

P.O.R. PUGLIA 2014 – 2020
Avviso Pubblico N. 4/FSE/2018 approvato con Decisione C(2015)5854 del 13/08/2015
Corso ITS VIII Ciclo
“Tecnico Superiore in Marketing Digitale delle Imprese Agroalimentare”
(Acronimo: MiDia)

Docente: Pasquale De Palo

AREA: Produzioni Animali

UF: La filiera delle Produzioni Zootecniche



Il formaggio, o cacio, è il prodotto ottenuto dal latte intero, parzialmente scremato o scremato, o dalla crema di latte, in seguito a coagulazione acida o presamica, facendo uso di fermenti e di sale da cucina.

Il latte da cui si ottiene il formaggio può essere, oltre a quello di vacca, quello di bufala, pecora, capra.



In Italia le principali destinazioni del latte nella trasformazione casearia sono così articolate: **Grana Padano** (20 milioni di quintali); **Mozzarella** e altri formaggi freschi a pasta filata (19,9 milioni di quintali); **Parmigiano Reggiano** (16,4 milioni di quintali); **Crescenza** (4,4 milioni di quintali); **Gorgonzola** (3,8 milioni di quintali) e **Provolone Valpadana** (2,3 milioni di quintali).



Il formaggio si può complessivamente considerare come una trasformazione biotecnologica: il risultato delle trasformazioni operate sul latte dall'azione enzimatica del caglio e dall'azione fermentante dei microrganismi lattici.

Pur se la base è costituita da tre soli elementi (acqua, grasso e proteine), le differenze fra ogni tipo di formaggio sono elevate, giustificate dal tipo di foraggio con cui si sono nutriti gli animali e soprattutto dalla tecnologia di fabbricazione.



La classificazione dei formaggi anche in virtù della grande abbondanza di varietà (circa 2000 in tutto il mondo) può essere fatta:

- **secondo la specie del latte usato** (caprini, ovini, vaccini, bufalini, ecc.)
- **secondo le modalità di coagulazione** della cagliata (coagulazione acida, presamica o entrambe)
- **secondo l'acidità** (naturale o di fermentazione)
- **secondo la consistenza della pasta o il contenuto in acqua** (freschi, molli, semiduri, duri, molto duri o da grattugia)



- secondo la **temperatura di cottura della cagliata** (crudi a temperatura < 38°C; semicotti tra 38-48°C; cotti >di 48°C)
- secondo il **tempo di maturazione**: formaggi freschi a maturazione extra-rapida (entro 2-3 giorni) o rapida (entro 15 giorni), formaggi a breve stagionatura (entro 30 giorni), formaggi a media stagionatura (entro i 6 mesi), formaggi a lunga stagionatura (lenta entro un anno o lentissima oltre 1 anno)
- secondo il contenuto in **materia grassa** (magri, semigrassi, grassi, doppia crema).



Composizione

Il formaggio è principalmente composto da acqua, proteine e materia grassa (in proporzioni mediamente di 50:25:25), con rapporti però molto variabili a seconda della tipologia e del periodo di maturazione. Infatti il formaggio è fondamentalmente costituito dalla caseina e dal grasso separatisi dal siero, ma può contenere, anche grazie a innovazioni tecnologiche, le sieroproteine, oltre a vitamine, sali minerali e enzimi.

La composizione chimica del formaggio rispecchia quella del latte di partenza, ma cambia, con il variare delle caratteristiche organolettiche, dalla lavorazione al termine della maturazione.



Contenuto percentuale dei principali nutrienti di alcune tipologie di formaggio italiane ed estere

