso ed il liquido (kg/m^3)

η = viscosità del liquido (decapoise)



BURRO

Materia prima



- ✓ Caratterizzano la crema di affioramento l'elevata carica microbica (che in genere, conferisce un caratteristico aroma al burro; ridotta conservabilità) e l'elevata acidità (in acido lattico), utile per la burrificazione.
- ✓ L'affioramento, tuttavia, lascia nel latticello troppo grasso (1-1,5%) e richiede molto tempo (12 ore).

BURRO

Materia prima

Neutralizzazione della crema

Il pH della crema non deve essere inferiore a 6,5 in quanto l'elevata acidità comporta instabilità delle proteine e inibizione dello sviluppo dei batteri aromatizzanti eventualmente addizionati.

La neutralizzazione si può essere condotta:

- per via chimica, utilizzando una soluzione acquosa di Mg(OH)_2 , NaOH , Ca(OH)_2 fino a pH 7;
- per via fisica, lavando 3-4 volte la crema con acqua (solubilizzazione dell'acido lattico) e poi centrifugando il prodotto.

Purtroppo durante la neutralizzazione si ha la perdita di una certa quota di lattosio, substrato per la formazione del diacetile, tipico aroma del burro; per ovviare a questo si aggiunge lattosio alla crema neutralizzata.



BURRO**Materia prima****Panna dolce da centrifuga**

La centrifugazione applica il principio fisico secondo il quale corpi di differente peso specifico subiscono l'effetto di due forze contrapposte quando vengono sottoposti a moto rotatorio: **la crema subisce l'azione della forza centripeta ed il latte magro quella della forza centrifuga.**

La separazione è facilitata dalla temperatura di 35-40° C, che riduce la densità e viscosità del latte e del frazionamento della massa in lavorazione fra i dischi polarizzanti del tamburo.

La velocità di separazione del grasso tramite centrifugazione può essere anche essa espressa dalla **legge di Stokes:**

$$v = [D^2 * \Delta\rho * (\omega^2 * R)] / 18\eta$$

dove:

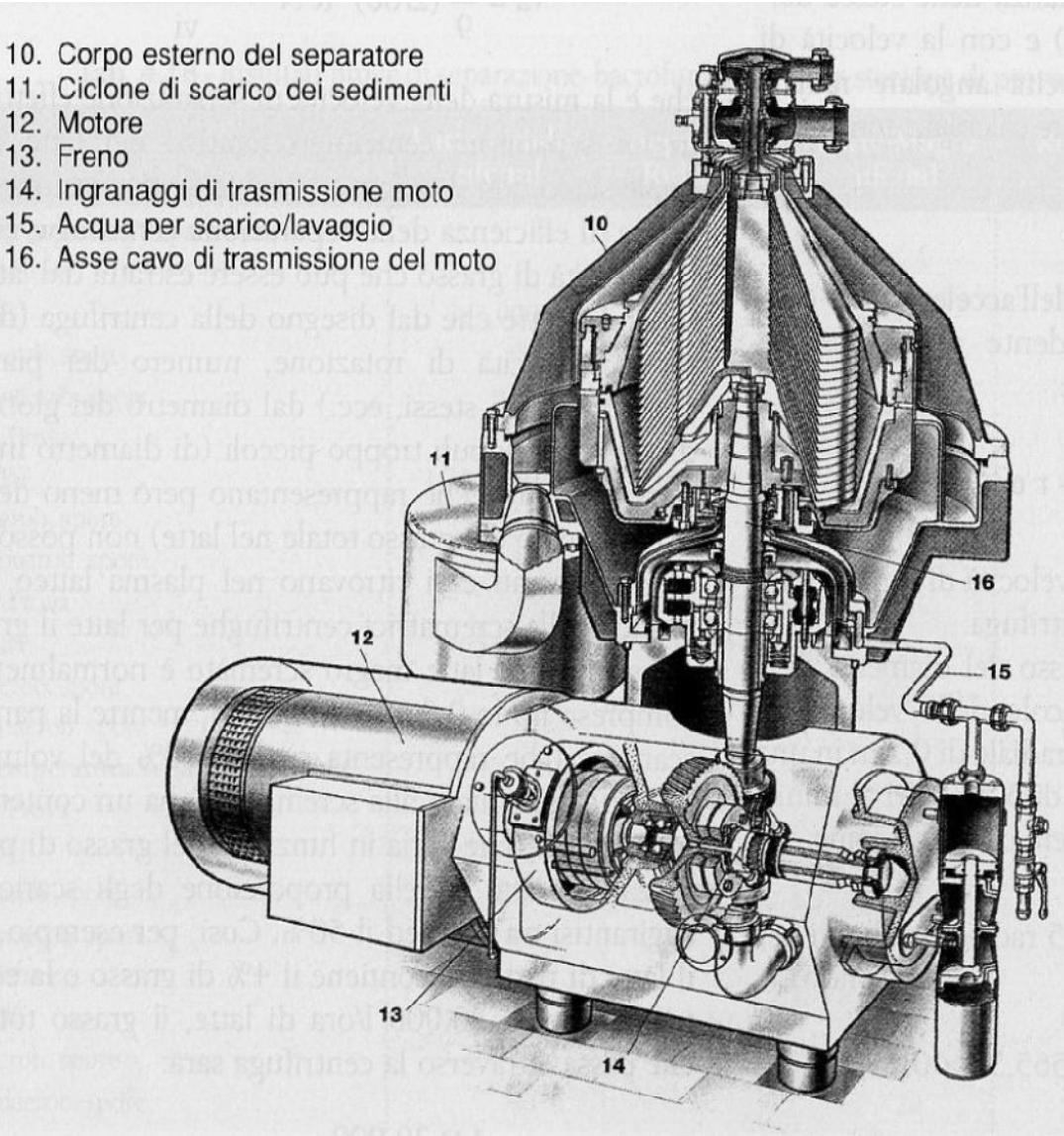
ω = velocità angolare (rad/s)

R = distanza della particella dall'asse di rotazione (m)



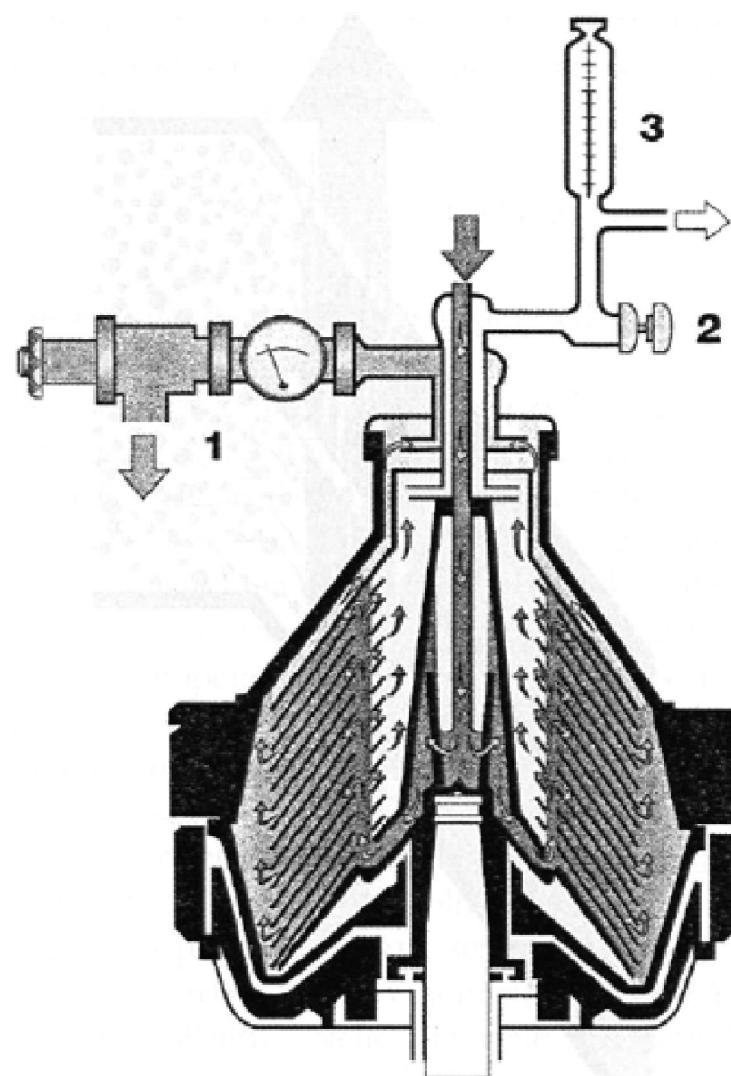
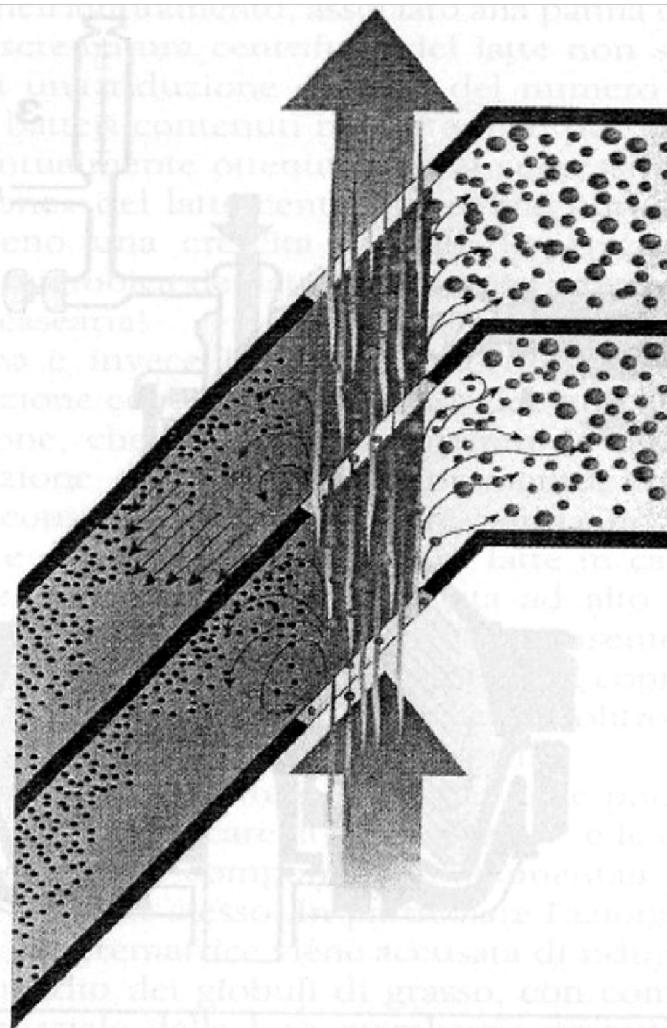
BURRO

Le centrifughe impiegate sono del tipo a piatti (questi sono 200 distanziati di pochi millimetri) che ruotano a 3000 – 4000 giri al minuto e operano a temperature di 32 – 38 °C. La velocità di scrematura si aggira attorno a 0.15 cm/s, cioè circa 360 volte superiore all'affioramento spontaneo.



U2

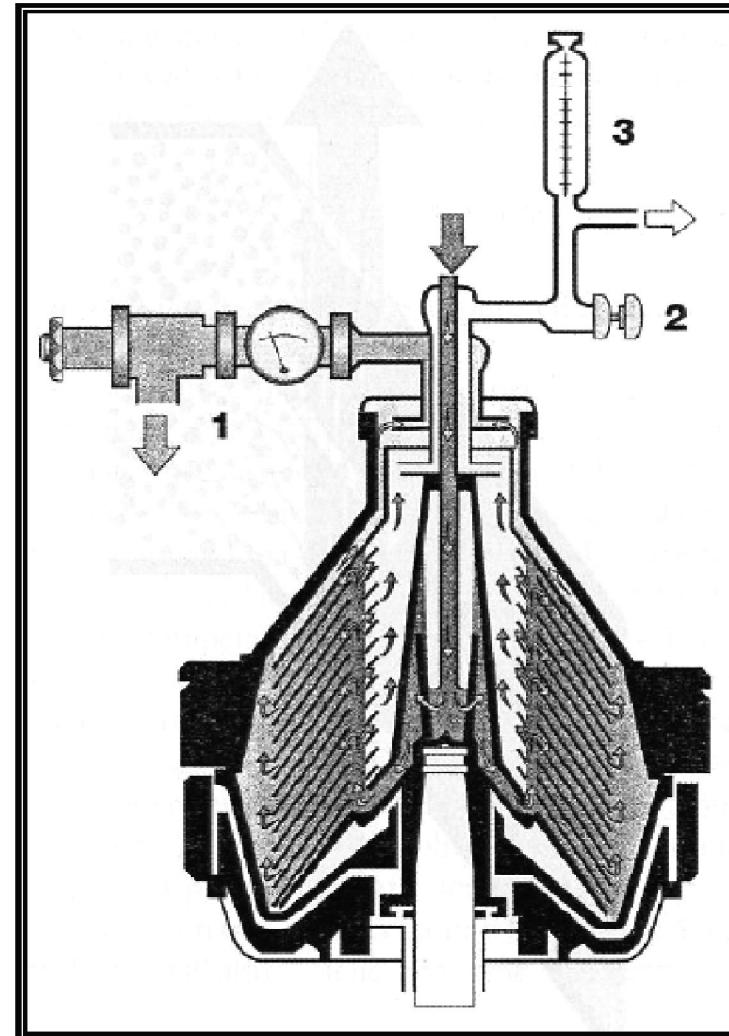
BURRO



BURRO

Normalmente, con tale metodo si ottengono creme con il 30-70% di grasso, la percentuale è prefissata regolando il tempo d'azione della centrifuga.

