

P.O.R. PUGLIA 2014 – AVVISO PUBBLICO N. 5/FSE/2019
Approvazione Graduatoria AD n. 1376 del 28/10/2019.
Corso ITS “Tecnico Superiore nella valorizzazione della biodiversità e del contenuto
salutistico dei prodotti agroalimentari”
(Acronimo: BIODIVHEALTH)

LA COAGULAZIONE – I FORMAGGI

Docente: Dott. Agr. Schiavone Donato

AREA: LE FILIERE AGROALIMENTARI

UF: La filiera dei prodotti caseari

FONDAZIONE ITS AGROALIMENTARE PUGLIA
Corso ITS IX Ciclo 2019-21

“Tecnico Superiore nella valorizzazione della biodiversità e del contenuto salutistico dei prodotti agroalimentari”



IL FORMAGGIO

- Definizione secondo il Codex Alimentarius
«Il formaggio è il prodotto fresco o stagionato, solido o semisolido ottenuto per coagulazione di latte, latte scremato, latte parzialmente scremato, crema, crema di siero o di latticello, soli o in combinazione tra loro, e per cessione parziale del siero che si separa da questa coagulazione.»



LA COAGULAZIONE

E' il momento in cui **mecelle e submicelle caseiniche** si aggregano tra loro in una **struttura proteica** costituita da un coagulo denominato **cagliata**.

La cagliata, trattiene nelle maglie del reticolo proteico, grasso, frazioni di siero, enzimi, microrganismi, sali minerali indispensabili a trasformare durante la stagionatura la cagliata stessa nel formaggio desiderato.



Le fasi della fabbricazione di un formaggio

- Prima fase: **preparazione del latte;**
- Seconda fase: **coagulazione;**
- Terza fase: **trattamento della cagliata;**
- Quarta fase (opzionale): **stagionatura.**



Preparazione del latte

Comprende ogni intervento determinante per la composizione della cagliata, sulle caratteristiche reologiche della stessa, sul corredo di microrganismi ed enzimi responsabili dei processi biochimici che caratterizzano ciascun formaggio



Coagulazione

Caratterizza il passaggio della soluzione colloidale delle caseine allo stato di gel nelle condizioni desiderate.



Trattamento della cagliata

Operazioni di sineresi, ossia tutti gli interventi che nel loro insieme devono portare il rapporto secco/umidità della cagliata ai valori più idonei per assorbire la giusta quantità di sale e permettere il regolare sviluppo dei processi biochimici della maturazione (stagionatura).



stagionatura

Si intende il processo di sosta evolutiva al quale viene sottoposto un formaggio. È una fase che è caratterizzata da profonde trasformazioni. A livello chimico si hanno la fermentazione degli zuccheri e la degradazione di proteine e grassi. Le forme vengono generalmente poste nelle cantine dove vengono fatte riposare per settimane, mesi o anni a seconda del tipo di formaggio, in un ambiente chiuso e con un'umidità particolarmente alta, attorno al 90%