	Acqua	proteine	lipidi	carboidrati dispon.	acido lattico	kcal	kJ	sali minerali
Bel paese	38,9	25,4	30,2	-	-	373	1549	-
Brie	44,5	22,6	27,9	0,10	0,89	345	1430	4,00
Caciocavallo	30,0	29,9	29,7	-	-	387	1620	2,10
Camembert	50,0	20,5	25,7	0,10	0,11	314	1301	3,60
Edam	41,9	24,8	28,3	-	1,00	354	1469	4,00
Emmentaler	35,1	28,9	31,2	-	0,45	398	1651	3,94
Feta	59,1	17,0	18,1	0,53	1,42	237	986	5,20
Fontina	39,0	25,2	30,4	-	-	374	1566	1,90
Gorgonzola	42,4	19,4	31,2	-	0,62	360	1492	-
Gouda	46,0	25,5	25,4	-	1,00	331	1373	2,10
Mozzarella	60,1	19,9	16,1	-	-	225	934	-
Parmigiano	29,6	35,6	25,8	0,06	-	375	1561	-
Provolone	39,6	26,3	28,9	-	-	365	1516	-
Ricotta	75,0	9,5	15,0	0,33	-	174	722	-
Pecorino Romano	50,0	20,0	25,7	-	-	311	1291	3,10
Formaggi fusi	50,6	13,2	30,4	-	-	326	1349	2,20
Formaggio quark	73,5	11,1	11,4	2,60	0,70	159	664	0,75
Stracchino	48,0	22,1	26,4	-	-	326	1364	1,20

FONDAZIONE ITS AGROALIMENTARE PUGLIA

Corso ITS VIII Ciclo 2018-20

tecnico Superiore in Marketing Digitale delle Imprese Agroalimentari



Il formaggio è un alimento molto energetico, 100 g di formaggio mediamente apportano 300 kcal (dovute per i 2/3 al contenuto lipidico), ma tale apporto è legato alle differenze di materia grassa e materia secca (ovvero il contenuto detratta l'acqua).

Il formaggio contiene un'alta concentrazione di nutrienti essenziali rispetto al suo valore energetico, influenzati dal tipo di latte usato (specie, stato di lattazione, contenuto in lipidi, ecc.). Per quanto riguarda i **carboidrati, **il lattosio del latte è in soluzione nel siero** e quindi nel formaggio ne permangono solo piccole percentuali, che vengono rapidamente fermentate dai batteri starter. **Il formaggio può quindi essere un alimento adatto per la dieta di individui intolleranti al lattosio.****



Il contenuto proteico varia dal 3 al 40% (anche in relazione inversamente proporzionale al contenuto lipidico); inoltre, quando si utilizza la tecnica dell'ultrafiltrazione, saranno presenti anche le sieroproteine del latte, assenti con una tecnica di caseificazione tradizionale.

Il valore biologico delle proteine del formaggio è leggermente inferiore rispetto a quello del latte: se si pone uguale a 100 l'indice di aminoacidi essenziali del latte, quello del formaggio varia da 91 a 97. **Le proteine sono altamente digeribili** considerando che la caseificazione e la maturazione determinano un aumento dell'idrolisi delle caseine e un aumento della frazione solubile.



La **frazione lipidica** varia sensibilmente in base al latte usato (scremato, intero o addizionato di crema); nutrizionalmente la sua **digeribilità varia tra l'88 e il 94%**. Nel grasso del formaggio sono presenti molti acidi grassi a corta catena di più agevole assimilazione, inoltre l'alta concentrazione di acido oleico favorisce un buon assorbimento (diversamente dall'acido stearico che determina maggiori difficoltà di assorbimento). Infatti gli acidi grassi presenti nel formaggio sono mediamente per il 66% acidi grassi saturi, 30% acidi grassi monoinsaturi e 4% acidi grassi polinsaturi. Inoltre il grasso del formaggio può essere fonte di colesterolo (10-100 mg/100g).



Il contenuto in vitamine è anch'esso influenzato dal latte di partenza, soprattutto per la frazione di vitamine liposolubili A, D, E, K. La frazione di vitamine idrosolubili è in genere inferiore rispetto a quella del latte poiché parte rimangono nel siero, ma alcune vitamine del gruppo B possono essere sintetizzate da microrganismi durante la maturazione. Ad esempio i batteri propionici possono produrre livelli significativi di vitamina B12. Complessivamente i formaggi rappresentano delle buone fonti di vitamina A, riboflavina e vitamina B12, se si considera il rispettivo fabbisogno giornaliero.