Il latticello residuato dalla centrifugazione non contiene più dello 0,1% di grasso.



BURRO

La burrificazione è il processo di produzione del burro, in cui 100 litri di latte vengono trasformati in 4-5 chili di prodotto finito.

Processo di burrificazione tradizionale

1. **Pastorizzazione della crema:** trattamento a 90-95 °C per 30 s.
Il controllo dell'avvenuta pasteurizzazione avviene mediante la ricerca della fosfatasi alcalina (inattivata a 82° C per 15-20 s, a pH 6,5).
2. **Cristallizzazione:** raffreddamento rapido fino a 6-7 °C.
3. **Addizione delle colture (inserzamento) e maturazione:** aggiunta di microrganismi (latto-innesto) in proporzione del 3-5% della crema.
I batteri interessati sono gli aromatizzanti (*Leuconostoc lactis e cremoris, Lactococcus lactis* ssp. *diacetylactis*) e gli acidificanti (*Streptococchi mesofili*).



Burro: formazione di diacetile e butanidiolo dall'acido citrico ad opera degli *Streptococci*

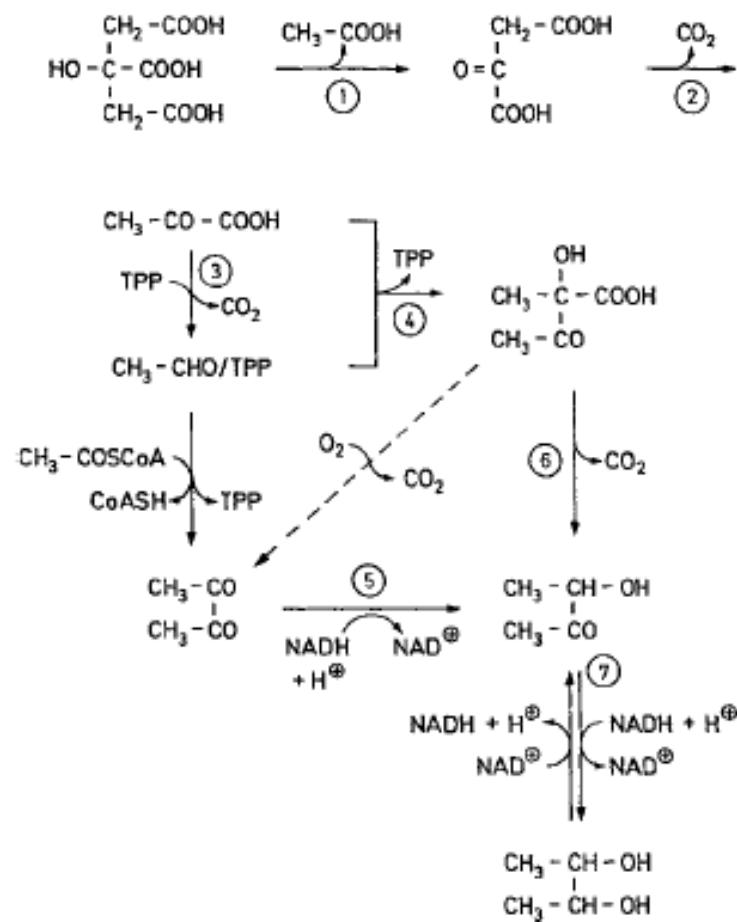
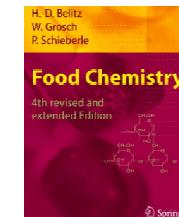


Table 10.40. Concentrations of the key aroma substances in five samples of butter^a

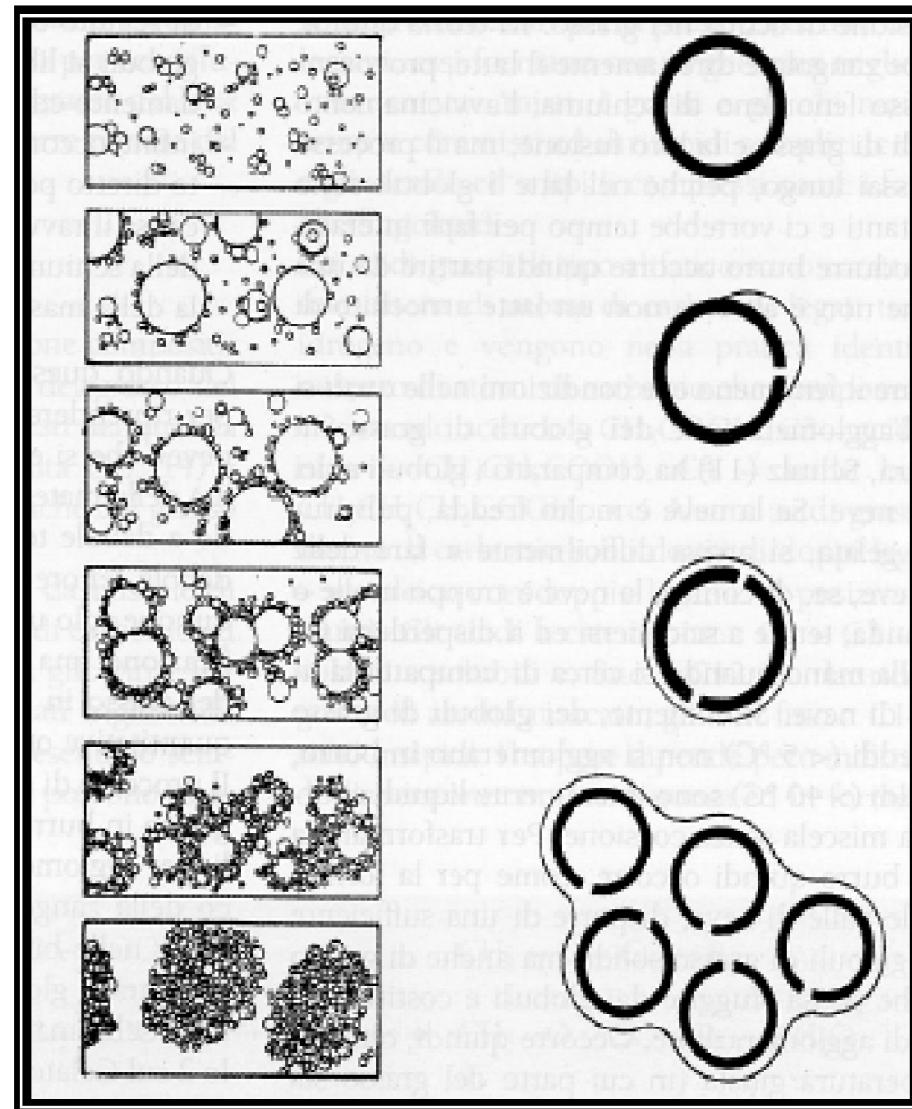
Aroma substance	Concentration (mg/kg) in sample number				
	1	2	3	4	5
Diacetyl	0.62	0.34	0.11	0.32	<0.01
(R)-δ-Decalactone	5.0	4.91	3.06	2.15	3.8
Butyric acid	4.48	3.63	2.66	94.5	2.48

^a The aroma profiles of the samples are presented in Table 10.41.

Fig. 10.33. Formation of diacetyl and butanediol from citrate by *Streptococci*. 1 citratase, 2 oxaloacetate decarboxylase, 3 pyruvate decarboxylase, 4 α-acetolactate synthase, 5 diacetyl reductase, 6 α-acetolactate decarboxylase, 7 2,3-butanediol dehydrogenase