Fasi fabbricazione formaggio

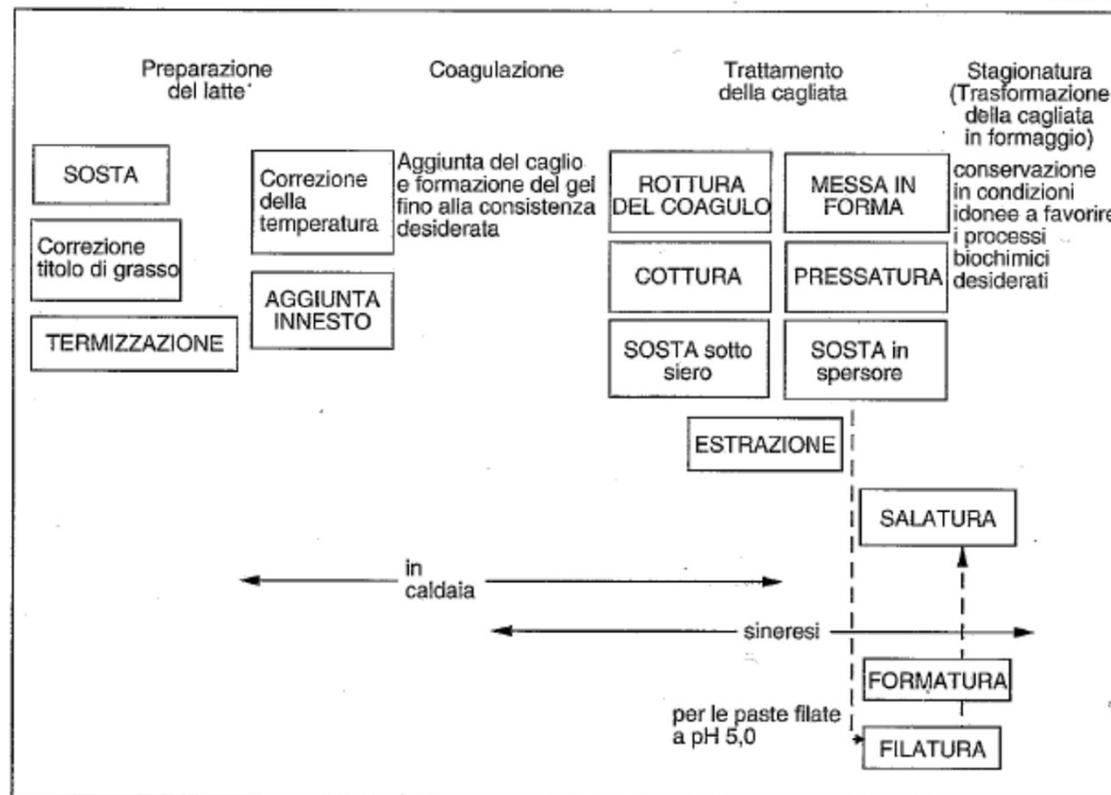


Figura 12.1 - Fasi della fabbricazione di un formaggio.



Preparazione del latte

Operazioni caratterizzanti detta fase

- Sosta
- Correzione del titolo di grasso
- Pastorizzazione o termizzazione
- Aggiunta dell'innesto
- Correzione della temperatura



La sosta

La sosta è il periodo che si fa trascorrere al latte, a determinate condizioni, da quando viene conferito all'inizio delle operazioni di caldaia (sottrazione di grasso, battofuga, neutralizzazione del lattosio, agitazione continua, temperatura prestabilita, stoccaggio, ecc.)



Correzione del titolo di grasso

Per talune lavorazioni si rende necessario aggiungere grasso, proteine o caseine al fine di ottimizzare il giusto rapporto grasso/proteine o grasso/caseine nel formaggio. Tale operazione viene effettuata a mezzo titolazione del contenuto di grasso.



Pastorizzazione o termizzazione

Entrambi vengono definiti «**trattamenti termici di risanamento**».

Il trattamento di pastorizzazione (71,7 °C per 15'') distrugge i microrganismi patogeni ma riduce la microflora utile e taluni enzimi. La termizzazione (57-68 °C per 15'') non danneggia eccessivamente le caratteristiche di coagulabilità del latte. L'aggiunta di starter o innesti contribuisce ad indirizzare nel modo desiderato i processi fermentativi ed enzimatici.



Aggiunta dell'innesto

Per aggiunta di innesto si intende la immissione nel latte di colture microbiche che permettano lo sviluppo dei desiderati fenomeni biochimici contrastando l'azione dei batteri ad azione anticasearia.



Tipi di innesto

- **Colture naturali** (siero innesto)
- **Gli starter** (fermenti selezionati)
- **Colture integrative** (funghi e batteri con azione specifica)