Infine il formaggio è anche un'importante fonte di sali minerali, soprattutto calcio, fosforo e magnesio: 100 g di formaggio, infatti, possono apportare 800 mg di calcio (corrispondenti al livello di assunzione giornaliero raccomandato), con una biodisponibilità del 23-25%. In genere i formaggi a coagulazione acida contengono livelli più bassi di calcio rispetto alle varietà a coagulazione presamica.

Inoltre è da considerare anche l'apporto in cloruro di sodio che assolve importanti funzioni nella fase di caseificazione, con valori di concentrazione molto diversi anche in base alla maggior o minore salatura.



La fabbricazione del formaggio può essere divisa in due parti:

- 1) **lavorazione** che comprende le fasi di:
 - 1a- preparazione del latte (pastorizzazione, aggiunta di batteri starter ecc.)
 - 1b- coagulazione
 - 1c- rottura della cagliata
 - 1d- cottura
 - 1e- messa in forma
 - 1f - salatura
- 2) **maturazione**

La lavorazione si svolge in circa 24 ore, salvo alcune operazioni successive, la maturazione da pochi giorni fino a 1-2 anni.



Preparazione del latte

Il formaggio si può ottenere dal latte di specie diverse (vaccino, ovino, caprino, bufalino), anche in miscele tra loro. Dopo la mungitura il latte viene refrigerato e in alcuni casi si realizza una correzione del titolo in lipidi: o riducendolo con una scrematura, o aumentandolo con un'aggiunta di crema di latte. Il latte può inoltre subire una pastorizzazione che è particolarmente importante per i formaggi freschi; nei formaggi maturi infatti le condizioni che si vanno a creare (pH, sviluppo di batteri lattici ecc.) non favoriscono lo sviluppo di ceppi patogeni. La

in caldaia: è importante infatti non superare i 75°C perché si otterrebbe un prodotto mal coagulabile. Il formaggio prodotto da latte pastorizzato può risultare meno aromatico, ma con un andamento di maturazione ed una struttura interna più regolari.



Coagulazione

E' la fase più importante del processo e consiste nella gelificazione della frazione caseinica per precipitazione delle micelle. Può essere di due tipi: acida o presamica.

Si parla di coagulazione acida quando il pH del latte raggiunge il valore di 4.6 per fermentazione da parte della microflora lattica, con la trasformazione del lattosio in acido lattico. A pH 4.6 le micelle coagulano perdendo ioni Ca^{2+} . I formaggi ottenuti con semplice coagulazione acida sono formaggi freschi e molli, caratterizzati da sapore acido e in genere sono da consumare in breve tempo.



La coagulazione presamica avviene per aggiunta di caglio al latte a 30-37°C (temperatura variabile a seconda che si voglia ottenere un formaggio a pasta molle o a pasta dura). Il caglio è un preparato enzimatico, reperibile in polvere, in compresse o liquido, ottenuto dal quarto ventricolo dello stomaco (abomaso) di ruminanti non svezzati (vitelli, agnello, capretti),