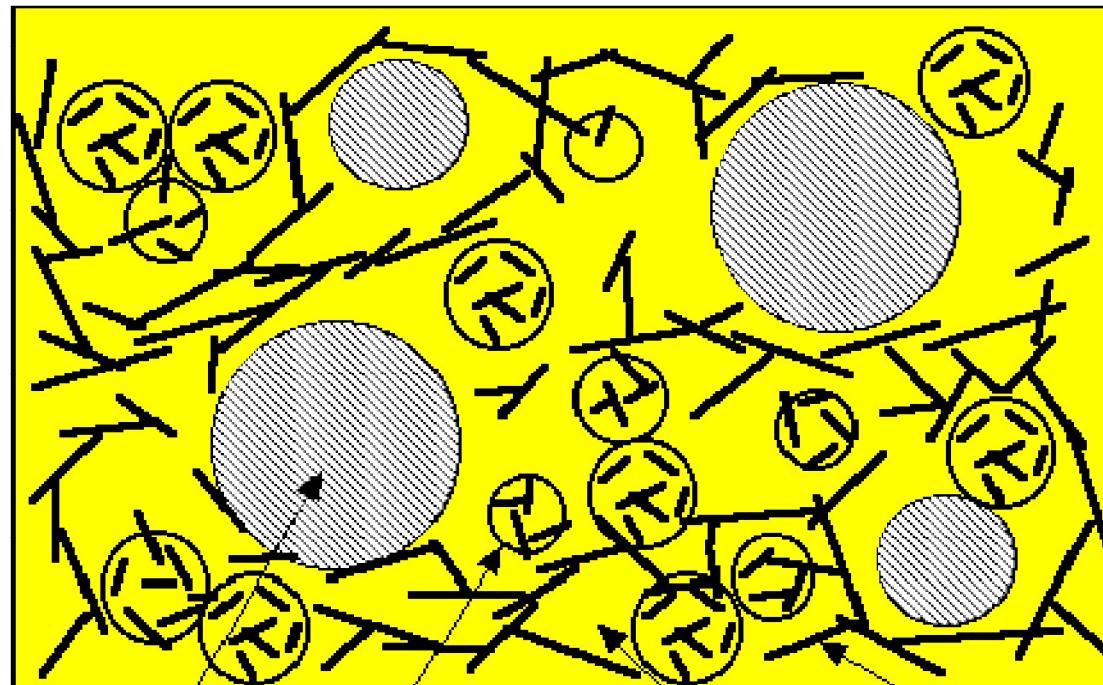


BURRO



BURRO

Butter Structure



Moisture droplets
containing SNF
and salt

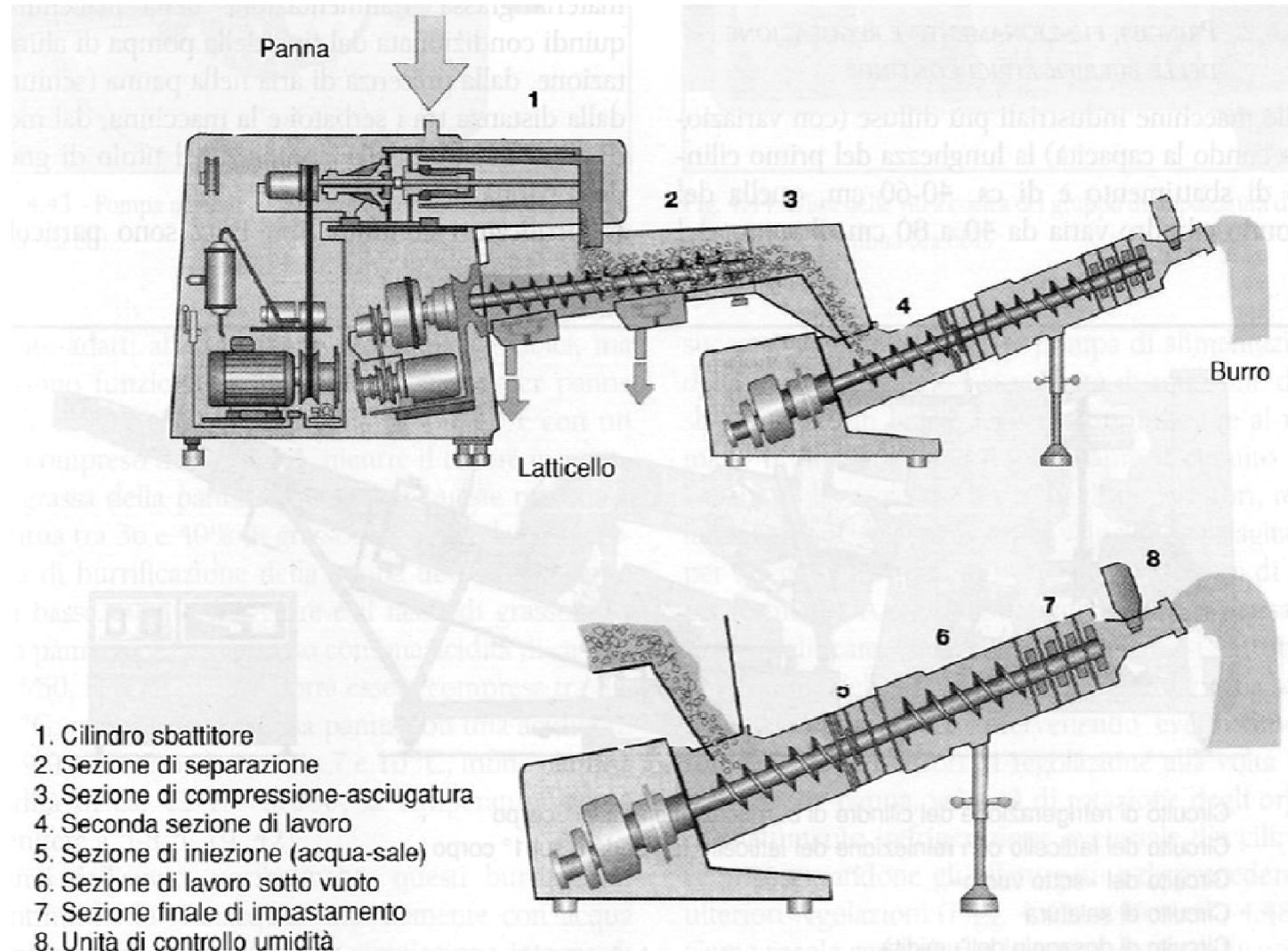
Fat globules,
partially crystalline

Non-globular fat,
continuous phase

Fat crystals,
semi-continuous
networks

BURRO

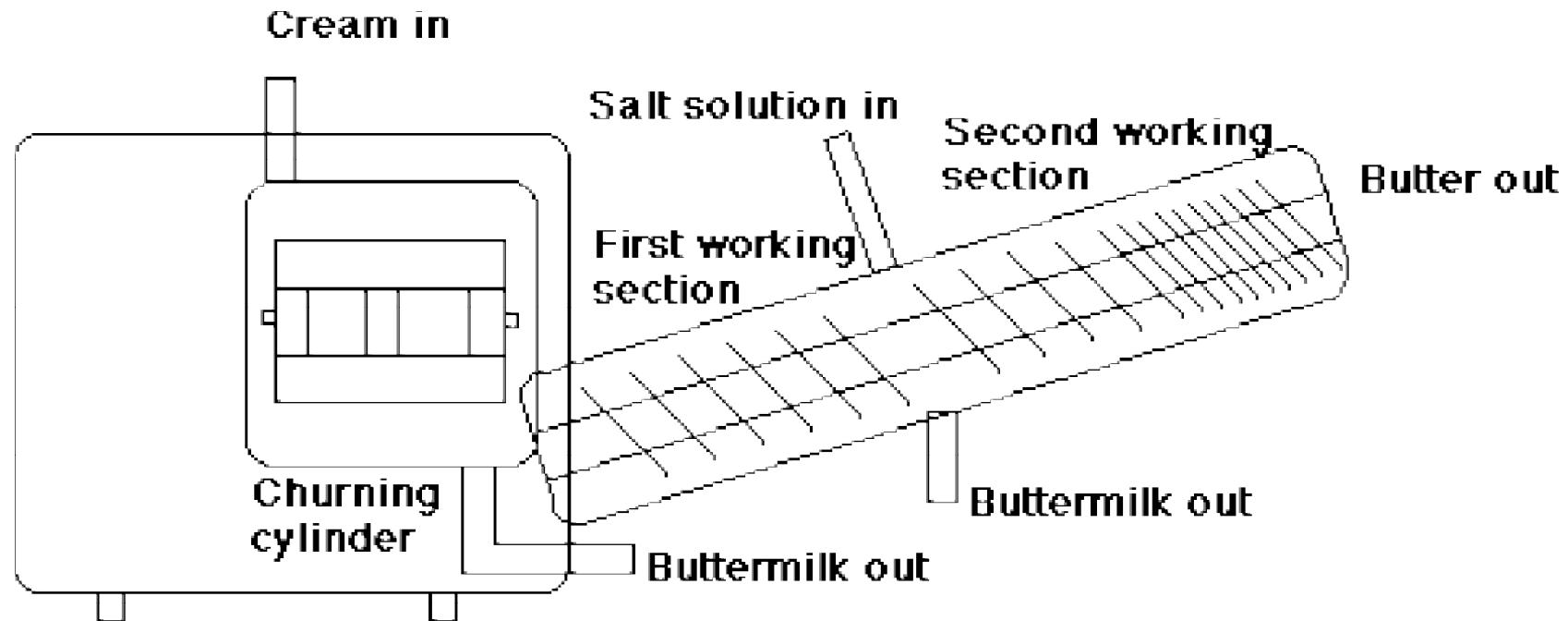
Burrificazione continua



BURRO

Burrificazione continua

U2



Continuous Butter Churn

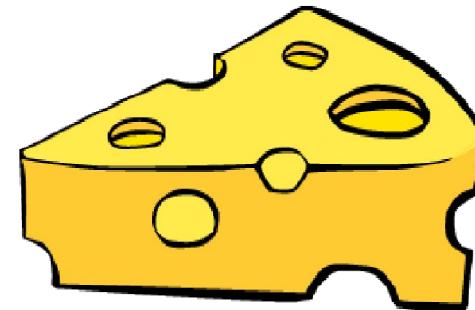
BURRO Burri speciali

- **Burro a ridotto contenuto in grasso** (si unisce alla panna in burrificazione una miscela di caseine ed emulsionanti)
- **Burro concentrato anidro** (AMF Anidrous Milk Fat o burro anidro o Butteroil o Ghee indiano) : prodotto con il 99.8% in grasso (Reg. 2571/97) e denaturato con vanilina come tracciante il burro viene fuso, deodorato, diluito con acqua, separato in centrifughe speciali, degasato sotto vuoto e fatto solidificare in contenitori. Il prodotto quando fonde è trasparente (da cui "olio di burro"). Può subire un frazionamento dei grassi per aumentarne il punto di fusione ed essere utilizzato nell'industria dolciaria)
- **Burro a ridotto contenuto in colesterolo**
 - ✓ Processi fisici
 - ✓ *Distillazione frazionata sotto vuoto*
 - ✓ *Distillazione molecolare*
 - ✓ *Estrazione con fluidi supercritici*
 - ✓ Processi chimici (si complessa il colesterolo con ciclodestrine o saponine e lo si separa per distillazione)
 - ✓ Processi biologici (solo in fase sperimentale; si utilizzano microrganismi quali Eubacteria, Nocardia, Rhodococcus ecc. che metabolizzano il colesterolo ma lo convertono in sostanze tossiche)



U3

FORMAGGIO



(RD 2033/25)

Il formaggio è il prodotto che si ottiene dalla coagulazione acida o presamica del latte intero o parzialmente o totalmente scremato o dalla crema, anche facendo uso di fermenti o di sale da cucina.

Il nome di 'formaggio' senza altre aggiunte è riservato ai derivati del latte vaccino, mentre per gli altri latti il termine 'formaggio' deve essere accompagnato dalla specie da cui proviene il latte

FORMAGGIO

CODEX ALIMENTARIUS



Il formaggio è il prodotto stagionato o non stagionato, di consistenza molle o semidura, dura o extra-dura che può essere incartato e nel quale il rapporto proteine del siero/caseina non supera quello del latte e che è ottenuto:

- a) per coagulazione completa o parziale delle seguenti materie prime: latte e/o prodotti provenienti dal latte, grazie all'azione del caglio o di altri agenti coagulanti appropriati e per dissierazione parziale del lattosiero risultante da questa coagulazione e/o
- b) per l'impiego di tecniche di fabbricazione comportanti la coagulazione del latte e/o di prodotti provenienti dal latte in modo da ottenere un prodotto finito avente le caratteristiche similari a quelle di un prodotto definito in a).

FORMAGGIO

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

* % sul prodotto tal quale

** % sulla sostanza secca

FORMAGGIO

Una classificazione importante dal punto di vista tecnologico si avvale di tre parametri tecnologici di caseificazione:

- ✓ temperatura di cottura della cagliata
- ✓ maturazione o meno del latte, prima della sua lavorazione
- ✓ durata di maturazione del formaggio.

FORMAGGI CRUDI

La cagliata non ha subito trattamenti termici

FORMAGGI SEMICOTTI

La cagliata è stata scaldata fino a 48°C

FORMAGGI COTTI

La cagliata è scaldata a temperature comprese tra 48 e 56°C

FORMAGGI A MATURAZIONE RAPIDA

Fino a 30 giorni

FORMAGGI A MATURAZIONE MEDIA

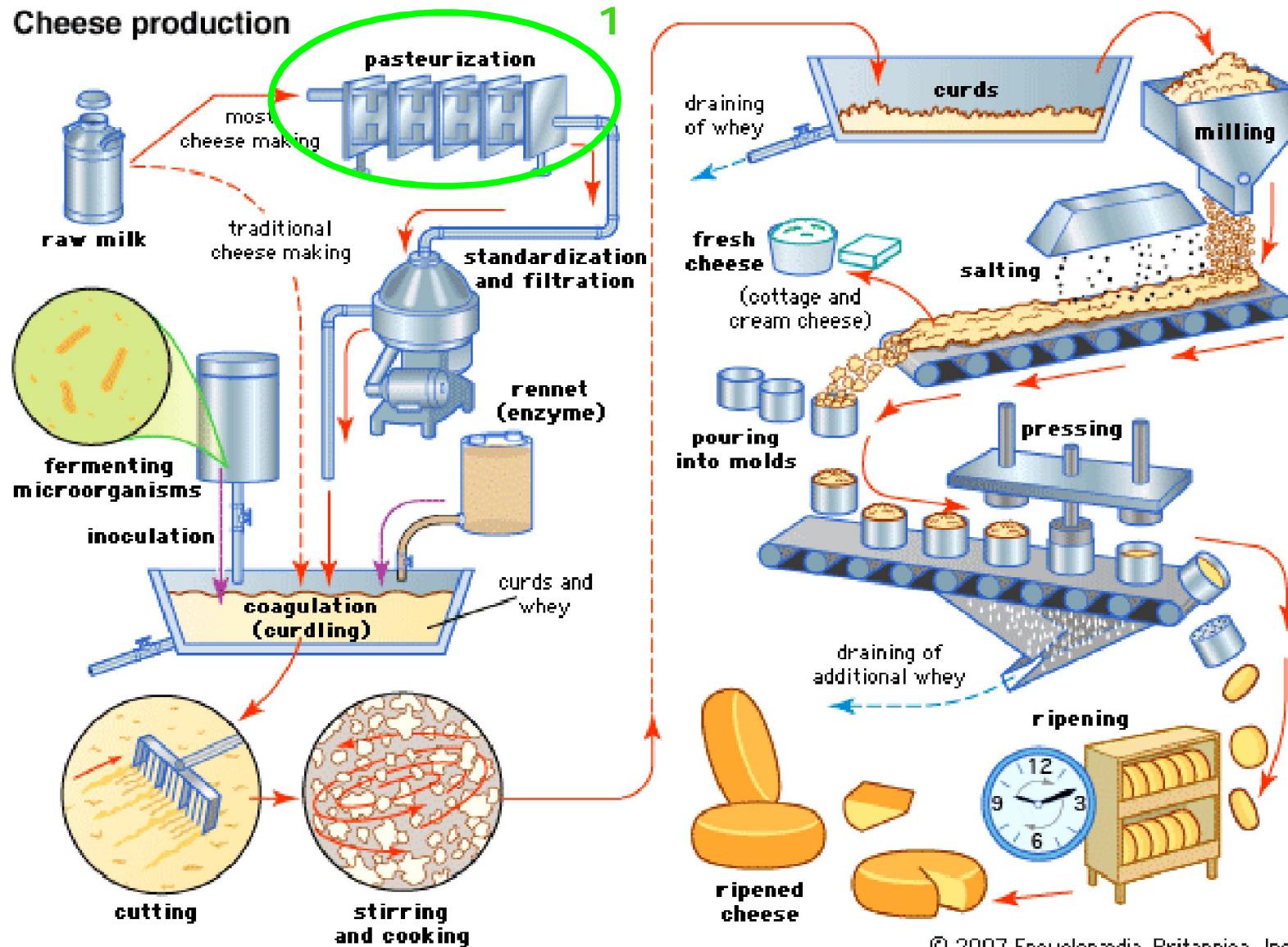
Fino a 6 mesi

FORMAGGI A MATURAZIONE LENTA

Oltre 6 mesi

FORMAGGIO

Cheese production



© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

FORMAGGIO

Termizzazione.