Innesti quadro d'insieme

Tipo di coltura	Composizione microbiologica	Principali prodotti
A) Colture naturali		
a) siero fermento	a) <i>L. helveticus</i> <i>L. delbrueckii</i> subs. <i>lactis</i> <i>L. fermenti</i>	Grana
b) siero fermento	<i>L. delbrueckii</i> subs. <i>lactis</i> <i>S. thermophilus</i> <i>L. helveticus</i>	Provoloni
c) scotta fermento	a) <i>L. helveticus</i> <i>S. thermophilus</i>	Pecorino
d) latte fermento	a) <i>S. thermophilus</i> <i>S. faecium</i> <i>L. delbrueckii</i> subs. <i>bulgaricus</i> <i>L. delbrueckii</i> subs. <i>lactis</i> <i>L. casei</i>	Crescenza Robiola Italico Mozzarella
B) Starter		
colture liquide	a) <i>S. lactis</i>	Burro
colture liofilizzate	<i>S. diacetylactis</i>	
colture concentrate e congelate	<i>Leuc. citrovorum</i>	
	b) <i>S. lactis</i> <i>S. cremoris</i>	Formaggi freschi
	c) <i>L. delbrueckii</i> subs. <i>bulgaricus</i> <i>S. thermophilus</i>	Yogurt
	d) <i>L. acidophilus</i>	"acidophilus milk"
	e) <i>S. thermophilus</i> <i>L. delbrueckii</i> subs. <i>bulgaricus</i>	Caciotta, Taleggio
	f) <i>L. delbrueckii</i> subs. <i>bulgaricus</i> <i>S. thermophilus</i> <i>Penicillium roqueforti</i>	Gorgonzola
C) Colture naturali più starter		
	a) <i>S. thermophilus</i> <i>S. faecium</i> <i>L. delbrueckii</i> subs. <i>bulgaricus</i> <i>L. delbrueckii</i> subs. <i>lactis</i>	Crescenza Mozzarella Italico
D) Colture integrative		
	a) <i>S. faecium</i>	Fontina, Gorgonzola
	b) <i>Ped. acidilactici</i>	Grana, Pecorino Provolone
	c) <i>L. bifidus</i>	Bioyogurt
	d) <i>L. acidophilus</i>	Acidophilus yogurt



Correzione della temperatura

Il latte, dopo l'aggiunta dell'innesto, viene portato alla temperatura richiesta per la coagulazione (20-40 °C eccezione cacioricotta 90°C). La temperatura agisce sull'azione del caglio aggiunto (enzimi). Temperature basse – poco caglio – fermentazioni lente. Temperature alte – caglio abbondante – fermentazioni rapide



Coagulazione

L'acidificazione del latte è una delle cause che determinano l'instabilità dei complessi caseinici provocando la solubilizzazione del fosfato di calcio colloidale. Si innesca così il processo di flocculazione delle micelle di caseina favorito da valori di pH pari a 4,6 e l'interazione chimico-fisica del calcio.



Tipi di coagulazione

- **Coagulazione acida**
- **Coagulazione presamica o enzimatica**



Coagulazione acida

A pH del latte di 4,6 per effetto della fermentazione da parte della microflora lattica, con trasformazione del lattosio in acido lattico, le micelle coagulano perdendo ioni Ca^{2+} e trattenendo P secondo la reazione:

Fosfocaseinato di calcio (sol) + ac. Lattico



Fosfocaseinato acido (gel) + lattato di calcio



Coagulazione presamica

Avviene per aggiunta di caglio al latte a 30-37°C

Per azione enzimatica si determina una destabilizzazione della micella proteica, per idrolisi della K-caseina con distacco del peptide acido colloidale e addensamento della para-caseina.

Caseina (sol)



Paracaseinato bicalcico (gel)



Coagulazione presamica

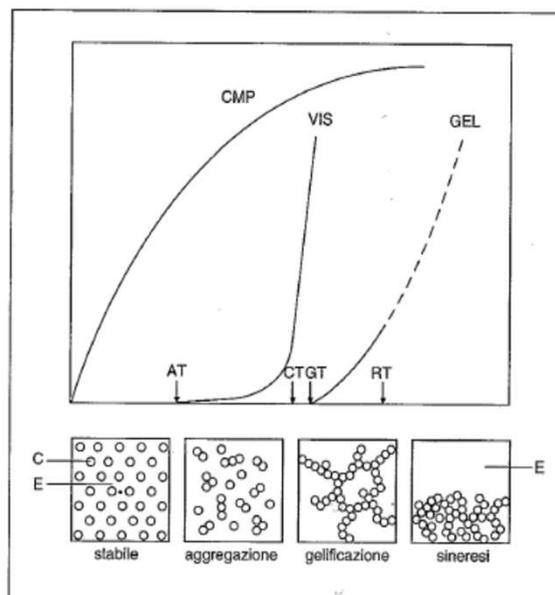


Figura 12.3 - Reazioni che hanno luogo durante la coagulazione e rappresentazione grafica del rapporto tra le micelle di caseina (C) e le molecole di enzima (E) e degli stati di aggregazione:

CMP = liberazione della caseina macropeptide

VIS = incremento della viscosità

GEL = presa di consistenza del gel

AT = inizio dell'aggregazione

CT = tempo di coagulazione

GT = inizio della formazione del gel

RT = momento in cui il gel è sufficientemente consistente per la rottura.



