

# Formaggi di tipo Grana:

## Qualità del latte ed idoneità della caseificazione sui risultati produttivi

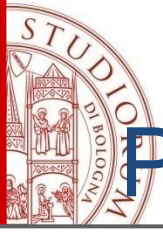
Sermide (MN), 7 giugno 2013

**Prof. Gian Battista Castagnetti**

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroalimentari  
(DISTAL)



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



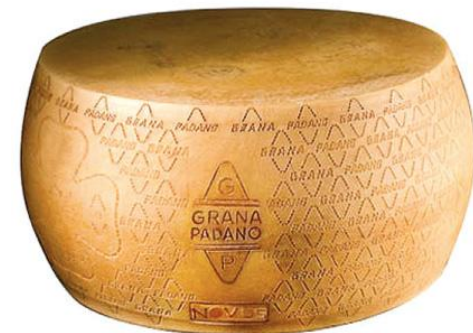
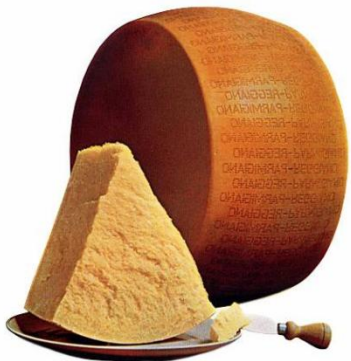
# Similitudini e differenze tra Parmigiano-Reggiano e Grana Padano

## Aspetti comuni

- Forma, dimensione peso
- Colore, aroma, struttura della pasta
- Grasso minimo sulla S.S. 32%
- Schema di base della tecnologia

## Aspetti differenti

- Territori ed ambiente di provenienza
- Struttura produttiva ed organizzativa di allevamenti e caseifici
- Regolamento e tecniche di produzione
- Modalità di tutela e riconoscimento
- Qualità???





# I numeri del formaggio Parmigiano-Reggiano e del Grana Padano (2011)

	<b>Parmigiano – Reggiano</b>	<b>Grana Padano</b>
Latte utilizzato (tonn)	2.073.404	2.484.250
N. Caseifici	383	150
Latte lavorato / caseificio	55.000	165.000
Litri di latte per 1 kg di formaggio	15,5	14,5
Litri per produrre una forma	600	570
Peso medio della forma Kg	38-39	35-36
Stagionatura minima (mesi)	12	9
Stagionatura media (mesi)	20-24	14-16
N.Forme prodotte	3.231.915	4.658.957

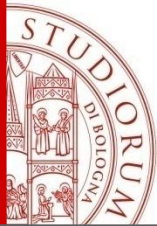
NB: del latte complessivamente utilizzato per la trasformazione in formaggi DOP. Circa il 46% è impiegato per Grana Padano e Parmigiano-Reggiano

Fonte: Assolatte, modificata

# Qualità casearia del latte

- Contenuti
- Acidità titolabile e pH
- Attitudine alla coagulazione presamica
- Profilo microbiologico
- Aspetto biologico
- Assenza di residui ad azione inibente





# Qualità: Contenuti

Aspetto  
quantitativo

Elevata presenza di proteine, caseine, grasso

Aspetto  
qualitativo

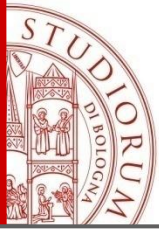
Indice di caseina elevato

Grasso e buona capacità di affioramento

Genotipi lattoproteici più idonei

Equilibri e rapporti tra le diverse frazioni minerali

Dimensioni e dispersione delle micelle



# Qualità: profilo microbiologico

---

Aspetto  
quantitativo

Carica microbica totale contenuta

---

Microflora lattica ben rappresentata

---

Aspetto  
qualitativo

Rapporto tra i diversi gruppi batterici

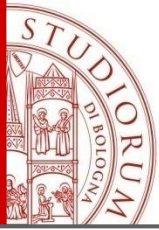
---

Attitudine fermentativa della microflora lattica

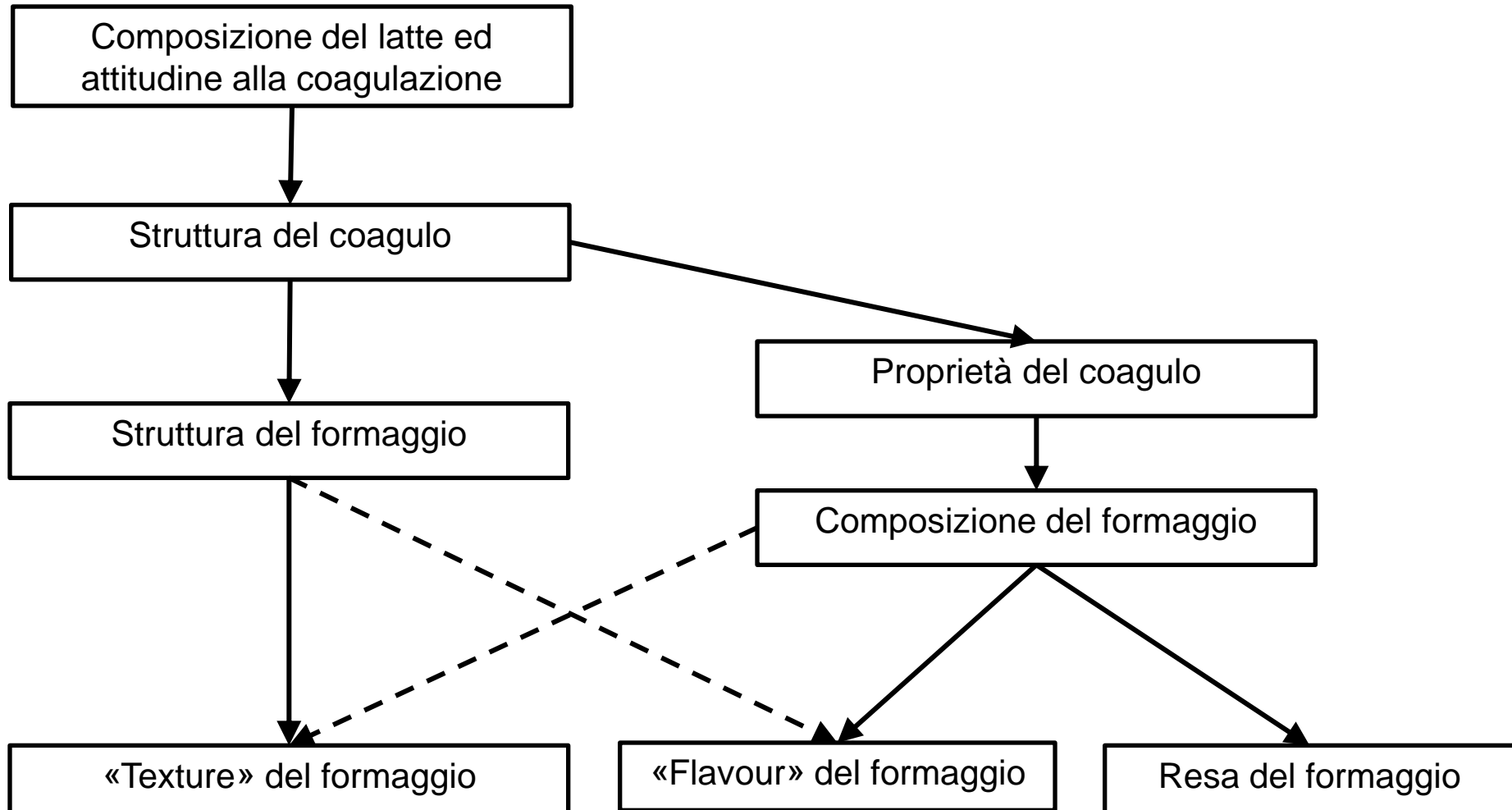
---

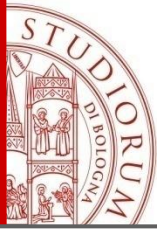
Limitata presenza di microrganismi gasogeni