Operazione eseguita nelle caldaie a doppio fondo (in rame o acciaio cosiddette *polivalenti*) a temperature tra 60-65 °C; successivamente il latte viene raffreddato alla temperatura di coagulazione (32-35 °C).

Questa ha lo scopo di:

- ✓ ridurre la flora microbica endogena - consentirà lo sviluppo dei batteri inoculati nelle fasi successive;
- ✓ distruggere i coli, responsabili del "gonfiore precoce" del formaggio;
- ✓ aumentare leggermente il contenuto del coagulo in sieroproteine.

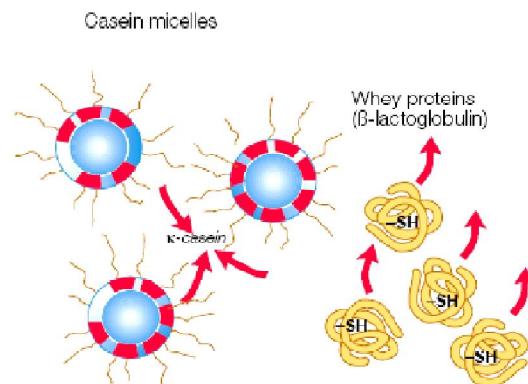
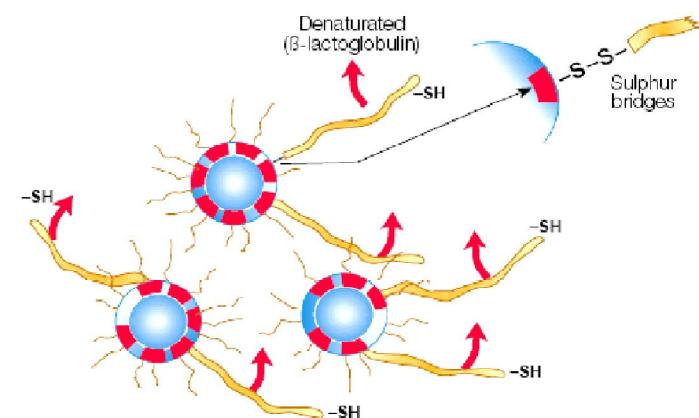


Fig. 2.42 During denaturation κ -casein adheres to β -lactoglobulin.



FORMAGGIO

Correzione del titolo in grasso

Sosta: Effetto dell'affioramento del latte per una sosta di 8 ore a 10-12°C (UFC/mL)

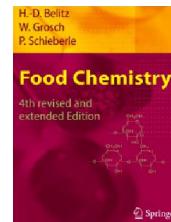
Periodo di produzione	Latte intero al conferimento	Latte al trasferimento in caldaia	Crema separata
Inverno	180,000	42,000	1,700,000
Estate	480,000	96,000	9,000,000

La sosta del latte prima della coagulazione lo sviluppo di alcune microflore presenti ed inoltre di lavorare latte con acidità sviluppata il cui coagulo sarà fortemente demineralizzato, farinoso, facilmente disgregabile

FORMAGGIO

Table 10.29. Characteristic microflora of some types of cheese

Type of cheese	Starter cultures	Other species
Parmigiano-Reggiano	<i>Streptococcus thermophilus</i>	
	<i>Lactobacillus helveticus</i>	
	<i>L. bulgaricus</i>	
Emmental	<i>Lactococcus lactis</i> <i>subsp. lactis</i>	<i>Propionibacterium</i> <i>freudenreichii</i>
	<i>Lactococcus lactis</i> <i>subsp. cremoris</i>	<i>P. freudenreichii</i> <i>subsp. shermanii</i>
	<i>S. thermophilus</i>	
	<i>Lactobacillus helveticus</i>	
	<i>L. bulgaricus</i>	
Cheddar	<i>Lactococcus lactis</i> <i>subsp. cremoris</i>	<i>None</i>
	(<i>Lactococcus lactis</i> <i>subsp. lactis</i>)	
Roquefort	<i>Lactococcus lactis</i> <i>subsp. lactis</i>	<i>Penicillium roqueforti</i>
	<i>Lactococcus lactis</i> <i>subsp. cremoris</i>	
	<i>Lactococcus lactis</i> <i>subsp. diacetylactis</i>	
	<i>Leuconostoc cremoris</i>	



FORMAGGIO

cheese	type of starter	dominant LAB species
Grana/Parmigiano	undefined, thermophilic (whey)starter	<i>L. helveticus</i> ; <i>L. delb. lactis</i> ; <i>L. fermentum</i> <i>S. thermophilus</i>
Provolone Valpadana	undefined, thermophilic (whey)starter	<i>L. helveticus</i> ; <i>L. delb. lactis</i> ; <i>S. thermophilus</i>
Pecorino Romano Asiago, Gorgonzola, Taleggio “uso monte” semihard cheeses	undefined, thermophilic starter yogurt culture (commercial) undefined, thermophilic (milk)starter	<i>L. delbrueckii</i> ; <i>S. thermophilus</i> <i>L. delb. bulgaricus</i> ; <i>S. thermophilus</i> <i>S. thermophilus</i> (dominant) enterococci and lactococci (secondary) lactococci and mesophilic LAB (<i>L. casei</i> ; <i>L. plantarum</i>) (dominant); enterococci, thermophilic LAB (<i>L. helveticus</i> ; <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>) and <i>S. thermophilus</i> (subdominant)
Mozzarella di bufala (Campania)	undefined, mesophilic (whey)starter	<i>S. thermophilus</i>
Montasio	undefined or defined thermophilic (milk) starter	enterococci (!) <i>Lactococcus lactis</i> ; <i>S. thermophilus</i>
Fontina Pecorino Toscano (ewe)	no starter defined (milk)starter (mesophilic; thermophilic or both)	<i>S. thermophilus</i>
Bra Pecorino Sardo Caprino Lombardo (goat)	undefined or defined(milk)starter defined“autochthonous” starter undefined, mesophilic (whey)starter	<i>S. thermophilus</i> <i>Lactococcus lactis</i>

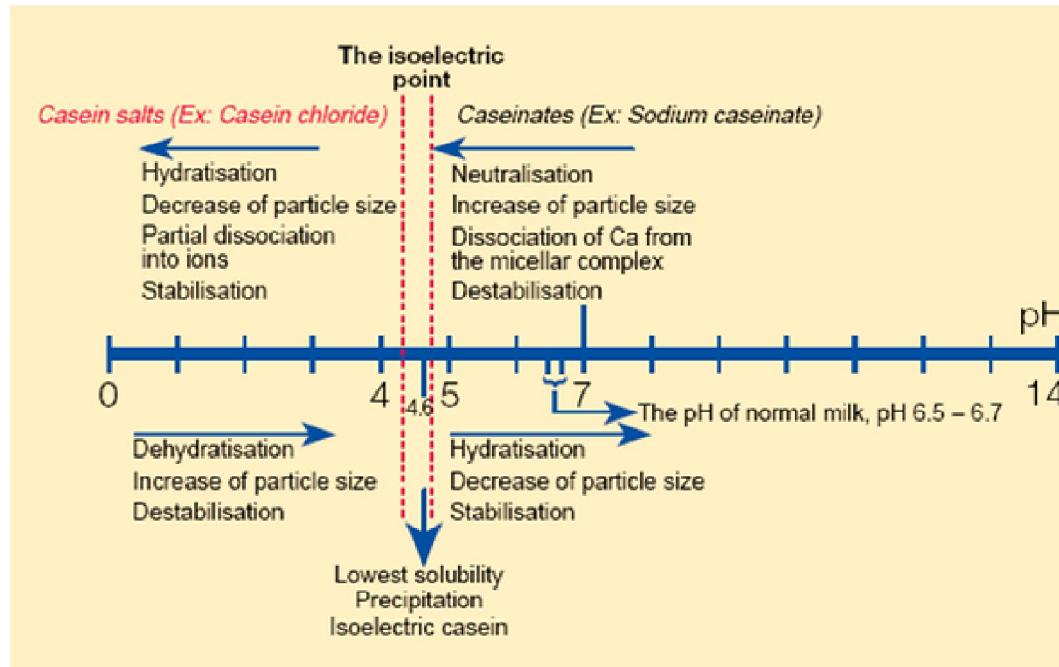


FORMAGGIO

Cagliata

Coagulazione acida

Il latte può essere coagulato per acidificazione conseguente ad una fermentazione lattica o all'aggiunta di acidi organici. L'abbassamento del valore di pH provoca la disidratazione della micella caseinica per avvicinamento progressivo al suo punto isoelettrico (pH_i 4.6).



FORMAGGIO

Cagliata

Coagulazione presamica

Il caglio (o “presame”) è tradizionalmente estratto dal quarto stomaco dei vitelli lattanti (abomaso) e la sua attività coagulante è principalmente dovuta all’azione di una proteasi, la chimosina.

La **chimosina** è una oloproteina con un peso molecolare di 30.7 kDa. Il pH ottimale dell’attività della chimosina è compreso tra 3,8 e 4,0; la sua stabilità è buona a pH compreso tra 5,3 e 6,3, mentre decresce più o meno rapidamente a pH inferiori a 3,8 e superiori a 6,5.

La **pepsina** (quella bovina è propriamente la *pepsina II* da distinguere dalla *pepsina I* che è la pepsina suina) presenta una attività ottimale a pH 1.8-2.0. A valori di pH > 6.6 è inibita ed il suo impiego richiede un abbassamento di pH intorno a 6.3, ossia un latte leggermente acidificato.



FORMAGGIO

Cagliata

I vari tipi di caglio sono commercializzati e prezzati in base alla loro forza coagulante o titolo: questo è rappresentato dal volume di latte che viene coagulato da un volume di caglio in condizioni standard (35 °C per 40 min):

$$F = \frac{2400 \cdot V}{v \cdot t}$$

dove F = forza del caglio

V = volume di latte da coagulare

v = volume di caglio utilizzato

t = tempo in s necessario per la coagulazione

2400 = secondi corrispondenti a 40 minuti.



FORMAGGIO

Cagliata

Caglio vegetale

I vegetali, prima ancora dei microrganismi, sono stati oggetto di ricerche allo scopo di isolare enzimi coagulanti. In effetti, preparazioni enzimatiche estratte dal fico, dai fusti dell'ananas, dai cardi, dai carciofi (Cacio Fiore di Columella), dalle zucche ecc., mostrano un'attività coagulante anche se inferiore a quella operata dal caglio tradizionale.

Caglio fungino

Tre specie di muffe vengono attualmente utilizzate per produrre enzimi coagulanti:

Endothia parasitica: muffa parassita del castagno, capace di produrre una preparazione enzimatica coagulante, che è in commercio con i nomi «Sure curd» e «Suparen»;

Mucor pusillus: muffa parassita del suolo, con il suo preparato coagulante commercializzato col nome di «Noury Rennet» ;

Mucor miehei: muffa anch'essa del suolo, i cui numerosi ceppi sono stati utilizzati per diversi preparati coagulanti, messi in commercio con i nomi di «Rennilase», «Fromase» e «Marzyme».



FORMAGGIO

Fasi della Cagliata

Prima fase:

- ✓ la chimosina attacca il legame peptidico tra Met 106 e Phe 105 della caseina k; (legame piuttosto labile, localizzato alla superficie della micella caseinica; è target di altri enzimi coagulanti);
- ✓ si formano il caseinoglicopeptide (residuo 106-169 – 8.0 kDa, contenente circa il 30% di glucidi) e la para-caseina (residuo 1-105) che non presenta carboidrati amminoacidi solforati e aromatici della caseina k.