Sineresi della cagliata

Al termine della coagulazione, la cagliata si contrae (sineresi) espellendo il siero (acqua, lattosio e sieroproteine). L'espulsione del siero (che è detto spurgo quando è provocato dall'uomo per rottura o compressione) provoca la rottura della pasta e l'inizio della granulatura; il formaggio risulta essere un conglomerato di granuli.



Rottura della cagliata

La massa gelatinosa che si è formata viene rotta per favorire lo spurgo del siero.

Determina la rottura in frammenti più o meno piccoli a seconda del tipo di formaggio. Si mantiene sempre la massa in agitazione



Salatura

Tutti i formaggi sono sottoposti a questa operazione di durata variabile a seconda del tipo di formaggio (meno di un'ora per la Mozzarella, 20-25 giorni per il Grana) per i seguenti scopi: conferire sapidità al prodotto migliorandone il gusto; favorire la formazione della crosta; regolare il tenore di acqua e lattosio della pasta caseosa; selezionare la flora microbica, ostacolando alcuni agenti nocivi e favorire quelli utili.



Salatura tipi

Può essere fatta a secco cospargendo il sale da cucina grossolanamente macinato sulla superficie delle forme e per via umida ponendo le forme, per prestabiliti periodi di tempo, in una soluzione di sale alla voluta concentrazione. Per scamorze e mozzarelle viene effettuata durante la filatura in continuo.



salatura

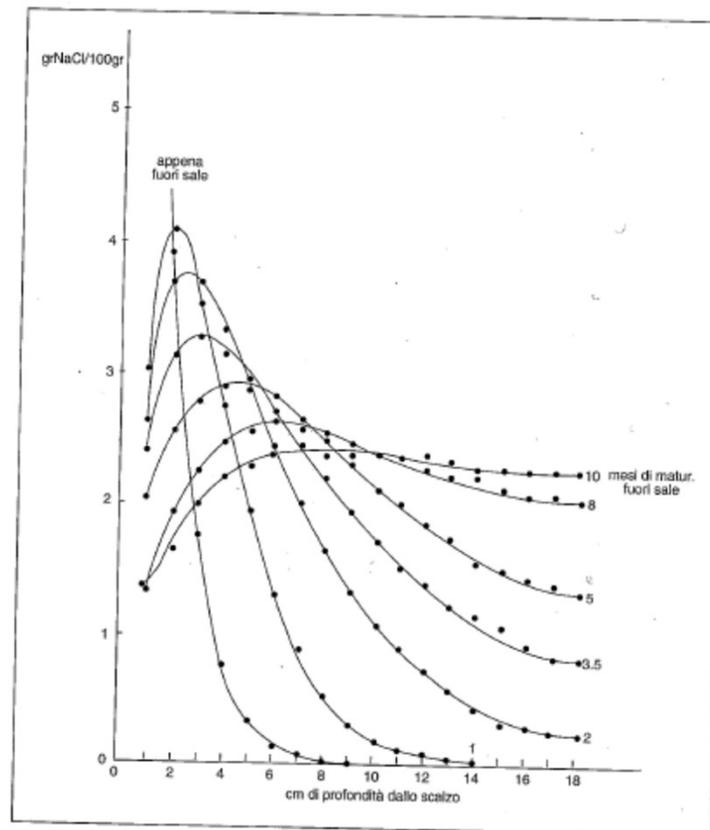


Figura 12.4 - Diffusione di NaCl nel formaggio Parmigiano Reggiano. Dati espressi in g di NaCl per 100 g di materia secca (da Resmini et al., 1974).