---



# Influenza della composizione del latte su resa, proprietà e qualità del formaggio



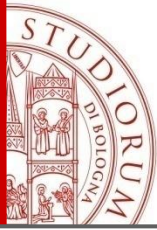


# Effetti positivi del maggiore contenuto proteico del latte

- Latte
  - Acidità ↑
  - Residuo magro ↑
  - A30 ↑
- Lavorazione
  - Tempo di coagulazione ↑
  - Rassodamento del coagulo ↑
  - Resistenza alla spinatura ↑
  - Perdite nel siero ↓
  - Sensibilità iniziale al calore ↓
  - Disidratazione – coesione ↑
  - Temperatura di cottura ↑





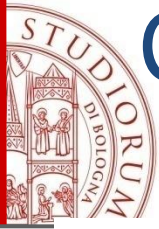


# Effetti positivi del maggiore contenuto proteico del latte

- Forma sul banco
  - Elasticità ↑
  - Consistenza ↑
  - Permeabilità ↑
- Formaggio
  - Resa ↑
  - Qualità ↑

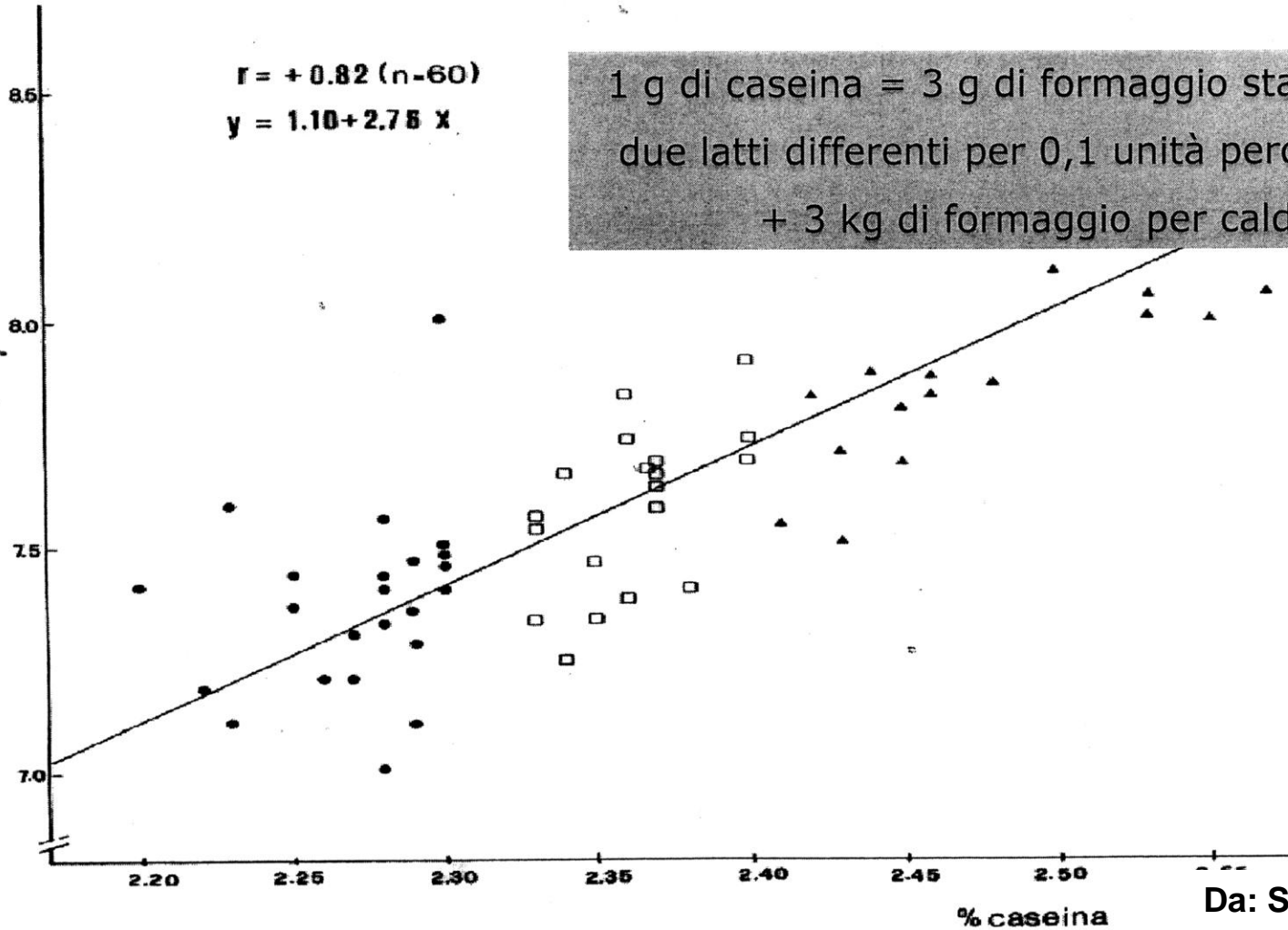


Da Mora, 1985)