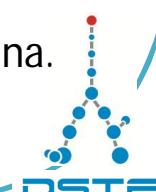
Seconda fase:

Durante questa fase avviene il passaggio del sistema da sol a gel. Il gelo occupa inizialmente tutto il volume occupato dal latte. Questa fase avviene: a temperatura $> 15^{\circ}\text{C}$ ed in presenza di ioni Ca.

In questa fase si stabiliscono interazioni a ponte idrogeno tra le micelle e interazioni di tipo idrofobico che portano ad una stabilizzazione della struttura tridimensionale.

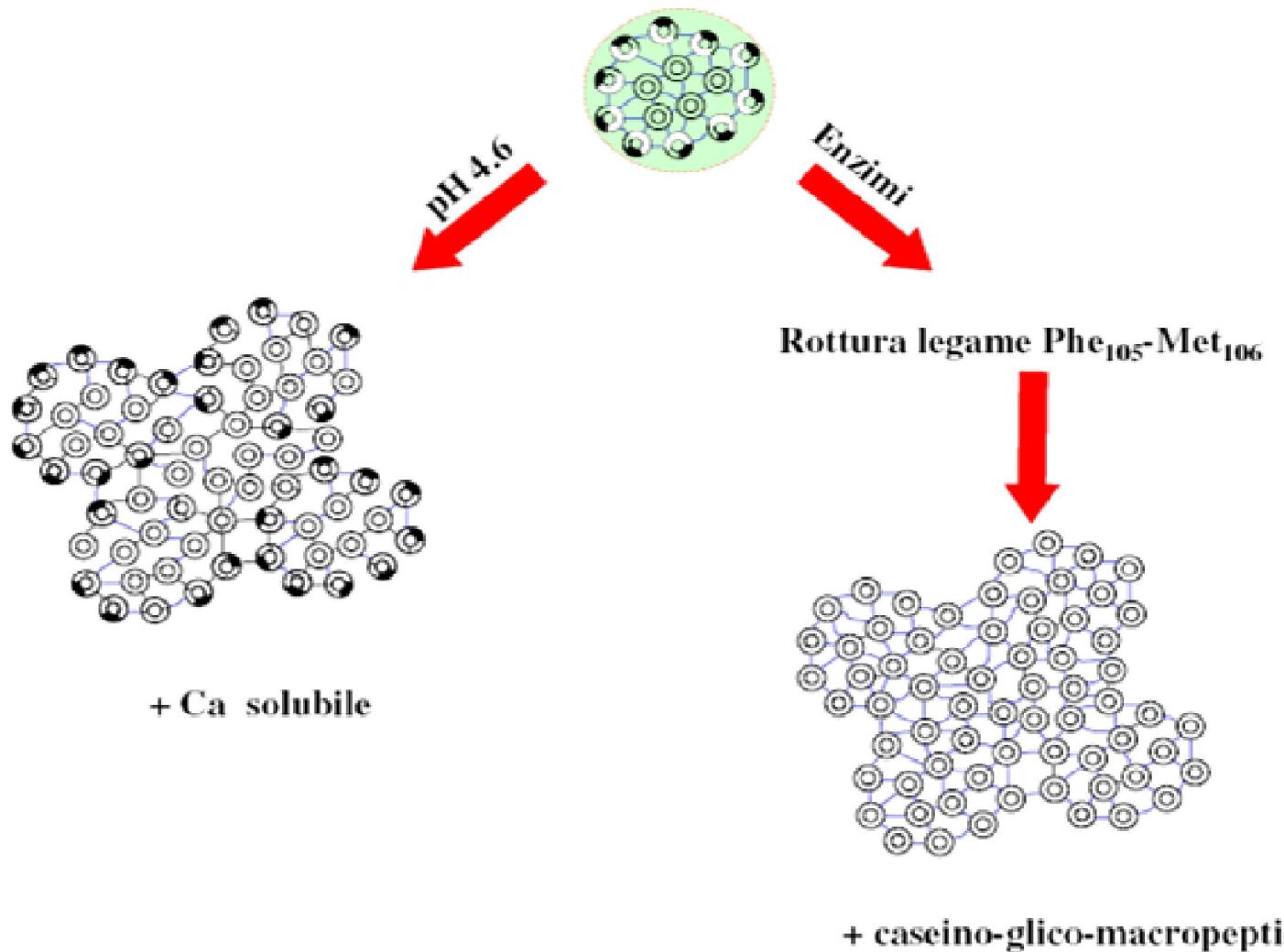
Terza Fase:

il gel (coagulo) assume una consistenza sempre maggiore, aumentando il numero di legami intermicellari, contraendosi con graduale espulsione del siero (sineresi); in questa fase avviene una lenta azione proteolitica non specifica con liberazione di peptidi dalla caseina.



U3

FORMAGGIO

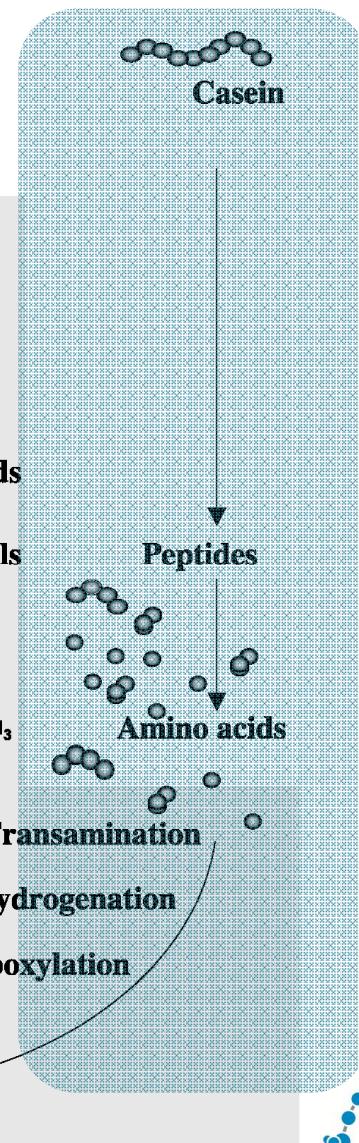
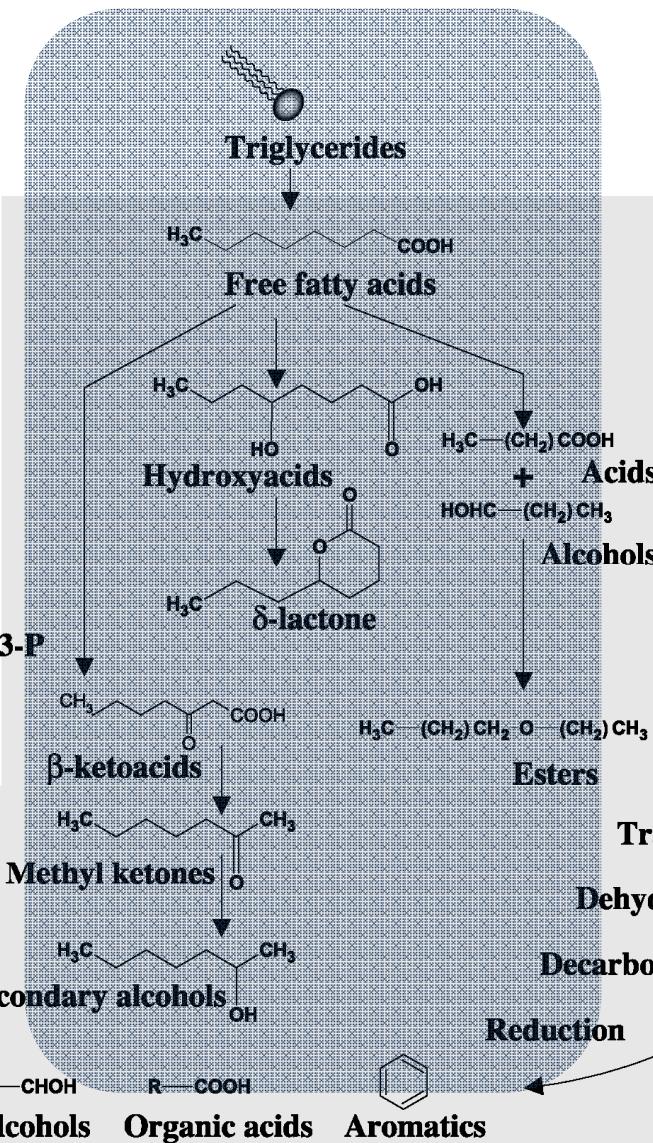
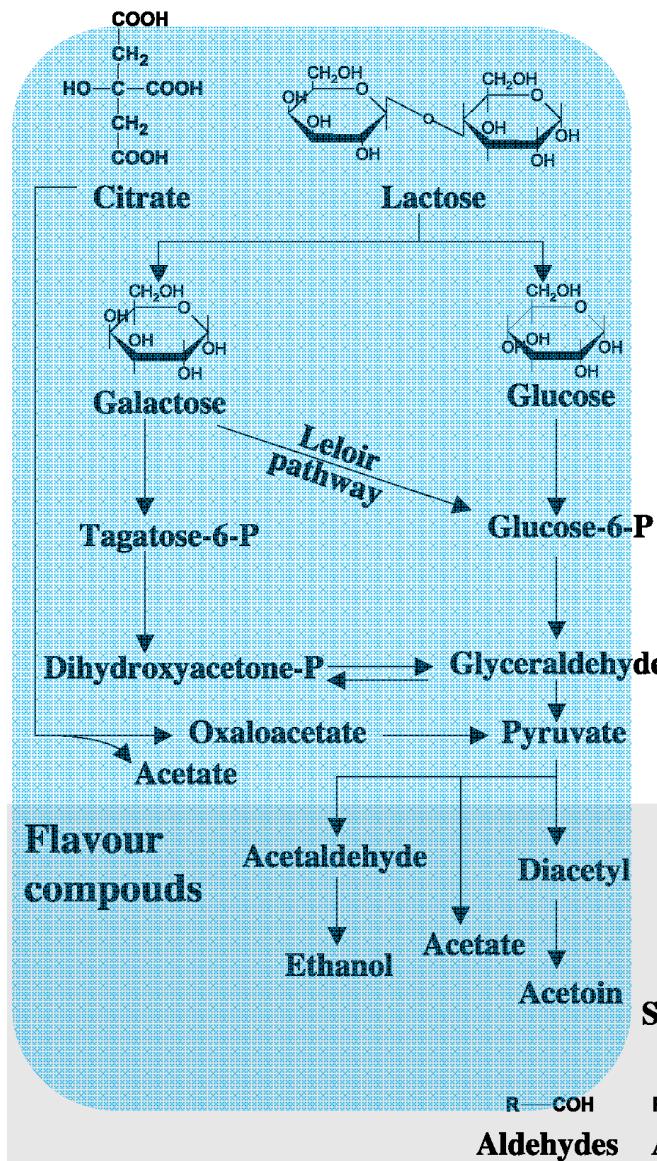


U3

FORMAGGIO



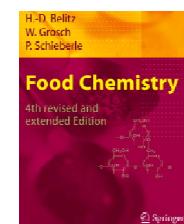
FORMAGGIO



Esempi di composti aromatici in quattro tipi di formaggio

Metabolism	Gouda	Cheddar	Camembert	Swiss-type (and Maasdam)
Amino acid	3-Methylbutanal 3-Methylbutanol Methanethiol Dimethylsulphide (DMS) 2-Methylpropanol Dimethyltrisulphide (DMTS)	3-Methylbutanal Isovaleric acid Methional Methanethiol DMDS DMTS	3-Methylbutyrate 3-Methylbutanal Methional Methanethiol DMS Benzaldehyde Phenylacetaldehyde	Methional 3-Methylbutanal Skatole
Sugar	Diacetyl	Propionic acid Diacetyl	2,3-Butanedione	Propionic acid Diacetyl
Fat	Butyric acid Butanon Hexanal Pentanal	Butyric acid Acetic acid 1-Octen-3-one Butanone	1-Octen-3-ol Butyric acid 1-Octen-3-one 2-Undecalactone γ -Decalactone	
Rest and combined pathways	Ethyl butyrate Limonene	Ethyl butyrate Ethyl hexanoate	Phenylethyl acetate	Ethyl butyrate Ethyl hexanoate Ethyl-3-methylbutanoate Phenylethyl acetate

U3



FORMAGGIO

STAGIONATURA

Trasformazione del lattosio in acido lattico

Subito dopo la formatura, nel formaggio fresco il lattosio subisce fermentazione (**fermenti omolattici**) formando acido lattico

Il lattosio viene anche utilizzato da batteri **eterofermentanti** che formano anche: acido acetico, etanolo, CO₂, acetoino e diacetile.

L'acido lattico viene a sua volta in parte salificato.