Stagionatura/maturazione

Si ha **riduzione dal 25 al 60% della quantità iniziale di acqua** ed è maggiore nei formaggi a pasta dura e a lunga stagionatura. Parallelamente alla disidratazione si forma la crosta che ha il compito di:

1. Contenere la pasta
2. proteggere da contaminazioni esterne
3. fare da barriera alla eccessiva disidratazione



stagionatura

Nel caso di **formaggi a crosta fiorita** (tipo Brie o Camembert) la crosta è formata dallo **sviluppo di muffe bianche** (*Penicillium candidum*, *P. camemberti*, *Geotricum candidum*). Inoltre si può avere lo sviluppo di una microflora naturale dovuta a muffe, lieviti, micrococchi che danno tipiche colorazioni ed aumentano i fenomeni di lipolisi e proteolisi (es. Taleggio).



maturazione

E' il periodo che segue la salatura e prosegue fino a che il formaggio non ha acquisito le caratteristiche della sua varietà. Nel corso della maturazione si operano trasformazioni dovute a:

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



Trasformazione nella maturazione

Le **maggiori trasformazioni** sono a carico delle **caseine**, la cui degradazione è all'origine dell'**ammorbidimento della pasta**, del suo cambiamento di colore, e vi è lo sviluppo del **sapore** e dell'**aroma**.

Acido lattico + paracaseinato bicalcico



Paracaseinato monocalcico



Solubile in acqua calda, fonde
e può essere tirato in fili



Paracaseinato + Lattato di calcio



Trasformazioni nella maturazione

- Sulla frazione grassa il ruolo fondamentale è giocato dalle **lipasi** che possono derivare dal latte, dal caglio, dagli starter batterici e dai microrganismi non starter.
- I fenomeni lipolitici determinano idrolisi di mono-di e trigliceridi con liberazione di glicerolo e **acidi grassi** che **contribuiscono al gusto e all'aroma del formaggio.**



Trasformazioni nella maturazione

Il lattosio viene trasformato ad acido lattico (omolattica) oppure ad acido lattico, etanolo e CO₂ (eterolattica). **L'acido lattico conferisce elasticità e compattezza alla cagliata.** L'acido lattico inoltre può subire la fermentazione propionica da parte dei Propionobatteri, che lo metabolizzano a acido propionico, acido acetico e CO₂ **responsabile della tipica occhiatura**, fenomeno tipico della maturazione di formaggi quali l'Emmental e il Gruyère.



caglio

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, agnelli, capretti), che contiene principalmente CHIMOSINA (O RENNINA) e PEPSINA.



caglio

Il caglio tradizionale si ottiene per macerazione di frammenti di abomaso essiccati o congelati in salamoia al 10% di NaCl, addizionati di antisettici per 10-12 ore a 20°C e a pH 4. Il succo, filtrato e chiarificato viene essiccato.



caglio

Esistono in commercio anche surrogati del caglio, estratti di origine microbica, ma soprattutto chimosina ricombinante. I cagli in commercio vengono standardizzati e portati a titolo fisso: il titolo di caglio è la quantità di latte coagulata da 1 cc di caglio in 40 minuti a 37°C.



FORMAGGI A PASTA FILATA

Si prepara dapprima una **cagliata** che viene fatta **maturare sotto siero per almeno 3 ore**, fino ad un **pH di 5,2-5,3**. La cagliata viene **fusa in acqua bollente**, **tirata in fili** e **modellata opportunamente**. Questo processo determina la parziale demineralizzazione (formazione di paracaseinato monocalcico) dovuto alla formazione di acido lattico. Si ottengono la **Mozzarella**, il **Provolone**, la **Scamorza**, il **Caciocavallo**.



FORMAGGI FUSI

Si ottengono per **fusione di formaggi di vario tipo e di diversa maturazione**. La materia viene dapprima macinata e rimescolata, la **fusione avviene a 70-75 °C a pressione ridotta**, possono essere **aggiunti** burro, margarina, coloranti, ma soprattutto **sali di fusione** (fosfati, polifosfati e citrati di sodio) che facilitano la fusione e mantengono l'idratazione.



MASCARPONE

E' 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 ed al calore.



RICOTTA

Si ottiene per coagulazione del siero proveniente dalla caseificazione. Dopo la cagliata, il siero contiene ancora proteine (sieroproteine), sali minerali e una parte di grassi.