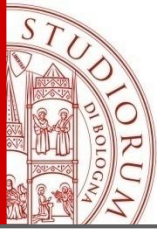


# Contenuto di caseina e resa a 24 h in Parmigiano - Reggiano

resa 24 h



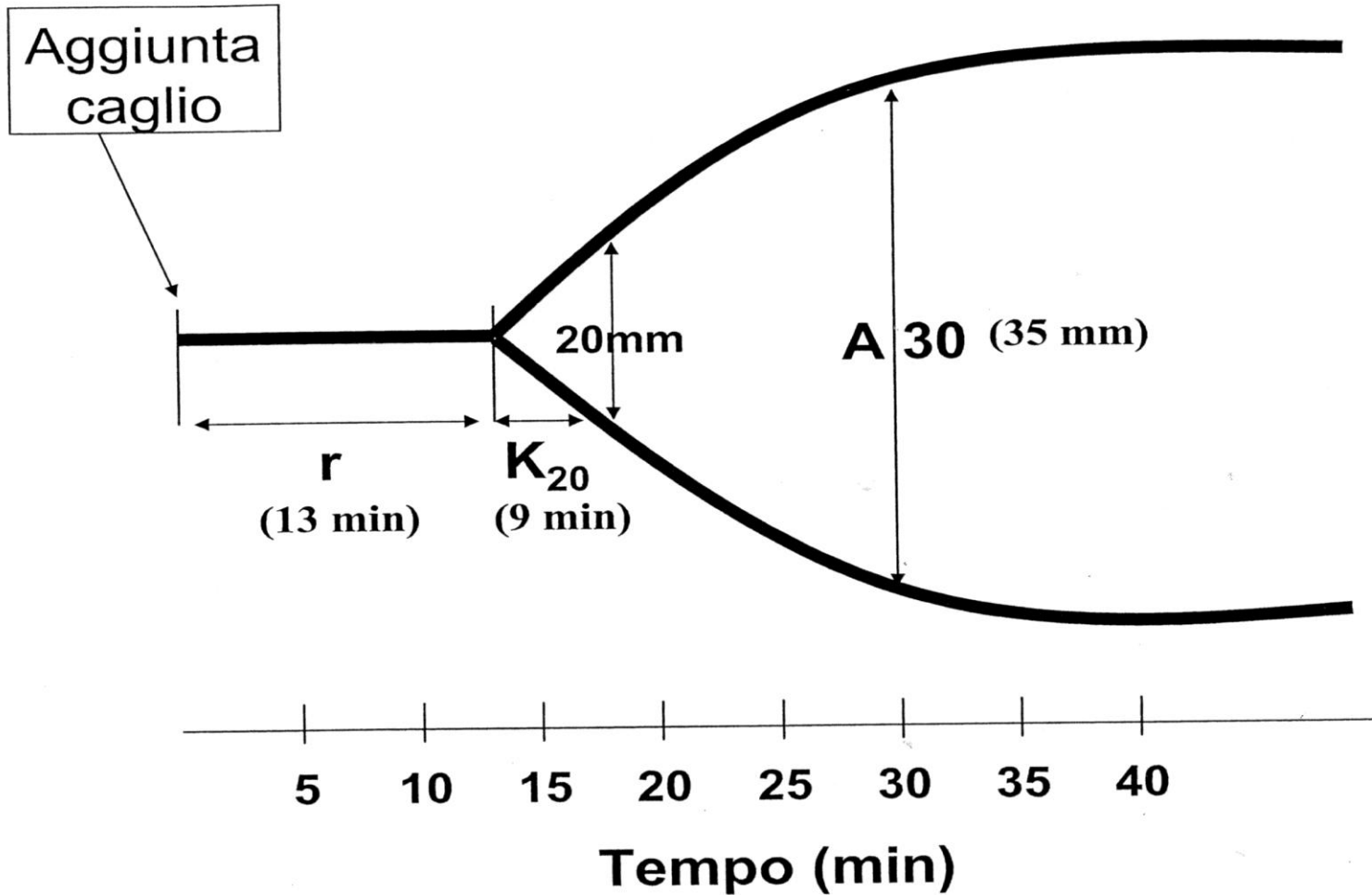
Da: Summer et al., 2008

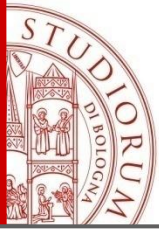


# Attitudine alla coagulazione presamica

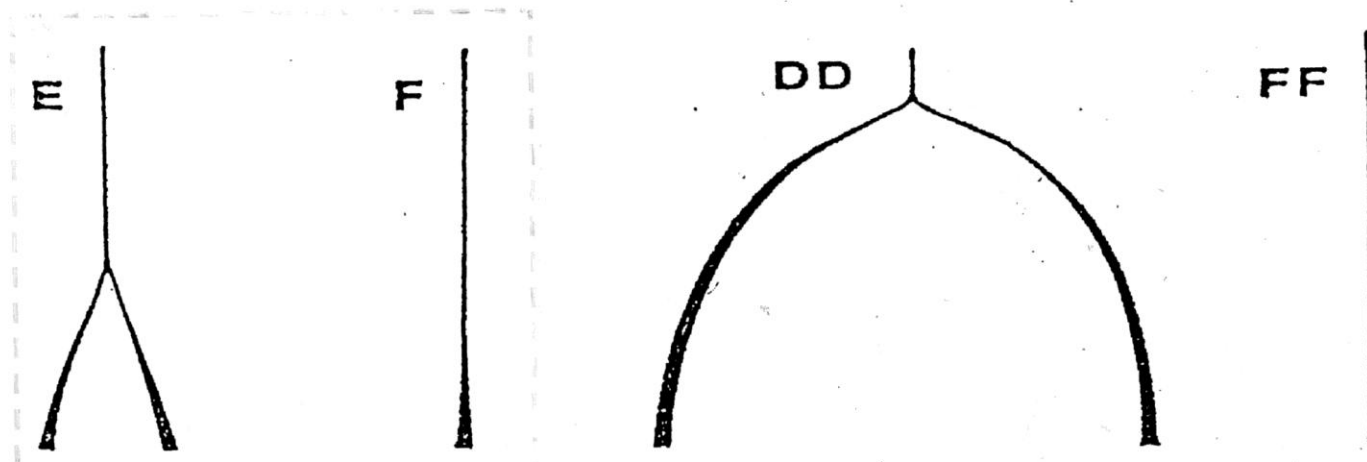
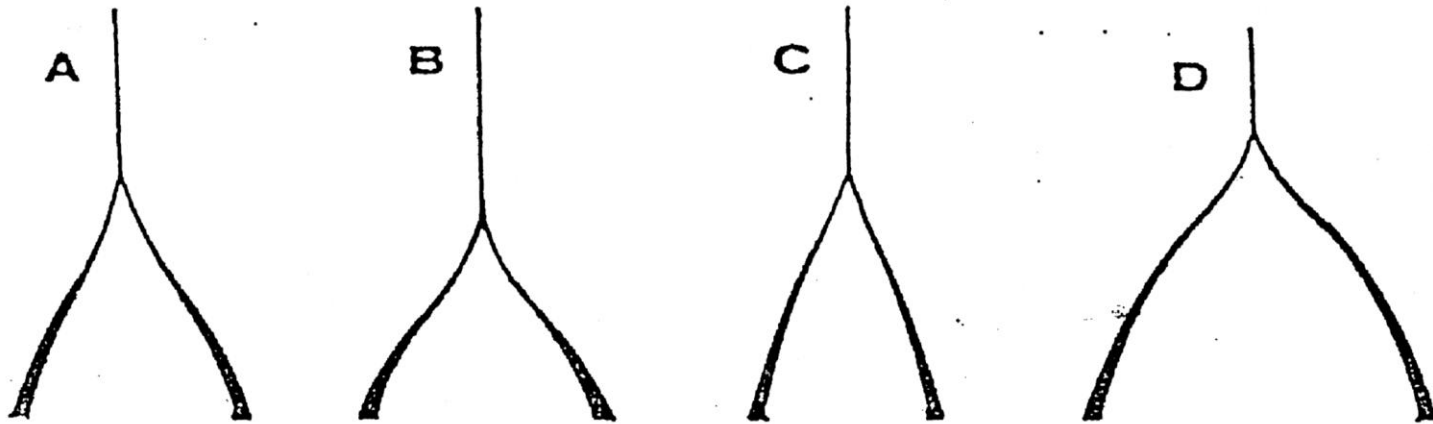
- Requisito basilare per la tecnologia casearia
- Risulta legata a:
  - Caratteristiche originali del latte  
(caseina e rapporti tra le frazioni caseiniche, calcio colloidale e ionico, dimensione micelle, natura delle varianti genetiche, pH, acidità, ecc...)
  - Trattamenti subiti dal latte
    - Refrigerazione (durata e temperatura)
    - Trattamenti termici (termizzazione, pastorizzazione)
- Il metodo più impiegato di valutazione è l'esame lattodinamografico (LDG) effettuato con il Formagraph