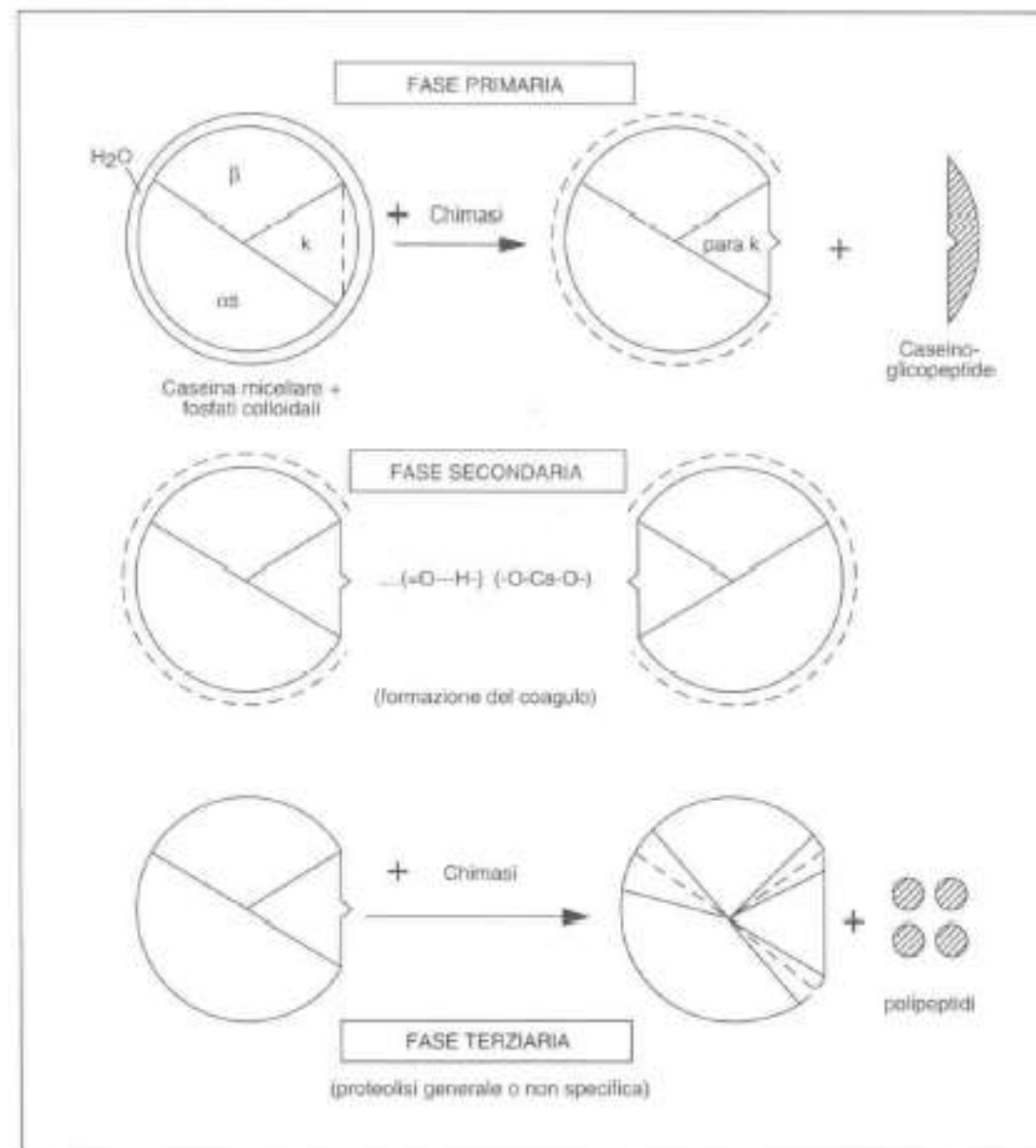


I fattori che influenzano la cagliata sono:

- **concentrazione e titolo del caglio**, in presenza di latte acido si riduce il caglio;
- **temperatura**, se $<10^{\circ}\text{C}$ non si ha coagulazione, tra $10-20^{\circ}\text{C}$ la coagulazione è lenta, tra $20-40^{\circ}\text{C}$ aumenta e diminuisce fino a 65°C ;
- **pH**, tempi più brevi di coagulazione e coaguli di maggiori dimensioni si hanno con pH inferiore a 6,4; se superiori a 7 la coagulazione non avviene;
- **ionizzazione del Ca^{2+}** , deve essere disponibile in presenza di acido lattico, la presenza di altri acidi organici può chelare il calcio e inibire parzialmente la coagulazione;
- **dimensioni delle micelle**, la coagulazione è lenta se le micelle sono più piccole;
- **conservazione del latte**, se il latte è rimasto più di 2 giorni a $+4^{\circ}\text{C}$ la coagulazione non avviene o avviene con difficoltà.