Viene riscaldato a 75-80 °C, temperatura alla quale coagulano le sieroproteine, si ha così la formazione di un precipitato formato da proteine del siero, piccole quantità di grasso, lattosio e sali minerali. Viene lasciato gocciolare per 12 ore e poi posto nelle forme.



Valore nutrizionale del formaggio

Il formaggio è composto da acqua, proteine e materia grassa in proporzione di 50:25:25 con rapporti molto variabili a seconda della tipologia e del periodo di maturazione. Il formaggio è un alimento molto energetico, 100 g di formaggio apportano mediamente 300 kcal (dovute per 2/3 al contenuto lipidico). Le proteine sono altamente digeribili, per idrolisi delle caseine e un aumento della frazione solubile.

Oltre all'acqua, nel formaggio è contenuto grasso, proteine, acidi lattici (0,5-1%), lattosio (presente solo nei formaggi a pasta molle e freschi) e ceneri (quelle del latte sommate al cloruro di sodio assorbito nella salatura).



Valore nutrizionale del formaggio

Mancano i carboidrati, il lattosio è in soluzione nel siero, e ne permangono piccole quantità nel formaggio ideale quindi anche per chi è intollerante al lattosio. E' ricco in **calcio, fosforo, vitamina A e vitamine del gruppo B**. 100 g di formaggio (Parmigiano) corrispondono, in valore nutritivo, a 200 g di carne di vitello, 160 g di prosciutto e 300 g di pesce (trota).



Resa e contenuto di acqua di alcuni formaggi italiani

Tipo di formaggio	Resa (%)	% di acqua
Asiago	9-10	35
Parmigiano Reggiano	6-7	32
Gorgonzola	11-12	40
Taleggio	12,5	50
Mozzarella	12-13	> 50
Crescenza	14-16	> 50



Composizione media di alcuni formaggi

Tipo di formaggio	Grasso (%)	Proteine (%)	Sali (%)	Acqua (%)
Crescenza	23	17	4	56
Gorgonzola	30	24	6	40
Parmigiano Reggiano	27	35	6	32
Pecorino romano	30	27	10	32
Mascarpone	45	6	2	47



CLASSIFICAZIONE DEI FORMAGGI

I numerosi tipi di formaggio vengono classificati in base alla **consistenza della pasta** (**molli, semiduri, duri**), alla **temperatura di lavorazione** in fase di preparazione della cagliata (**crudi, semicotti, cotti**), al **contenuto di grasso** (**magri, semigrassi, grassi**) e al **tempo di stagionatura** (**freschi, semistagionati, stagionati**).



CLASSIFICAZIONE DEI FORMAGGI

Denom.	Struttura		Sottotipi	Stagionatura	Microflora		Esempi
	Crosta	Pasta			Pasta	Crosta	
"A" "Freschi"	ass.	molle	A ₁ Paste friabili o lisce	-	+	-	Quark Caprino "Cottage"
			A ₂ Paste a granuli	-	+	-	
			A ₃ Paste filate non stagionate	-	+	-	Mozzarella Casatella
			A ₄ Varie	-	+	-	
"B" "Molli senza crosta"	ass.	molle	B ₁ Paste presamiche		+	-	Crescenza
			B ₂ Sotto sale	10-20 gg	+	-	Feta
			B ₃ Occhiate	gg	+	-	Pannerone Asiago
"C" "Molli con crosta"	± (tenera sottile)	molle	C ₁ Crosta con microflora scarsa e ininfluyente			±	Caciotta Italo
			C ₂ Crosta fiorita bianca	20-60 gg	+	+	Camembert
			C ₃ Crosta fiorita pigmentata		+	+	St. Nectaire Taleggio Limbourg
			C ₄ Crosta con patina (Crosta lavata)		+	+	
"D" "Erborinati"	± (tenera sottile)	molle	D ₁ Paste erborinate	2-3 mesi	+	+	Gorgonzola Roquefort
"E" "Semiduri"	+ (dura sottile)	semi- dura elastica	E ₁ Paste dure pressate	2-6 mesi	+	-	St. Paulin Cheddar
			E ₂ Paste lavate		+	-	Fontal Edam
			E ₃ Paste semicotte		+	-	Fontina Montasio
"F" "Filati stagionati"	+ (dura)	semi- dura elastica	F Paste filate	2-9 mesi	+	+	Provolone Cacio- cavallo
"G" "Duri"	+ (dura/ molto dura)	dura fragile dura	G ₁ Pasta cruda		+	-	Fiore Sardo
			G ₂ Pasta cotta	6-24 mesi	+	-	Emmental Gruyère
			G ₃ Pasta cotta		+	-	Grana Pecorino
"H" "Freschi a pasta slegata"	ass.	molle	H ₁ Coagulaz. acida (fermentaz. lattica)	ass.	+	-	Quark, tipo mozzarella
			H ₂ Coag. ac. organici	ass.	-	-	Mascarpone
			H ₃ Coag. caglio vegetale	varia	+	±	Caciofiore
			H ₄ Coagulaz. al calore	ass.	-	-	Ricotta
"I" "Derivati"	ass.	molle	I ₁ Stabilizzati al calore	ass.	-	-	Nomi di fantasia
			I ₂ Paste fuse	ass.	+	-	Fusi
			I ₃ Grattugiati	ass.	-	-	Nomi di marca