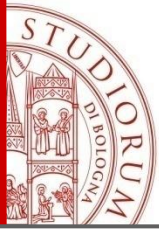
# Parametri lattodinamografici





# Tipi lattodinamografici



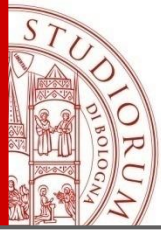


# Evoluzione tendenziale della qualità casearia del latte destinato alla trasformazione a formaggi grana

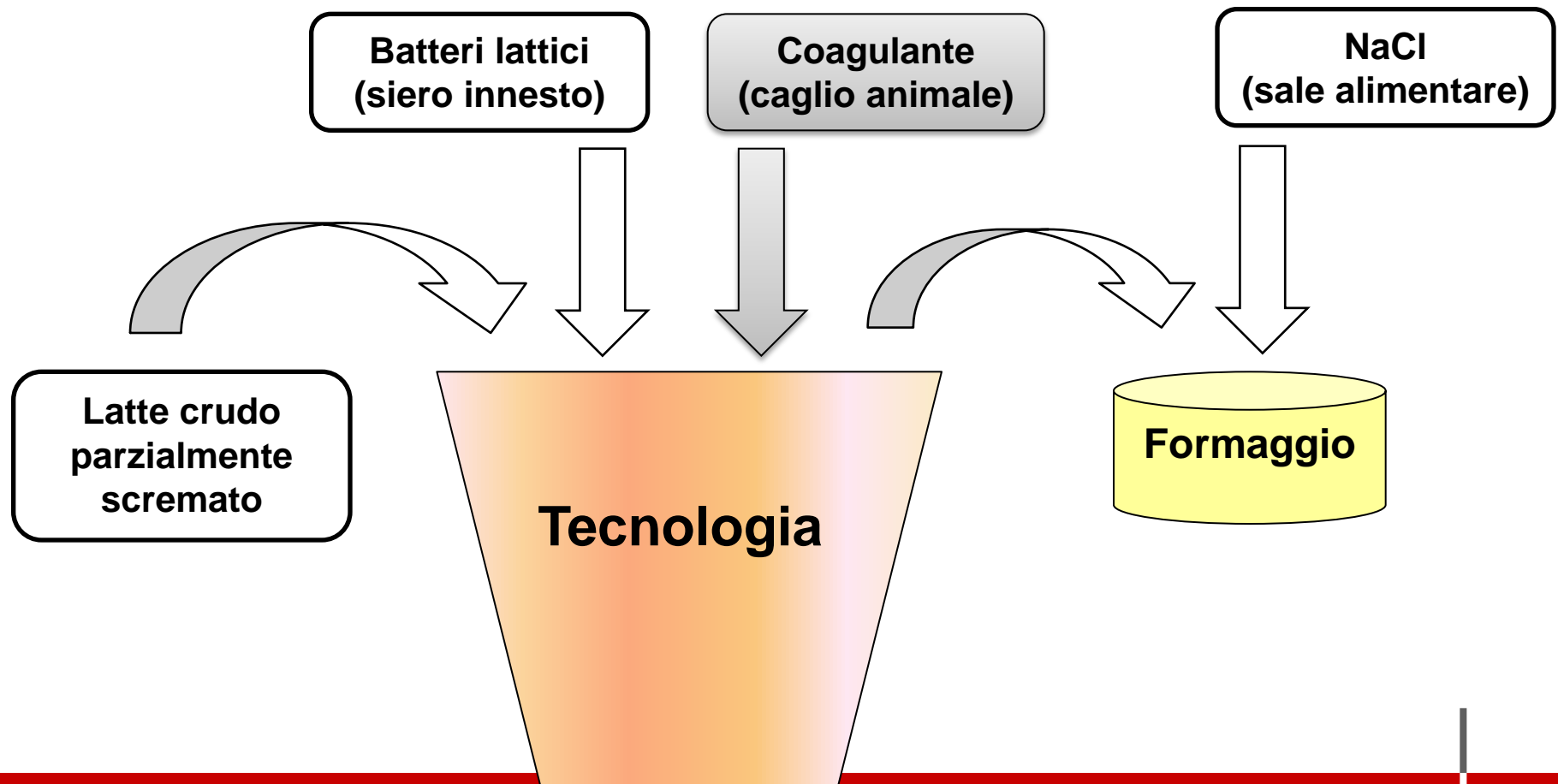
Periodo	Acidità (SH/50 ml)	Grasso	Caseina	LDG (tipo A+B%)	Leucociti/ mL x 1.000
Anni '50-'60	3,50	3,60	2,60	-	-
Anni '70 – '80	3,35	3,70	2,45	65	273
Anni '90 – 2000	3,20	3,50	2,38	60	290
Ultimi dieci anni	↗	↘	↗	↗	↗

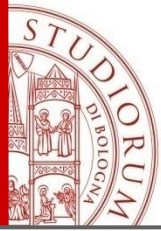
Fattori implicati:

- Genetici
- Fisiologici
- Tecnologici
- Alimentari
- Sanitari

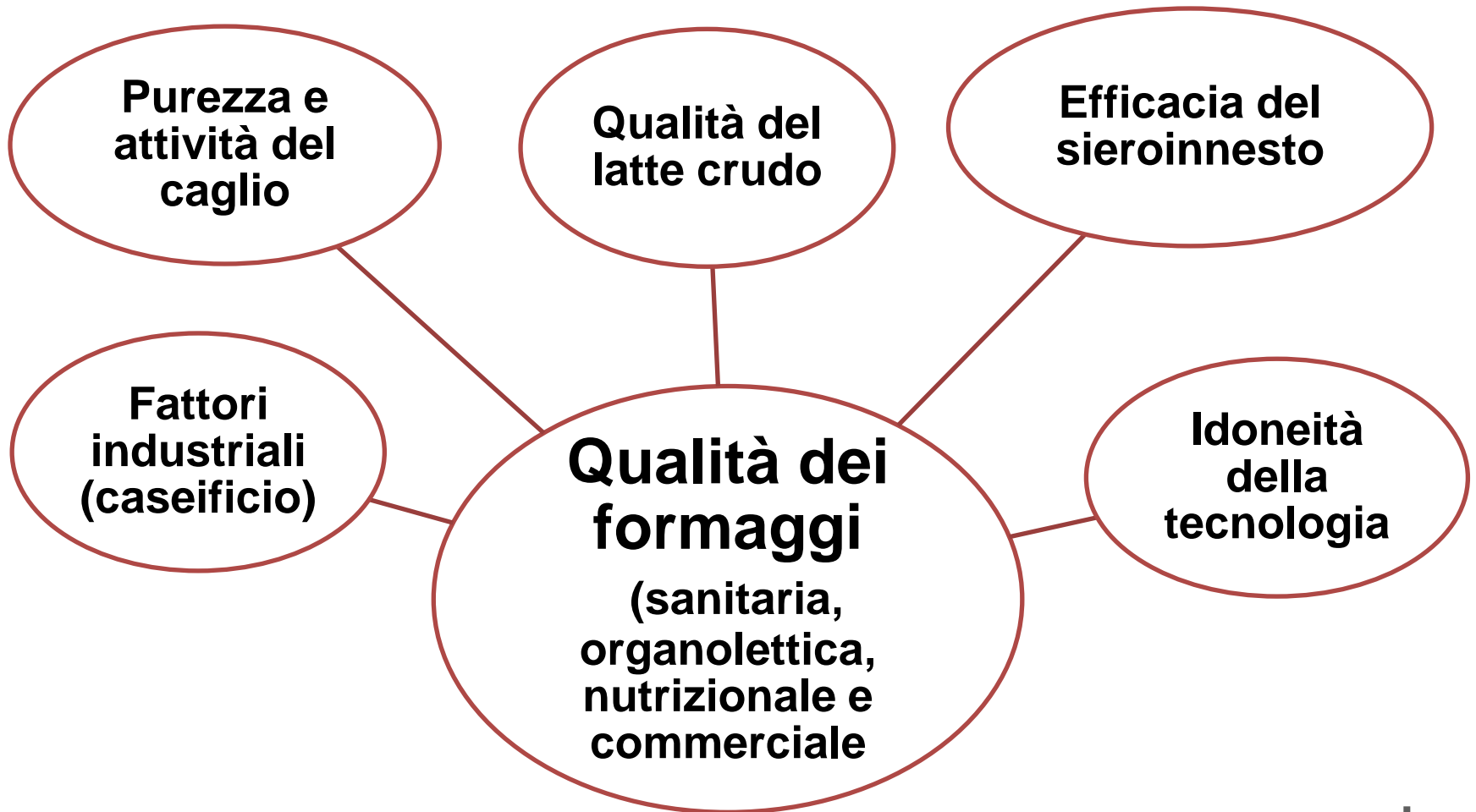


# Ingredienti per la produzione di formaggi grana

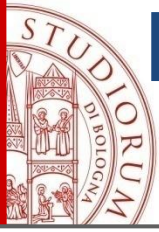




# Condizioni per la produzione di formaggi di qualità

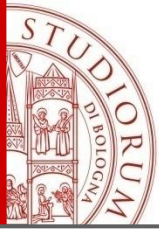






# Fasi essenziali nella fabbricazione del formaggio

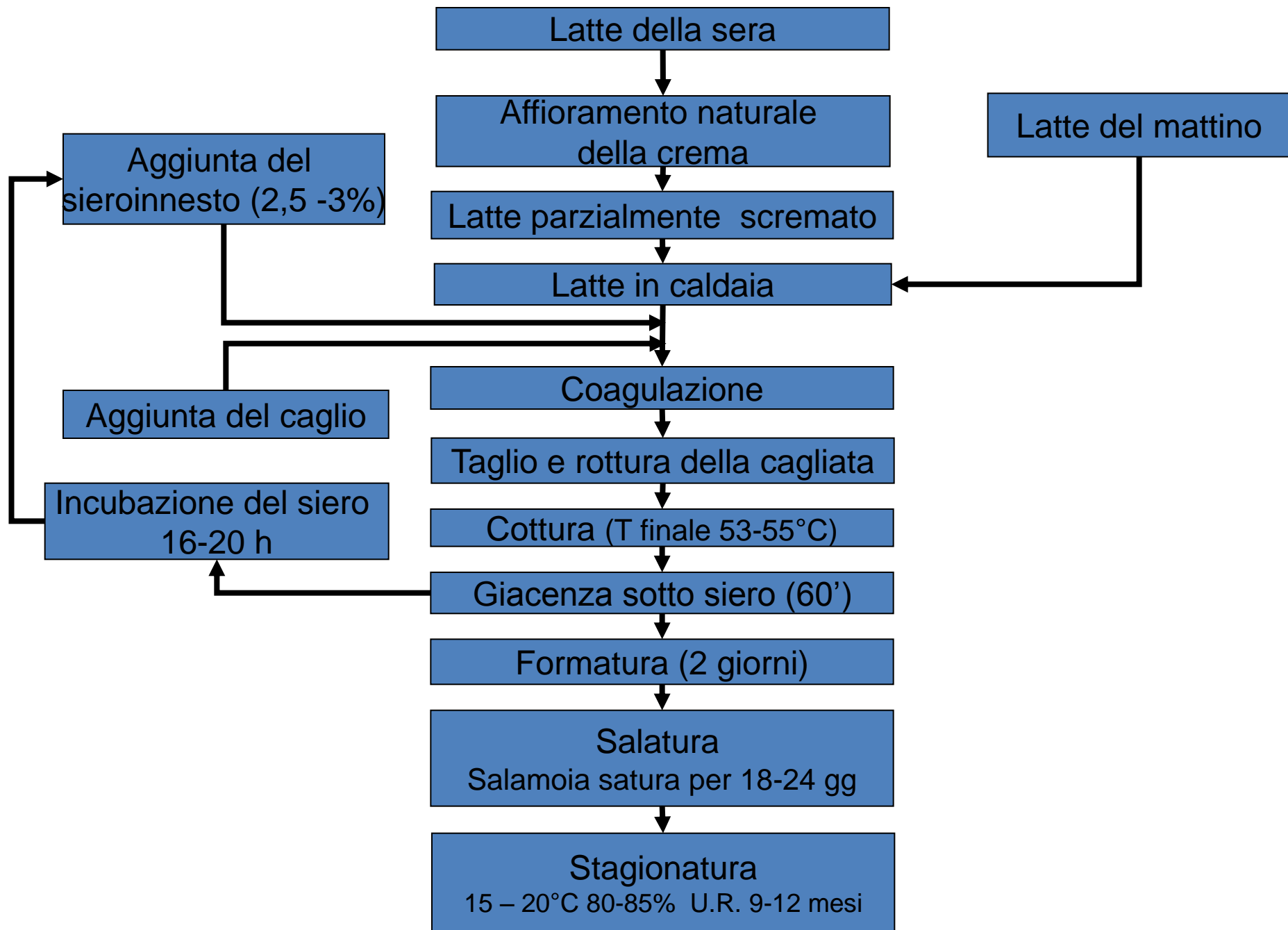
- a) Formazione di un gel di caseina :→ è la **coagulazione** del latte;
  - b) Disidratazione parziale ( acqua ma anche sostanze solubili del latte: lattosio, sali minerali, proteine solubili ) di questo gel: →è lo **spurgo** della cagliata;
  - c) Maturazione enzimatica del gel disidratato :→ la **stagionatura** o **maturazione** della cagliata dovuta in primis a particolari microrganismi e che avviene in condizioni controllate.
- \*Nel caso di un formaggio fresco la fabbricazione termina dopo lo spurgo
  - \* Coagulazione e spurgo costituiscono due operazioni complementari finalizzate alla destabilizzazione ed alla separazione di alcuni componenti del latte che saranno il substrato della attività enzimatica

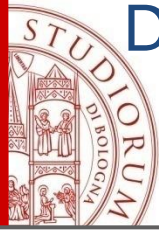


# Il ciclo produttivo del formaggio

- Fasi:
  1. Preparazione del latte
  2. Aggiunta di colture naturali o «starter»
  3. Coagulazione
  4. Rottura della cagliata
  5. Cottura
  6. Estrazione della cagliata
  7. Messa in forma
  8. Salagione
  9. Maturazione

# Schema di caseificazione del formaggio Parmigiano-Reggiano



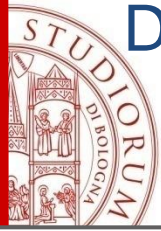


# Differenze nelle impostazioni della lavorazione: raffronto tra Grana Padano e Parmigiano Reggiano 1/2

(da Castagnetti, 2000)

Parametro	U.M.	Grana Padano	Parmigiano-Reggiano	P (1)
Latte in caldaia	Kg	966	1076	N.S.
	°SH	3,38	3,18	***
	pH	6,70	6,69	N.S.
	Rapp. G/C	0,93	1,05	***
Siero innesto	°SH	31,56	29,77	***
	pH	3,25	3,25	N.S.
	Kg / 100 kg	3,44	3,27	***
Miscela	°SH	4,34	4,09	***
	pH	6,42	6,37	***
T coagulazione	°R	26,28	26,97	***
Caglio	g/ 100 kg	4,86	2,41	***

(1): \*\*\*\* =  $p < 0,001$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \* =  $p < 0,05$ ; N.S.: nessuna differenza

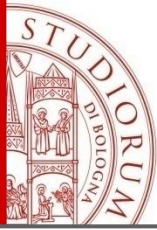


# Differenze nelle impostazioni della lavorazione: raffronto tra Grana Padano e Parmigiano Reggiano 2/2

(da Castagnetti, 2000)

Parametro	U.M.	Grana Padano	Parmigiano-Reggiano	P (1)
Tempo di coagulazione	Min	7,35	11,36	***
Durata spinatura	Min	3,19	2,99	**
T° fine spinatura	°R	28,70	28,05	*
Durata lavorazione	Min	17,55	23,43	***
T° cottura	°R	44,58	44,80	**
Siero cotto	% grasso	0,40	0,40	N.S.
Indice di slattamento	%	16,30	15,96	N.S.
Siero cotto	°SH	2,78	2,76	N.S.,
Giacenza	Min	64,92	62,0+	N.S.

(1): \*\*\*\* =  $p < 0,001$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \* =  $p < 0,05$ ; N.S.: nessuna differenza



# Innovazioni più significative nella produzione dei formaggi tipo grana

- Raffreddamento del latte alla stalla
- Raccolta unica del latte (\*)
- Abbandono della formalina, uso del lisozima (\*)
- Nuove modalità di affioramento del latte (\*)
- Velocizzazione della lavorazione in caldaia
- Nuove modalità per l'ottenimento del siero-innesto
- Meccanizzazione/automazione di alcune fasi del ciclo di lavorazione
- Nuove modalità di salatura
- Condizionamento termo-igrometrico di alcuni locali del caseificio

(\*) solo per Grana Padano



# Sosta o maturazione del latte

---

- Scrematura parziale per affioramento «naturale» del latte di una o di ambedue le mungiture insieme.
- Il latte viene posto in vasche inox rettangolari o circolari (a cielo aperto) o in torri (chiuse) alla temperatura di 10-20° C per 8-12 ore
- **SCOPI:**
  - Realizzare un corretto rapporto grasso/caseina nel latte di caldaia
  - Debatterizzazione
  - Desporificazione
  - Favorire un corretto sviluppo di microrganismi lattici utili
  - Regolarizzazione / miglioramento dell'attitudine tecnologica per effetti positivi su acidificazione, coagulazione, sineresi