Schematizzazione delle fasi di idrolisi delle micelle di caseina nel corso della caseificazione



Schematizzazione delle micelle di caseina

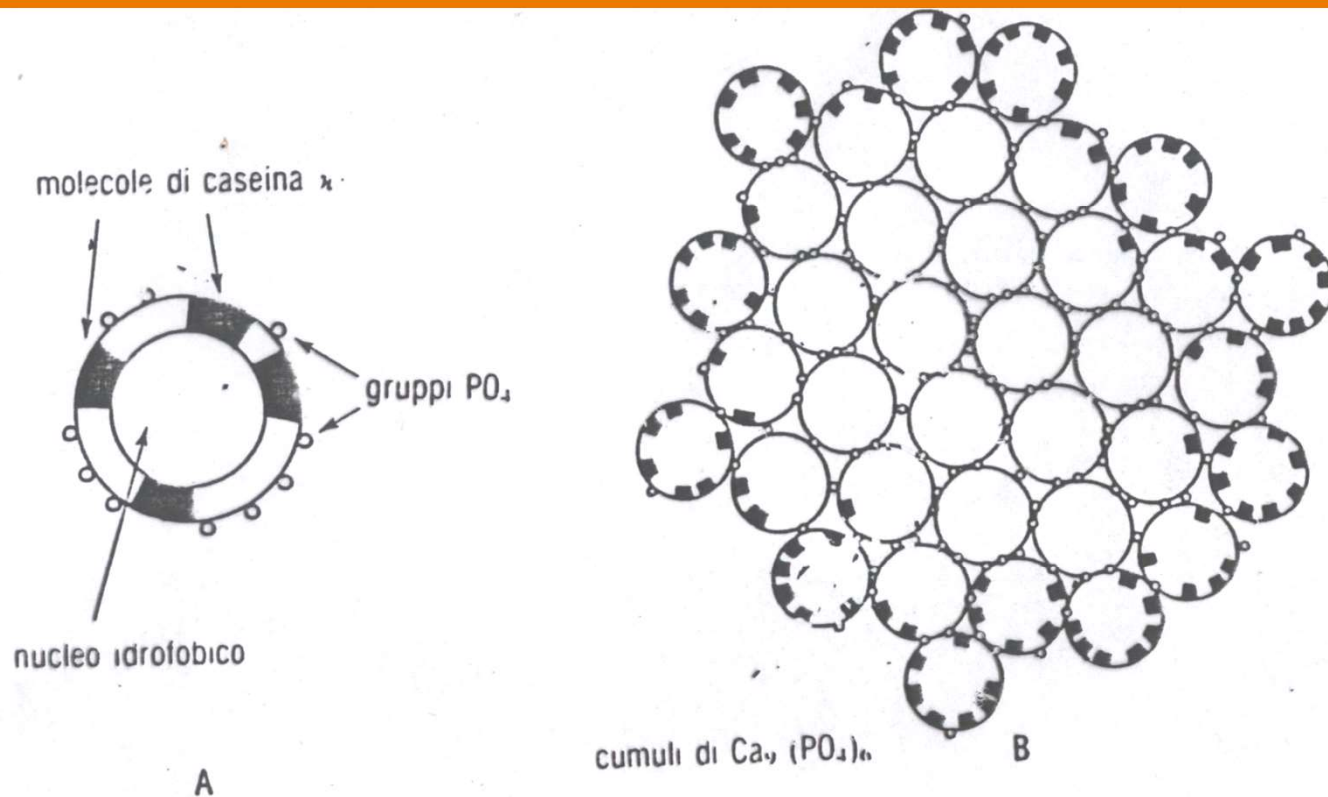


Fig. 32 - Modello di submicelle (A) e di micelle (B) di caseina secondo Schmidt (1982). Core: nucleo; cluster: aggregati. (Per gentile concessione di Applied Science Publishers, editore di "Developpements in Dairy Chemistry" di P.F. Fox).



Rottura della cagliata

La massa gelatinosa che si è formata viene rotta per favorire lo spurgo del siero. Questa operazione viene eseguita nella caldaia e determina la rottura in frammenti più o meno piccoli a seconda del tipo di formaggio, con attrezzi detti “spini”, fili di acciaio o lamine taglienti, mantenendo la massa in agitazione.



Cottura

Avviene per formaggi semicotti o cotti, la cagliata viene scaldata a temperature comprese tra 38-60°C (<38°C; 38-48°C>48-60°C) per tempi variabili (da 15 minuti a 1,5 ore); ogni tipologia di formaggio prevede una temperatura e dei tempi di cottura rigorosi e costanti. Durante la cottura la massa viene mantenuta in agitazione, in tal modo si completa la contrazione e lo spurgo della cagliata.