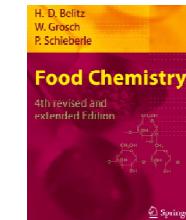
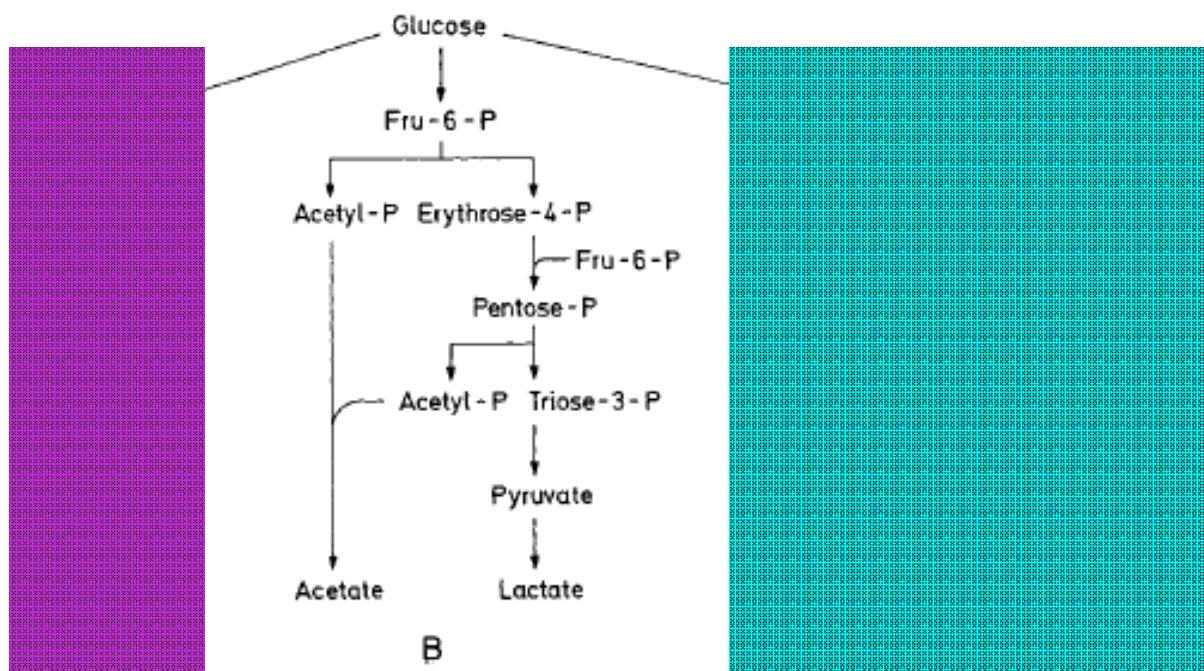
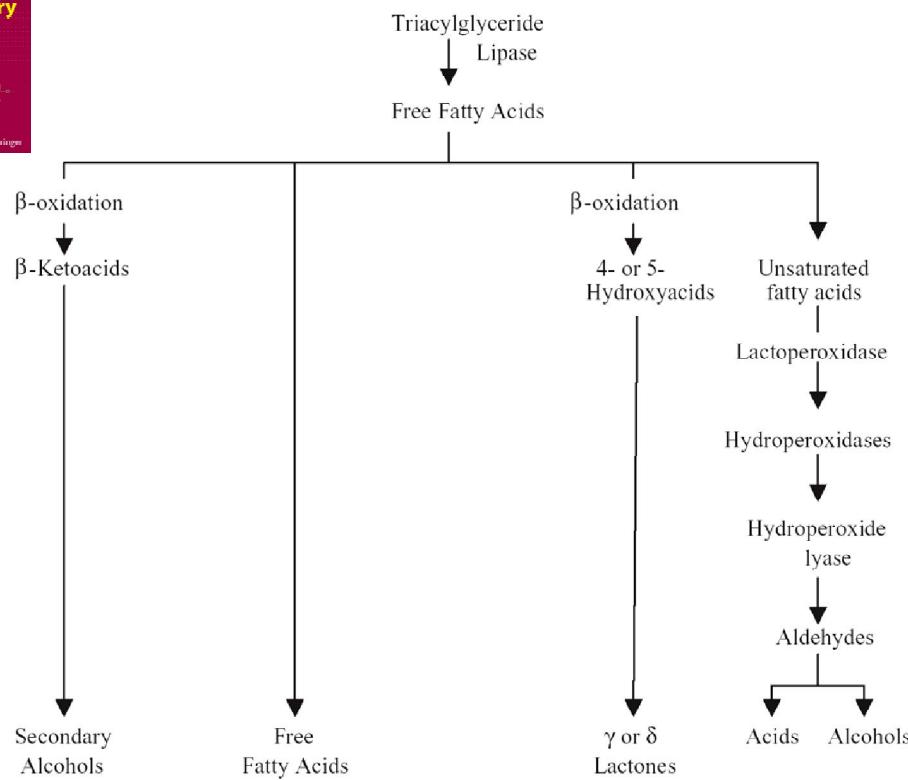
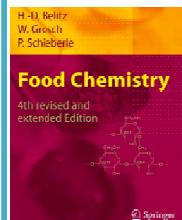


Fig. 10.20. Glucose metabolism in lactic acid bacteria. A: homofermentation, B: Bifidus pathway, and C: hetero-fermentation (6-phosphogluconate pathway)

FORMAGGIO

Idrolisi dei trigliceridi

Le lipasi attive nel formaggio derivano dai microrganismi, muffe e micrococchi resistenti fino a 76 °C. La lipolisi si misura con la quantità di acidi grassi liberi. L'indice o grado della lipolisi viene indicato dal contenuto di ac. caproico.



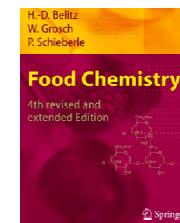
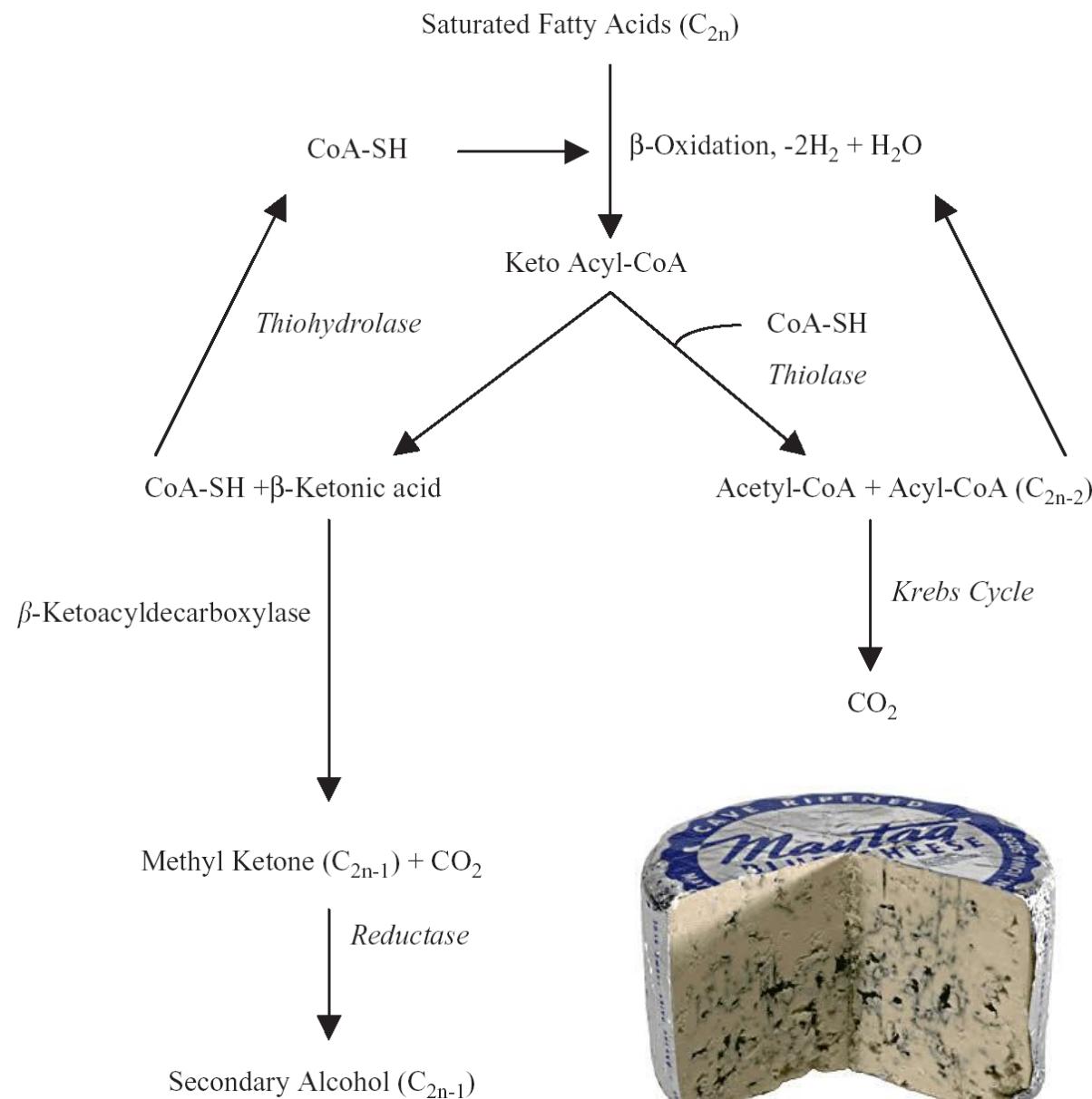
STAGIONATURA

Una volta idrolizzati gli acidi grassi possono subire metabolismo ossidativo con formazione di composti a valenza aromatica quali i b-cheto esteri, lattoni ed alcoli secondari.

Un esempio tipico è quello del metabolismo di *Penicillium* nello sviluppo dell'aroma degli erborinati tipo Roquefort.



U3



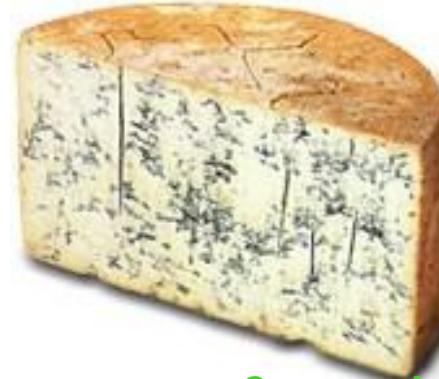
Attività lipolitica (*Penicillium roqueforti*)

Substrato	Velocità relativa di Idrolisi
Tributirrina	100
Tripropionina	25
Tricaprilina	75
Tricaprina	50
Trioleina	15



Roquefort

Stilton



Gorgonzola



Aromi nei blue cheeses

Methyl ketone:	mg/100 g di formaggio (sost. secca)
n-C ₃	0.5 - 0.8
5	1.4 - 4.1
7	3.8 – 8.0
9	4.4 – 17.6
11	1.2 – 5.9

FORMAGGIO

La proteolisi

- ✓ nella prima fase le endo-peptidasi rompono le catene peptidiche;
- ✓ nella seconda fase avviene il clivaggio degli amminoacidi terminali da parte delle carbossi-peptidasi e delle ammino-peptidasi con liberazione di aa;
- ✓ nella terza fase gli amminoacidi vengono metabolizzati :
 - a) decarbossilazione, con liberazione di CO_2 e produzione di una ammina;
 - b) deamminazione ossidativa, con produzione di NH_4^+ e di un b-cheto acido;
 - c) deamminazione riducente, operata da batteri anaerobi;
 - d) degradazione degli amminoacidi solforati (Cys e Met), con produzione di composti solforati.