# Sistemi per la maturazione

## Affioratore per Grana Padano

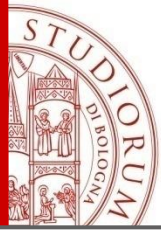


## Affioratore adattato al Parmigiano - Reggiano

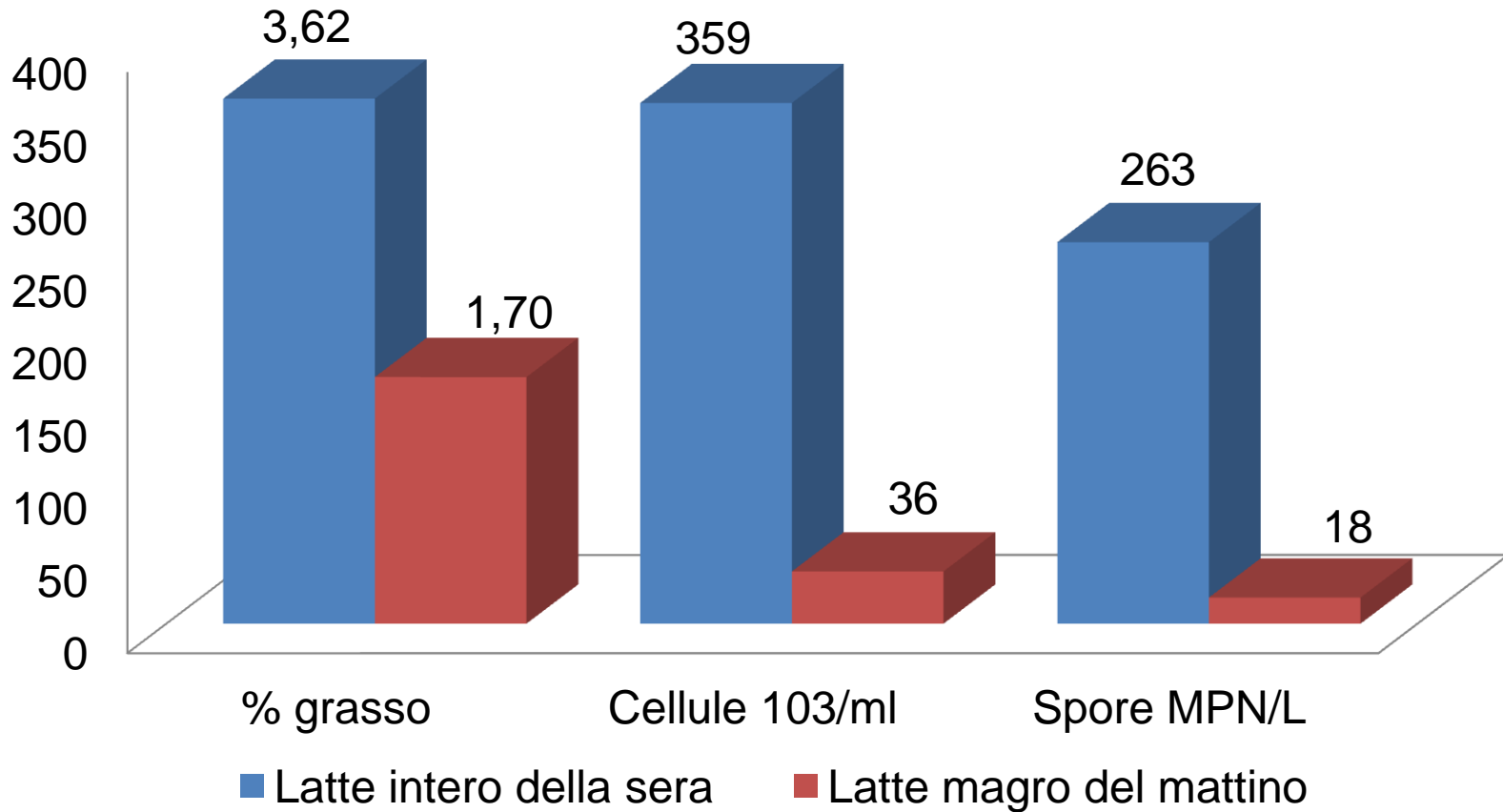


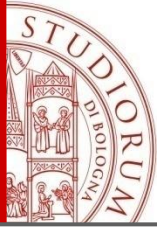
<http://www.progemaeng.com>





# Contenuto in grasso, cellule somatiche e spore di clostridi butirrici nel latte della sera e nel latte magro del mattino





# Siero innesto

## Funzioni

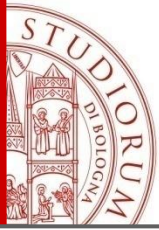
- Acidificazione del latte per favorire la coagulazione presamica
- Apporto di microflora lattica
- Acidificazione della cagliata
- Riduzione dei difetti causati da fermentazioni anomale
- Influenza sui caratteri organolettici

## Vantaggi dell'impiego

- Semplicità d'uso e bassi costi
- Tradizione
- Complessità e variabilità microbiologica
- Resistenza all'attacca fagico

## Principali inconvenienti




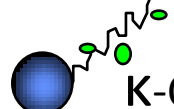
- Composizione complessa
- Fluttuazioni delle performances

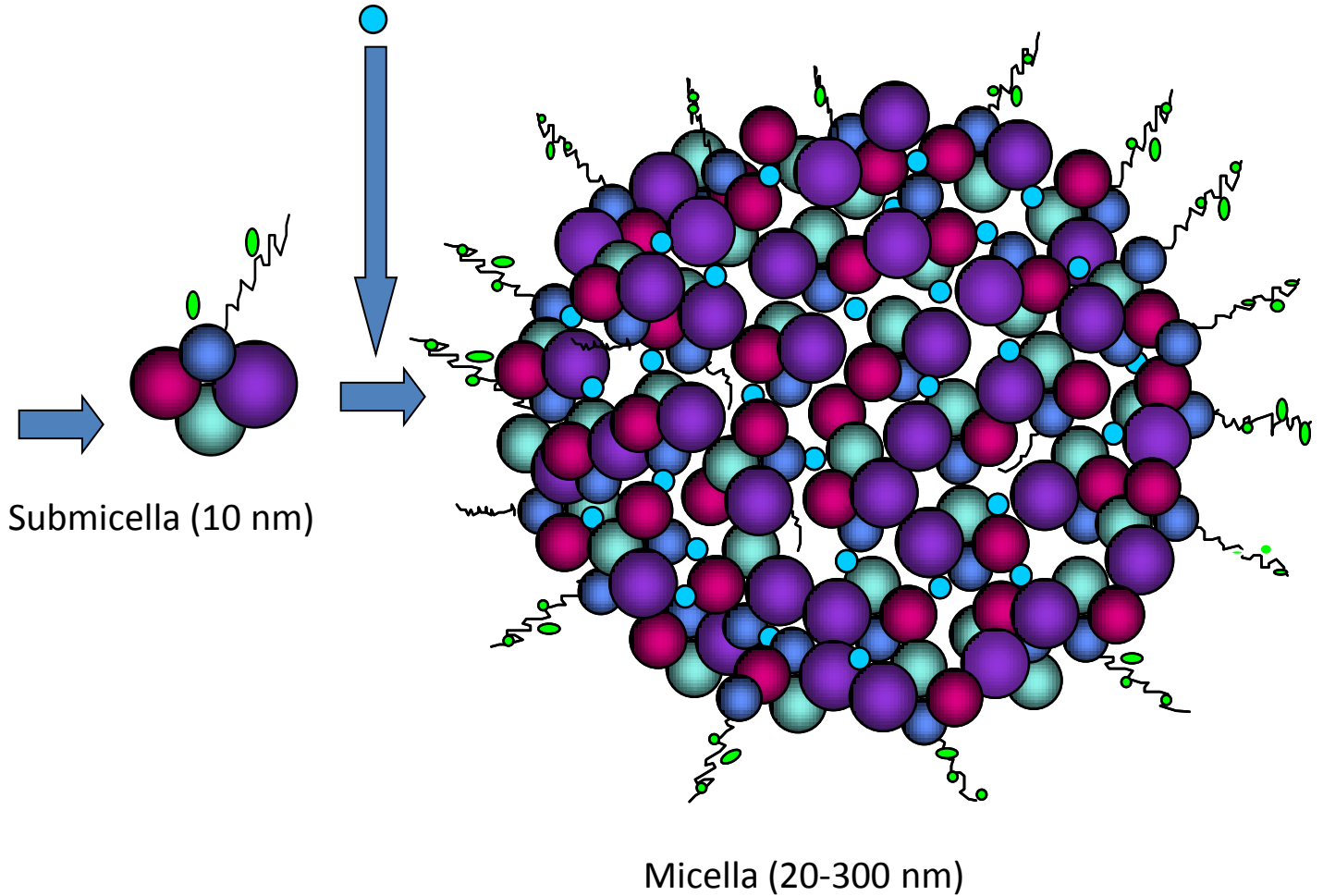


# La coagulazione del latte

- Fase centrale della tecnologia che permette di ottenere una cagliata idonea al formaggio che si intende ottenere
- Azione dell'enzima chimasi che agisce sul legame 105-106 della K-caseina, eliminando il caseinomacropetide (solubile) e destabilizzando le micelle che si aggregano tra di loro in un gel insolubile (paracaseina K)