Messa in forma

La cagliata viene successivamente estratta dal siero e posizionata in stampi o fascere circolari, in cui prosegue lo spurgo che può essere eventualmente facilitato con una fase di pressatura.

Per la preparazione di formaggi freschi a pasta molle, si può procedere con un periodo di stufatura in locali caldo-umidi per tempi variabili da alcune ore a un giorno. In tal modo prosegue lo spurgo e si favorisce la formazione di acido lattico. Per i formaggi a pasta dura le forme vengono fatte riposare ed è l'aumento di acidità che facilita lo spurgo.



Salatura

La salatura delle forme può essere eseguita a secco, sfregando o cospargendo con sale la superficie delle forme, oppure in salamoia per immersione delle forme.



La maturazione

E' il periodo che segue la salatura e dura finché il formaggio non ha acquisito le caratteristiche tipiche della sua varietà. Può durare da pochi giorni per i formaggi a pasta molle fino a due anni o più (come per il Parmigiano Reggiano) e viene condotta in celle di stagionatura a temperatura e umidità controllate.

Nel corso della maturazione si operano varie trasformazioni dovute a :

- enzimi del latte (soprattutto nei formaggi a latte crudo)**
- attività residua del caglio (chimosina)**
- enzimi degli starter batterici (lattici)**
- enzimi di microrganismi non starter (starter secondari, muffe, batteri propionici, o non starter già presenti nel latte o a sviluppo successivo).**



Altre tipologie di formaggio a tecnologia differente

I formaggi a pasta filata sono prodotti con una tecnologia modificata: si prepara dapprima una cagliata che viene fatta maturare sotto siero per almeno 3 ore, fino a raggiungere un pH di 5.2-5.3. La cagliata viene quindi fusa in acqua bollente, tirata in fili e modellata opportunamente. Questo processo determina una parziale demineralizzazione (formazione di paracaseinato monocalcico) dovuto alla formazione di acido lattico. Con questa procedura si ottengono prodotti quali la Mozzarella, il Fior di latte, il Provolone, la Scamorza, ecc.



I *formaggi fusi* si ottengono per fusione di formaggi di vario tipo e di diverso stato di maturazione, si può trattare di scarti di lavorazione, di ritagli provenienti dalla segmentazione di grosse forme o anche di formaggi preparati appositamente per la fusione.

Il *Mascarpone* è un formaggio molle che si ottiene dalla crema di latte (25-30% di materia grassa), scaldata a 80-90°C e addizionata di acido citrico. La coagulazione è dovuta all'acidità e al calore.



La *Ricotta* è un prodotto che si ottiene utilizzando per coagulazione del siero proveniente dalla caseificazione e ha rappresentato per molto tempo uno dei prodotti lattiero-caseari meno nobili. La ricotta è costituita dalla cagliata delle sieroproteine, termocoagulabili ma non precipitabili con il caglio, che inglobano anche la frazione di materia grassa che residua nel siero. Il siero deve essere acidificato, quindi si opera un riscaldamento a 80-85°C, in seguito il prodotto coagulato viene fatto spurgare. La ricotta si consuma in genere allo stato fresco, oppure dopo una breve maturazione previa salatura. Recentemente è invalso l'uso di arricchire la ricotta con crema proveniente dalla scrematura del latte, per aumentarne la palatabilità e il valore nutrizionale.



Trasformazioni dei componenti del formaggio

La maturazione del formaggio è uno dei più complessi fenomeni biochimici a carico degli alimenti ed è il risultato di vari fenomeni: proteolisi, deaminazione e decarbossilazione degli aminoacidi, lipolisi e degradazione degli acidi grassi, glucidolisi e fermentazione, reazioni acido-base ed effetto tampone.