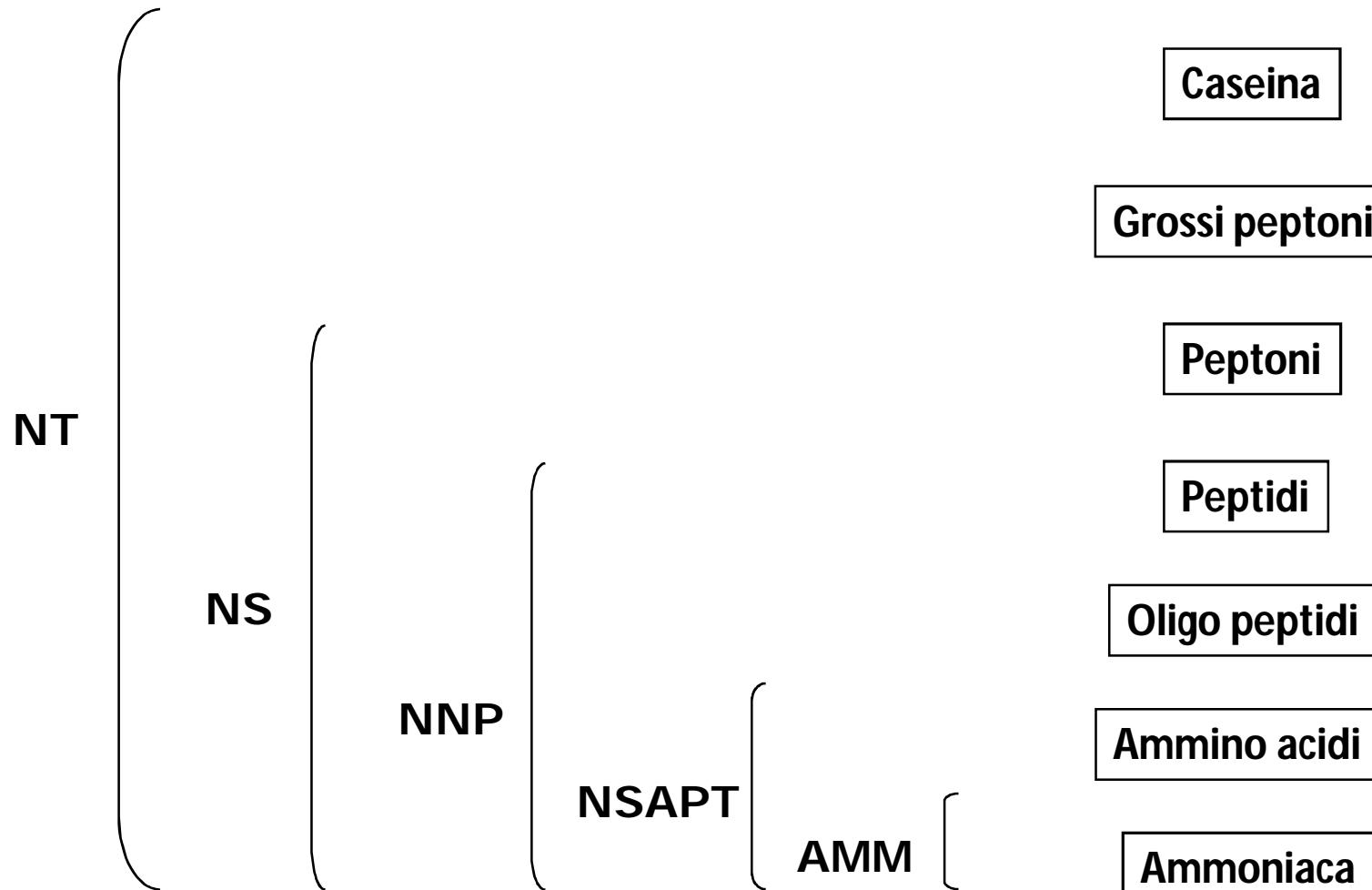
$$\text{Coefficiente di maturazione} = \frac{N_{\text{solubile}}}{N_{\text{totale}}} \cdot 100$$

Un parametro che viene utilizzato per avere un giudizio sul grado di maturazione di un formaggio è **l'indice** proposto da **Duclaux** (coefficiente di maturazione) dato dal rapporto percentuale tra l'azoto solubile e l'azoto totale.

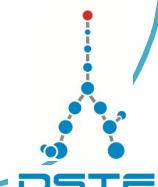


FORMAGGIO

STAGIONATURA

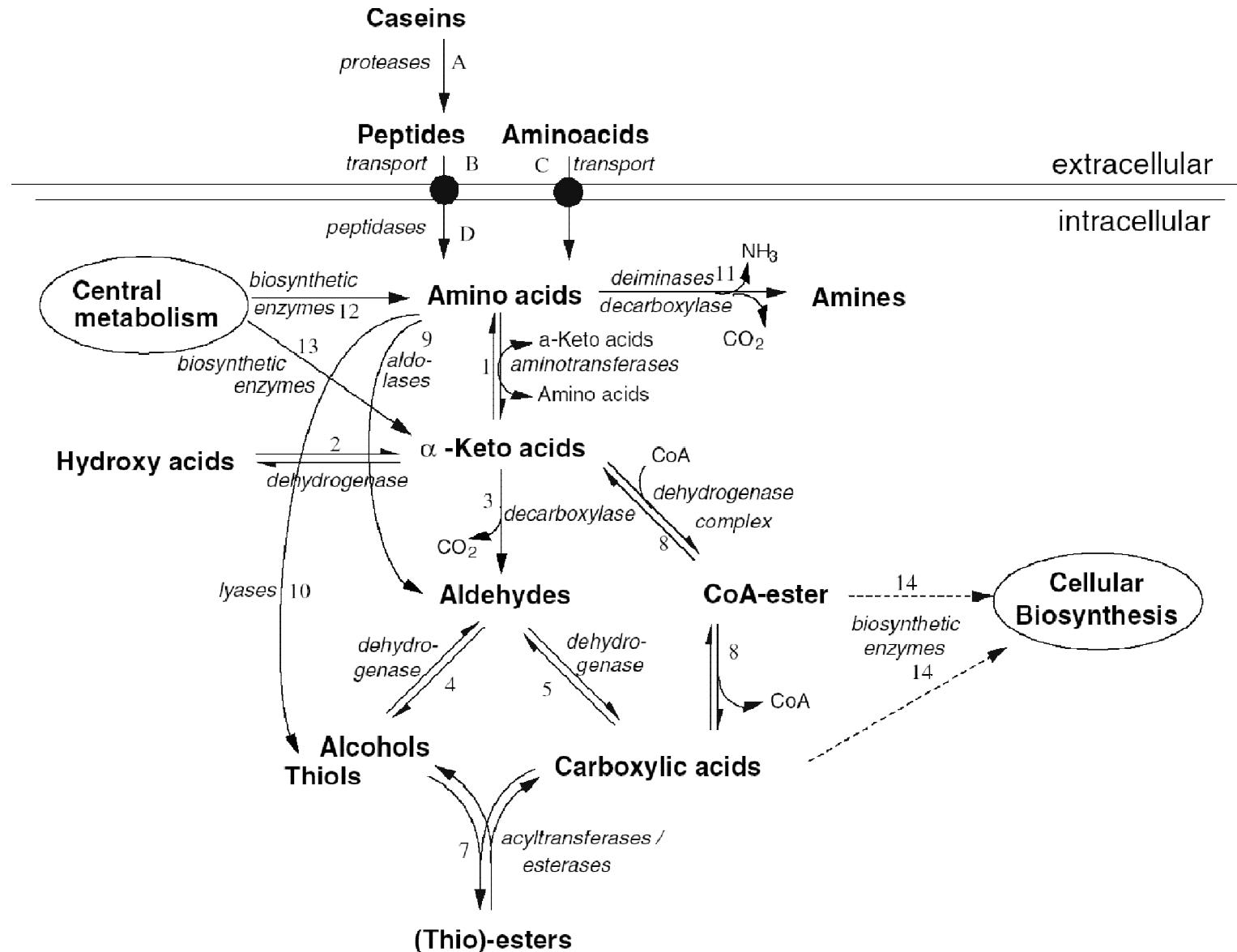


NT: azoto totale; NS: azoto solubile a pH 4.6; NNP: azoto non proteico (solubile in acido tricloroacetico 12%); NSAPT: azoto solubile in acido fosfotungstico; AMM: azoto ammoniacale).