Fosfato di calcio colloidale  $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$

-   $\alpha_{s1}$ -Cn
-   $\alpha_{s2}$ -Cn
-   $\beta$ -Cn
-  K-Cn



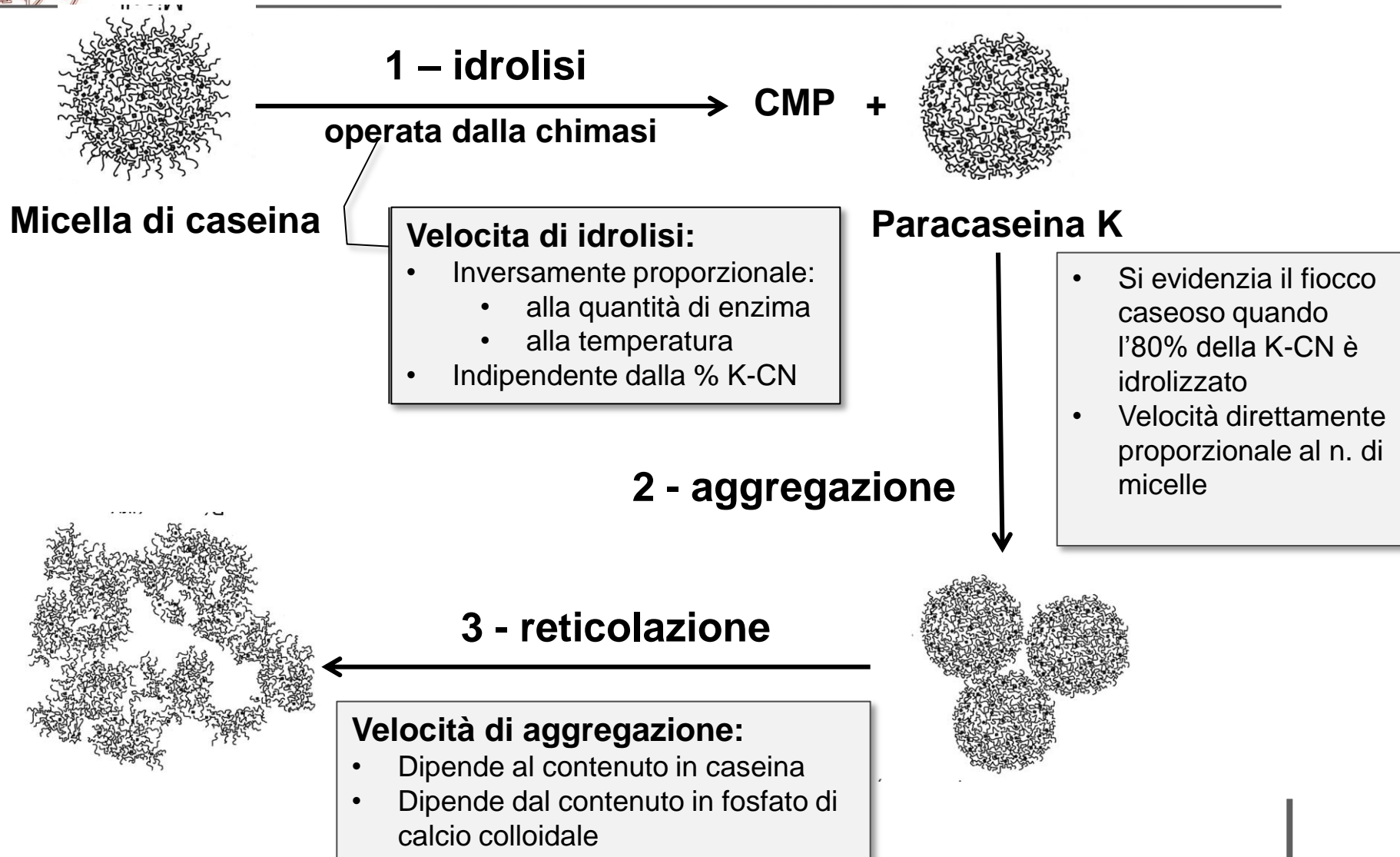
(from Martin, 1999)

Assemblea Generale Qualità del latte: opportunità  
per il territorio parmense - Parma – 3 Marzo 2008



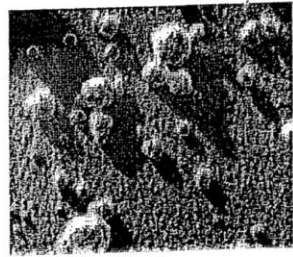
# Modificazione della struttura micellare

(da Croguennec T. e coll., 2008)





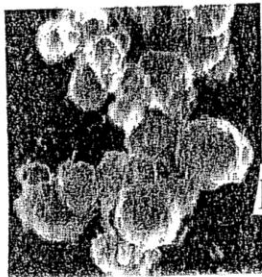
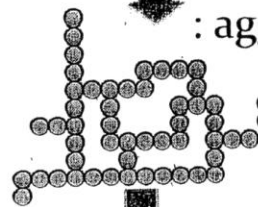
# Le fasi della coagulazione enzimatica e loro corrispondenza con il LDG



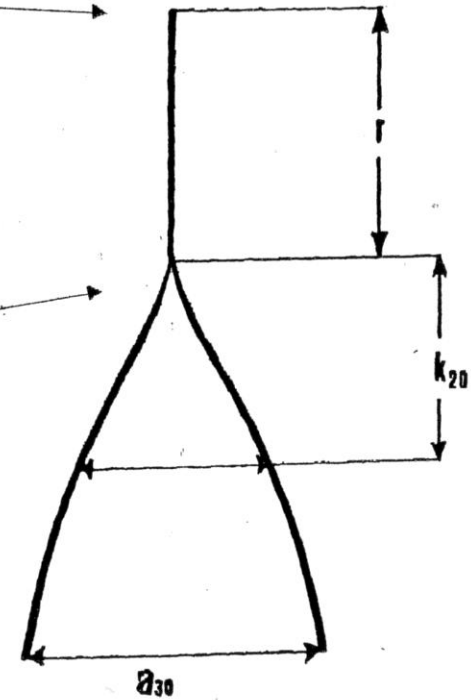
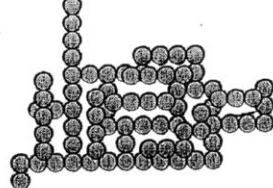
Fase I : enzimatica

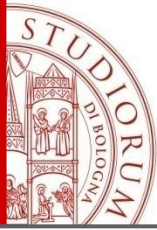


Fase II :  $\text{Ca}^{2+}$  aggregazione delle micelle



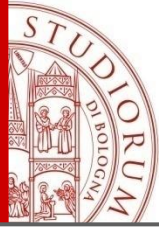
Fase III : reticolazione delle micelle





# Controllo e regolazione dei parametri di coagulazione in caldaia

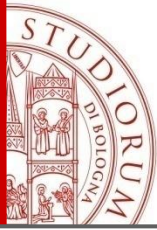
- La gestione corretta delle diverse fasi è garantita da:
  - Temperatura di coagulazione
  - Rapporto di lavorazione non eccessivo in grasso
  - Concentrazione dell'enzima
  - Corretta modalità di spinatura
  - Dosaggio del siero innesto e controllo del livello di acidificazione
  - Controllo della curva termica e T° finale di cottura
- Obiettivi ricercati:
  - Cagliata a carattere presamico
  - Grado di mineralizzazione forte del coagulo