Tabella 12.13 - Classificazione dei formaggi e derivati (da Ottogalli, 1991).



FORMAGGI DOC

La legislazione italiana, al fine di valorizzare la produzione nazionale, stabilisce la denominazione di **formaggio tipico per i prodotti ottenuti nel territorio italiano con particolari tecniche e con latte prodotto esclusivamente in Italia**, e di formaggio D.O.C. (a denominazione di origine controllata) la cui produzione avviene in zone del territorio nazionale ben delimitate (es. **Asiago, Grana Padano, Parmigiano Reggiano, Pecorino Romano**).



Grana Parmigiano-Reggiano

è il formaggio italiano più noto ed importante. è semigrasso, a pasta dura e cotta, a maturazione lenta. è fabbricato da latte della mungitura serale scremato per affioramento unito a quello della mattina.

La stagionatura dura circa 12-18 mesi; è utilizzato da tavola e da grattugia. Ha forma cilindrica a scalzo lievemente convesso; diametro da 35 a 45 cm, altezza da 18 a 24 cm, peso minimo kg 24, crosta spessa 5-6 mm. Pasta di colore paglierino più o meno intenso, aroma fragrante, sapore delicato saporito, ma non piccante; minutamente granulosa, con frattura a scaglia e occhiatura appena visibile.

Zona di produzione: il territorio dell'Emilia centrale, comprendente le province di Parma, Reggio Emilia, Modena e la parte della provincia di Bologna, situata alla sinistra del Reno; inoltre la parte meridionale della provincia di Mantova a destra del Po.



Grana Padano

è realizzato secondo una tecnologia analoga a quella del Parmigiano-Reggiano; altrettanto può dirsi delle caratteristiche esterne e delle dimensioni della forma.

Zona di produzione: Piemonte, Lombardia ad esclusione del territorio della provincia di Mantova situato alla destra del Po, la restante parte della Emilia non inclusa nella zona di produzione del Parmigiano-Reggiano, il Veneto, esclusa la provincia di Belluno, e la provincia di Trento.

In Italia viene prodotto un numero notevole di formaggi, alcuni dei quali noti ed apprezzati in tutto il territorio nazionale ed all'estero; altri invece sono legati a particolari zone di produzione.



principali formaggi italiani

Freschi: di pronto consumo (senza maturazione)

- Caciotte
- Mascarpone
- Formaggi cremosi



principali formaggi italiani

A pasta molle e a maturazione rapida (10-30 giorni)

- Robiole
- Stracchino
- Crescenza



principali formaggi italiani

A pasta molle e a maturazione media (1-6 mesi)

- Gorgonzola
- Taleggio
- Italico
- Caciofiore
- Pecorino toscano/**CANESTRATO PUGLIESE**



principali formaggi italiani

A pasta filata

- Mozzarella
- Mozzarella di bufala
- Provolone
- Caciocavallo
- Scamorza



principali formaggi italiani

A pasta dura: a maturazione media e a maturazione lunga (12-18 mesi)

- Fontina
- Asiago
- Montasio
- Grana Parmigiano Reggiano/Grana Padano
- Pecorino romano