FORMAGGIO

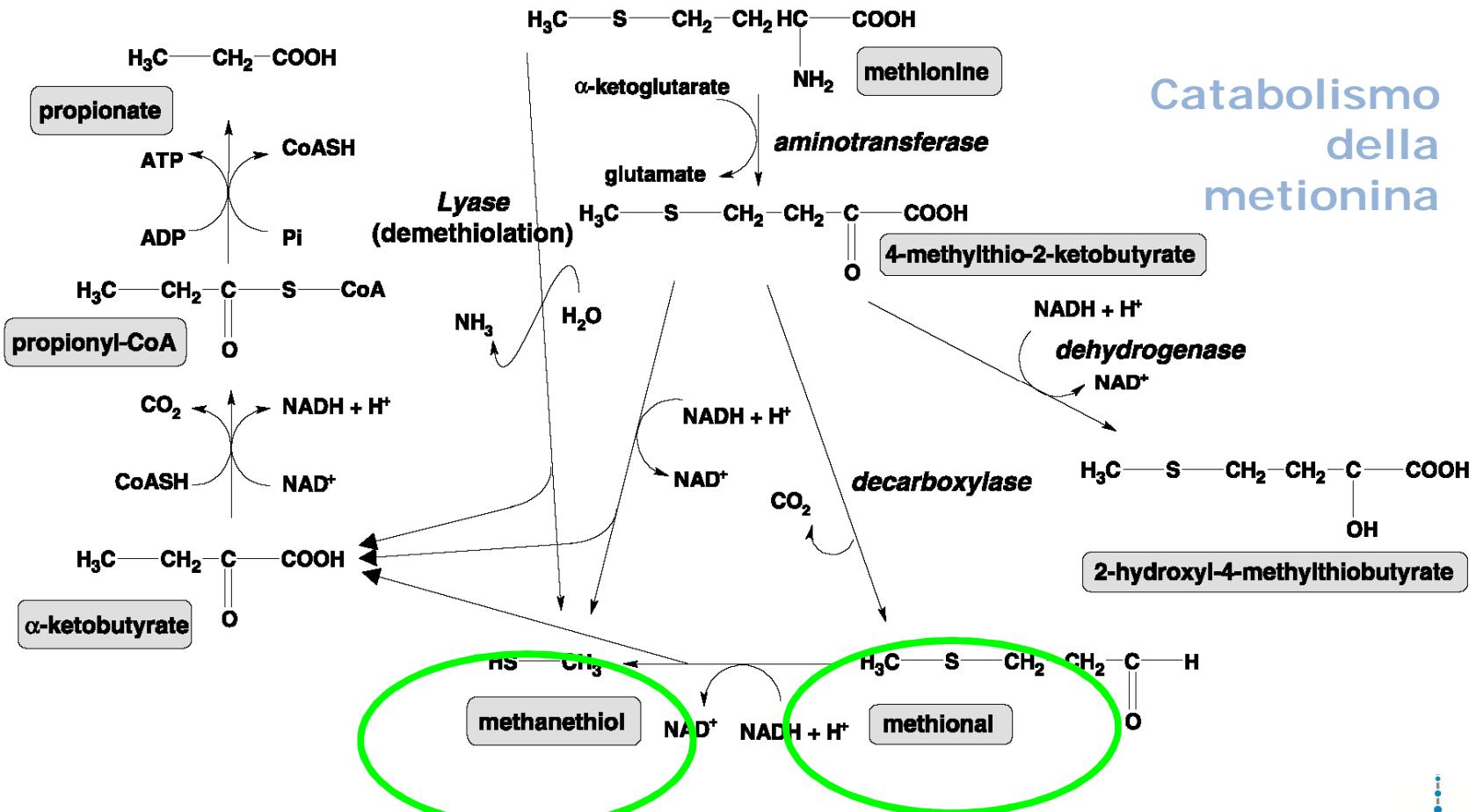
STAGIONATURA



FORMAGGIO

STAGIONATURA

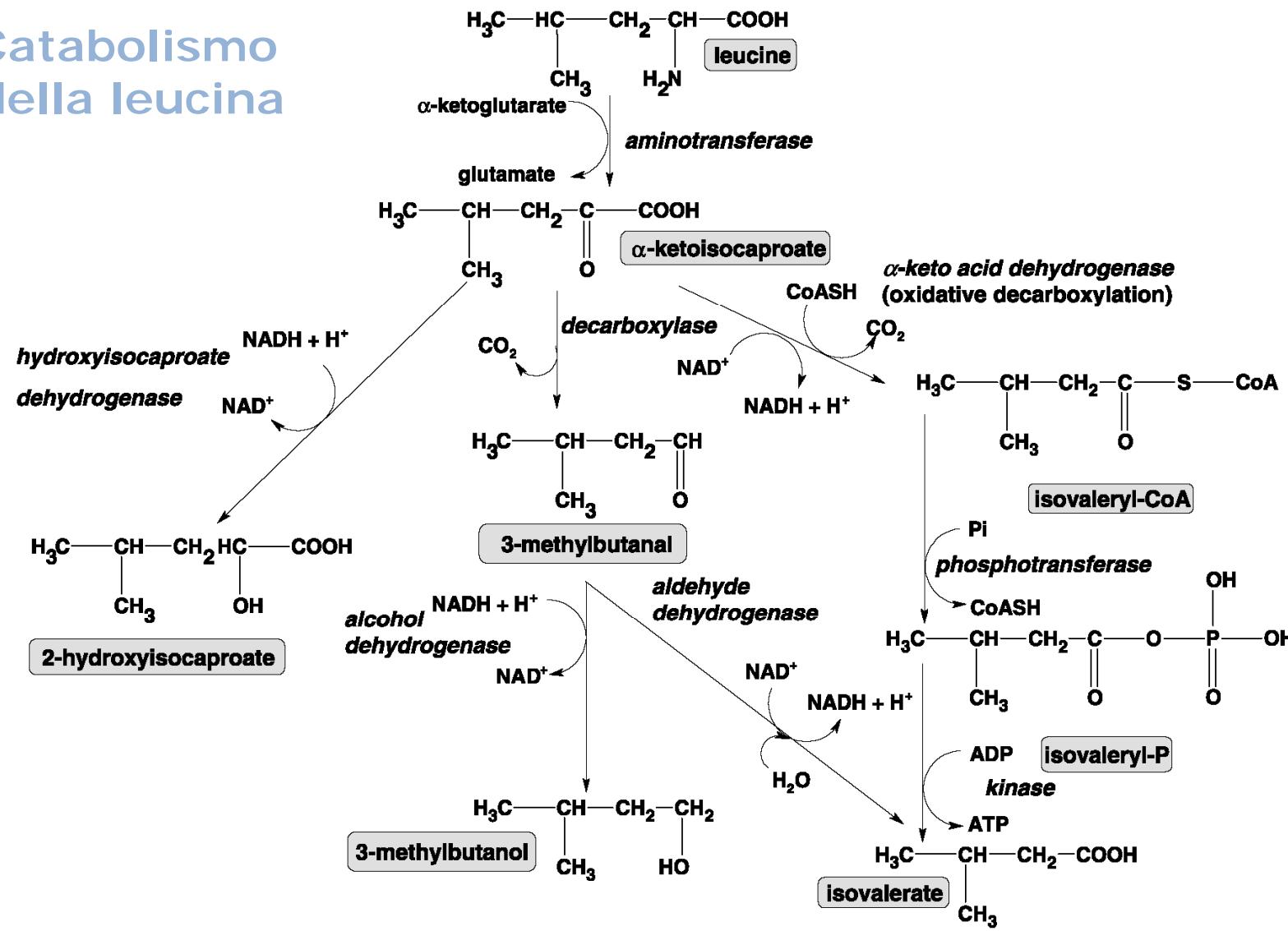
Catabolismo della metionina



FORMAGGIO

STAGIONATURA

Catabolismo della leucina



FORMAGGIO

STAGIONATURA

AMINE BIOGENE

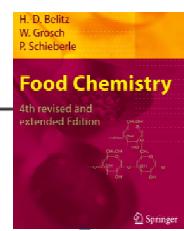
Hanno origine per decarbossilazione di alcuni aa:
 istamina (Hys), tiramina (Tyr), triptamina (Trp), cadaverina (Lys), putrescina, spermina e spermidina (Glu, Orn, Arg).

Table 10.34. Biogenic amines in cheese (mg/100 g)

Cheese	Phenylethyl-amine	Tyramine	Tryptamine	Histamine	Putrescine ^a	Cadaverine ^b
Cheddar	0–30	6–112	0–0.2	2.4–140	0–100	0–88
Emmentaler	0–23.4	3.3–40	0–1.3	0.4–250	0–15	0–8
Gruyere		6.4–9.9		0–20	0.5	2.5
Parmesan		0.4–2.9		0–58		
Provolone					1–20	2–20
Edamer	0–1.3		0–0.4	1.4–6.5		0.5–9.4
Gouda		0–110		3.5–18	2–20	2.5
Tilsiter	0–14.8	0–78	0–7.1	0–95.3	0–31.3	0–31.8
Gorgonzola					0–75	0–430
Roquefort		2.7–110	0–160	1–16.8	1.5–3.3	7.1–9.3
Camembert		2–200	2	0–48	0.7–3.3	1.2–3.7

^a Butane-1,4-diamine

^b Pentane-1,5-diamine



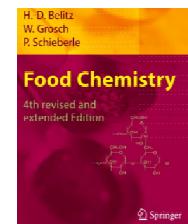
FORMAGGIO

STAGIONATURA

AMINE BIOGENE

Hanno origine per decarbossilazione di alcuni aa:
 istamina (Hys), tiramina (Tyr), triptamina (Trp), cadaverina (Lys), putrescina, spermina e spermidina (Glu, Orn, Arg).

<u>Monoamines</u>	<ul style="list-style-type: none"> → β-phenylethlyamine – Increased blood pressure/Migraines → Tyramine – Hypertensive reactions/Migraines/Increased blood sugar levels → Histamine – Respiratory distress/Heart palpitations → Tryptamine – Increased blood pressure
<u>Diamines</u>	<ul style="list-style-type: none"> → Putrescine → Cadaverine <p style="text-align: center;">}</p> <p>Hypotension/Bradycardia/Lockjaw/potentiate effects of other amines</p>
<u>Polyamines</u>	→ Agmatine



FORMAGGIO

STAGIONATURA

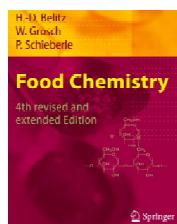
ESTERI

Tra i composti che rivestono un ruolo fondamentale nella definizione dell'aroma dei formaggi e che si formano durante il processo di stagionatura vi sono gli esteri.

Essi si formano mediante reazioni (idrolisi di trigliceridi >alcolisi >acidolisi >transesterificazione) spesso catalizzate da enzimi di derivazione batterica presenti nella flora batterica del formaggio.

Aroma, thresholds and quantities of esters frequently found in milk and cheese^a

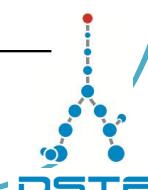
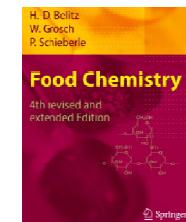
Ester	Aroma	Threshold (ppm) ^b	Quantity (ppm) ^b	Milk/Cheese
Ethyl Acetate	Solvent	5 (water/milk)	52–99	Ewe cheese
	Fruity	22 (oil/butter)	0.05–0.25	Parmigiano-Reggiano
	Pineapple			
Ethyl Butanoate	Apple	0.005 (milk)	0.026–0.152	Fruity milk
	Banana	0.0035–0.028 (oil)	0.146	Goat cheese
	Sweet	0.6 (oil/butter)	0.28–1.82	Fruity Cheddar
	Fruity	0.00013–0.45 (water)	0.026–0.05	Emmental
	Fragrant		0.07	Mozzarella
			0.124–0.362	Grana Padano
			0.25–1.14	Parmigiano-Reggiano
Ethyl Hexanoate	Banana	0.005 (milk)	0.20–0.268	Fruity milk
	Pineapple	0.2	9–14	Ewe cheese
	Sweet	0.02–0.04 (oil)	0.258	Goat cheese
	Fruity		0.43–2.08	Fruity Cheddar
	Wine-like	0.001 (water)	0.062–0.142	Emmental
	Brandy	0.9 (oil/butter)	0.05	Mozzarella
	Powerful		0.03–0.08	Gorgonzola
			1.23	Danish Blue
			0.215–0.993	Grana Padano
			2.58	Parmigiano- Reggiano



FORMAGGIO

Biosintesi degli esteri da parte di diversi tipi di microorganismi

Enzyme	Reaction pathway	Microorganism
Esterase/lipase	Esterification $R_1\text{COOH} + R_2\text{OH} \rightarrow R_1\text{COOR}_2 + H_2O$	Lactic acid bacteria, propionibacteria, pseudomonads, smear bacteria, yeasts, moulds
Esterase/lipase	Thioesterification $\text{RCOOH} + \text{CH}_3\text{SH} \rightarrow \text{RCOSCH}_3 + H_2O$	Lactic acid bacteria, smear bacteria,
Alcohol acyltransferase (esterase/lipase)	Alcoholsysis $R_1\text{COOR}_2 + R_3\text{OH} \rightarrow R_1\text{COOR}_3 + R_2\text{OH}$	Lactic acid bacteria, moulds
Alcohol acyltransferase	Alcoholsysis $R_1\text{OH} + R_2\text{COSCoA} \rightarrow R_2\text{COOR}_1 + \text{CoASH}$	Yeasts
Alcohol acetyltransferase	Alcoholsysis $\text{ROH} + \text{CH}_3\text{COSCoA} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOR} + \text{CoASH}$	Yeasts
Alcohol acetyltransferase	Transthoesterification $\text{CH}_3\text{SH} + \text{CH}_3\text{COSCoA} \rightarrow \text{CH}_3\text{COSCH}_3 + \text{CoASH}$	Yeasts
Methyl formate synthase (alcohol dehydrogenase?)	Dehydrogenation $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HCHO} \rightarrow \text{CH}_2(\text{OH})\text{OCH}_3 + \text{NAD}^+ \rightarrow \text{HCOOCH}_3 + \text{NADH} + \text{H}^+$	Methylotrophic yeasts (<i>Candida boidinii</i> , <i>Pichia methanolica</i>)
Hemiacetyl dehydrogenase (alcohol dehydrogenase?)	Dehydrogenation $R_1\text{OCH}(\text{OH})R_2 + \text{NAD}^+ \rightarrow R_2\text{COOR}_1 + \text{NADH} + \text{H}^+$	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida utilis</i>



FORMAGGIO

Denominazione di Origine Protetta (DOP) art. 2 Reg. CE 2081/92

Per ‘Denominazione di Origine’ si deve intendere il nome di una regione, di un luogo determinato, o in casi eccezionali, di un paese che serve a designare un prodotto agricolo o alimentare originario di tale regione, di tale luogo determinato o di tale paese e la cui qualità o le cui caratteristiche siano dovute essenzialmente o esclusivamente all’ambiente geografico comprensivo dei fattori naturali ed umani e la cui produzione, trasformazione ed elaborazione avvengano nell’area geografica delimitata



Grana Padano	143,969
Parmigiano Reggiano	111,444
Gorgonzola	46.118
Pecorino Romano	32,003
Mozzarella di bufala campana	26,500
Asiago	22,609
Provolone Valpadana	10,000
Taleggio	9,797
Montasio	8,419
Pecorino Siciliano	8,000
Fontina	4,748
Quartiolo Lombardo	3,460
Caciocavallo Silano	2,000
Pecorino Toscano	1,740
Valtellina Casera	1,405
Pecorino Sardo	1,200
Toma Piemontese	1,158
Bra	864
Raschera	717
Flore Sardo	350
Monte Veronese	340
Casciotta d'Urbino	250
Bitto	240
Castelmagno	110
Robiola di Roccaverano	75
Formal de Mut	51
Canestrato pugliese	37
Murazzano	30
Ragusano	17
Valle d'Aosta Fromadzo	0.1
Spressa delle Giudicarie	-

FORMAGGIO

Indicazione Geografica Protetta (IGP) art. 2 Reg. CE 2081/92

Per ‘Indicazione Geografica’ si deve intendere il nome di una regione, di un luogo determinato, o in casi eccezionali, di un paese che serve a designare un prodotto agricolo o alimentare originario di tale regione, di tale luogo determinato o di tale paese e di cui una determinata qualità, la reputazione o un’altra caratteristica possano essere attribuite all’origine geografica e la cui produzione e/o trasformazione e/o elaborazione avvengano nell’area geografica determinata



FORMAGGIO

Specialità Tradizionale Garantita (STG) Reg. CE 2082/92

È possibile solo per un gruppo di produttori registrare un prodotto agricolo o alimentare purchè:

- la specificità non risieda nella provenienza o nell'origine geografica
- la specificità non risulti unicamente dall'applicazione di una innovazione tecnologica
- il nome sia specifico o esprima la specificità del prodotto
- il nome deve essere tradizionale o consacrato dall'uso
- il nome non può fare unicamente riferimento ad affermazioni di carattere generale
- il nome non può essere abusivo o non corrispondere al disciplinare

Per la registrazione è indispensabile la presentazione di un Disciplinare di produzione che riporti:

- il nome
- il metodo di produzione completo
- gli elementi di tradizionalità
- le caratteristiche del prodotto
- le procedure di controllo

Ottenuta la registrazione tutti i produttori europei possono produrre quel prodotto e marchiarlo purchè ne sia rispettato il Disciplinare depositato dal gruppo proponente (es. "Mozzarella STG")