**Tutti questi fenomeni possono essere ricondotti a:
perdita di umidità e essiccamento, con formazione della
crosta;
glucidolisi;
proteolisi;
idrolisi del grasso.**



glucidolisi

- idrolisi del lattosio**
- fermentazione ad acido lattico
seguito da neutralizzazione dello
stesso**
- scomparsa dell'acido lattico**
- aumento del pH;**



idrolisi del grasso

Dalla frazione lipidica si possono formare vari prodotti intermedi di idrolisi dei trigliceridi:

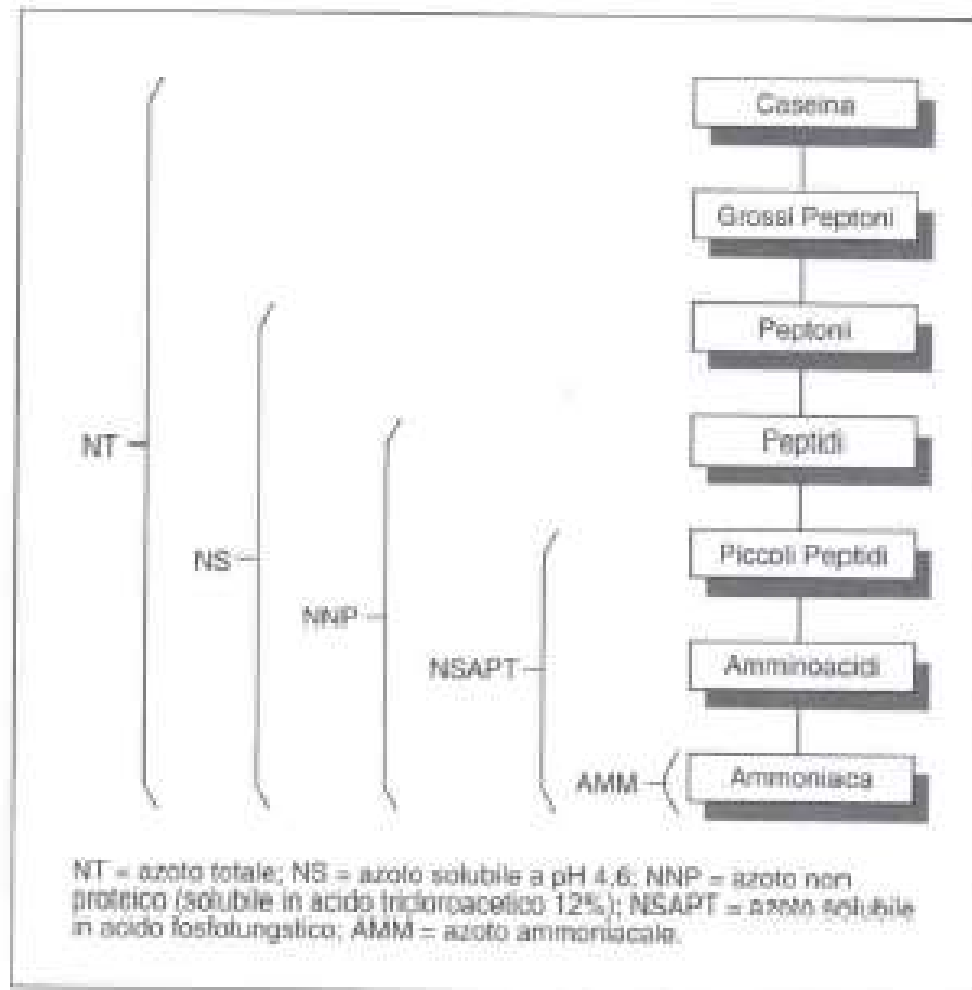
- digliceridi,
- monogliceridi,
- glicerolo
- acidi grassi liberi;

questi ultimi possono essere ulteriormente degradati a

- aldeidi,
- alcoli,
- γ -lattoni,
- δ -lattoni
- metilchetoni.



proteolisi



Formazione dell'aroma

I componenti basilari sono rappresentati da piccoli peptidi, aminoacidi e acidi grassi liberi e loro rispettivi prodotti di degradazione. Differenze fondamentali nell'aroma sono dovute alla specie animale: nei formaggi di latte bovino prevalgono i sapori salato e acido, nei formaggi ovini l'aroma "umami" (tipico del glutammato monosodico) e nei formaggi caprini l' "umami", l'astringente e l'amaro. Alcuni componenti volatili possono derivare dall'alimentazione del bestiame (come i composti solforati dalle *Brassicaceae*).