# Spurgo del coagulo presamico

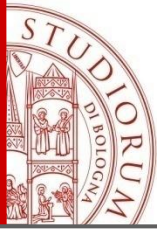
- Separazione della fase solida (coagulo) dalla fase liquida (siero)
- Influenza la tipologia di formaggio in base all'umidità residua
- È influenzata dalla qualità e composizione del latte
- Fasi:
  - Prima fase di eliminazione per porosità (fenomeno passivo)
  - Seconda fase: **sineresi** → contrazione della cagliata (fenomeno attivo)





# Fattori che influenzano la sineresi

- **Temperatura:**
  - aumento della velocità e della capacità di contrazione
- **Acidificazione**
  - normale e progressiva: spurgo ottimale
  - rapida: sineresi prolungata → spurgo insufficiente → formaggio acido
  - ridotta: sineresi lenta → spurgo insufficiente
- **Rottura del coagulo (spinatura)**
  - Aumento della superficie di essudazione
- **Agitazione della cagliata**
  - Completa l'azione della spinatura ed impedisce la riaggregazione dei granuli
- **Pressione della cagliata**
  - Elimina le ultime aliquote di siero



# Altri fattori che influenzano la sineresi

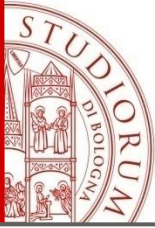
---

- Contenuto in grasso
- Contenuto in caseine
- Concentrazione in  $\text{Ca}^{++}$
- Latte mastitico
- Enzimi psicrotrofici e plasmina
- Dose di caglio
- pH finale della cagliata dopo 18-24 h
- Cagliata ad intonazione «presamica»
- Termizzazione / pastorizzazione del latte
- Omogeinizzazione del latte

# La spinatura: significato

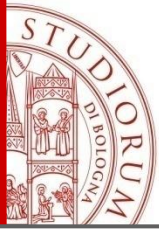
- Viene eseguito nel momento in cui il coagulo ha una certa consistenza
- Effettuata manualmente o meccanicamente
- Rottura fino a dimensione voluta (grano di frumento, di mais)
- Favorisce l'eliminazione del siero
- Agisce in sinergia con l'azione di acidificazione dovuta all'opera dei fermenti e con l'aumento della temperatura





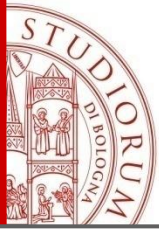
# La spinatura: rapporto con la consistenza del coagulo

- Spinatura tardiva: cagliata troppo dura:
  - Riduzione della quota di sineresi → maggiore umidità
  - Aumenta di particelle (fini) → diminuzione della resa ed aumento del grasso nel siero
  - Occorre spinare più velocemente per avere la medesima dimensione dei granuli
  - Asciugatura dei granuli con formazione di pellicola esterna («*coiffage*»)
  - Accelerazione della lavorazione con problemi di controllo
  - Pasta dura, granulosa («corta»)
- Spinatura anticipata:
  - Riduzione della quota di sineresi → aumenta l'acidità del coagulo
  - Aumento delle perdite di grasso nel siero
  - Condiziona la cinetica della curva termica



# Spinatura: rapporto con la velocità di riscaldamento

- La velocità di riscaldamento deve tener conto di:
  - Struttura del coagulo (duro o tenero)
  - Dimensioni dei granuli
  - Maturazione del latte
  - Qualità microbiologica
- Aumento rapido della curva termica:
  - Cagliata dura: riscaldamento rapido per evitare la formazione di «pelle»
  - Cagliata tenera: favorisce la formazione della «pelle»
- Velocità di riscaldamento lenta:
  - Spurgo incompleto, formazione di «pelle»



# Fattori che influenzano il rendimento dei formaggi

---

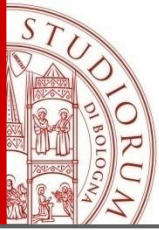
1. Refrigerazione del latte
2. Trattamenti termici del latte
3. Maturazione del latte ed aggiunta di  $\text{CaCl}_2$
4. Contenuto in sostanze proteiche
5. Contenuto in grasso
6. Controllo dei fattori tecnologici
7. Estratto secco del formaggio
8. Perdite nel corso della stagionatura



# Dalle anomalie ai difetti del formaggio

---

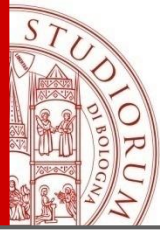
- Le anomalie sono i primi segnali in lavorazione, già riscontrabili da un operatore esperto
- Predispongono all'insorgenza dei difetti veri e propri
  - Difficoltà di affioramento
  - Difficoltà di acidificazione
  - Problemi di coagulazione
  - Siero torbido
  - Spurgo insufficiente
  - Cagliata fiacca
  - Formazione di polvere, fontanelle



# Difetti dei formaggi

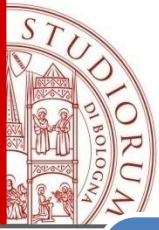
- Precoci / tardivi
- Localizzati / diffusi
- Di crosta, di struttura, della pasta
- Di sapore, odore, colore della pasta
  
- Sono da collegare a:
  - Alla qualità della materia prima
  - Alla tecnologia di caseificazione





# Difetti o malattie dei formaggi

- Le cause principali:
  - a) Materia prima non idonea:
    - latte con carica microbica eccessiva e/o anticasearia
    - latte mastitico
    - latte con residui di sostanze ad azione inibente
    - latte a ridotto contenuto in caseina
    - latte a scarsa attitudine alla fermentazione lattica
    - latte a ridotta attitudine alla coagulazione
  - b) errori tecnologici
    - impiego di sieroinnesto o starter non idonei
    - impiego di coagulanti di cattiva qualità
    - tecnologia non appropriata al latte in lavorazione
    - salatura non corretta
    - stagionatura in condizioni o locali non idonei



# Difetti più ricorrenti nel formaggio grana

## Difetti di struttura di origine fermentativa

- Lattobacilli eterofermentanti
- Batteri propionici
- Clostridi butirrici

## Difetti di struttura di natura tecnologica

- Eccesso di grasso
- Lavorazioni non appropriate
- Innesti non efficaci

## Difetti di colorazione

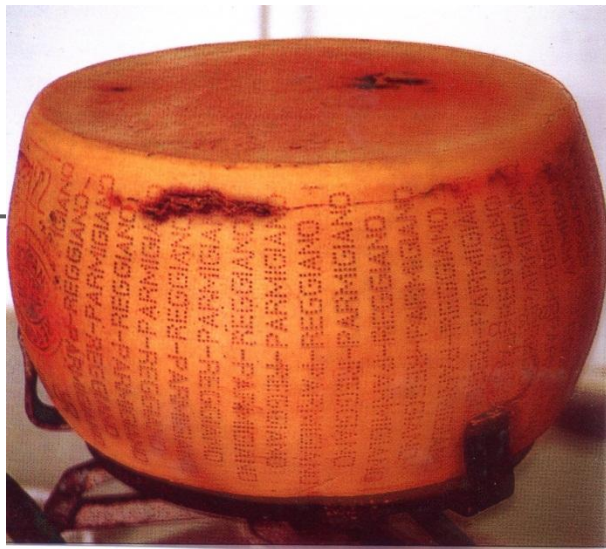
- Eccessiva umidità della pasta (ossidazione)
- Parziale imbrunimento degli zuccheri residui
- Microrganismi cromogeni

## Difetti di crosta

- Carenze della materia prima latte
- Insufficiente maturazione del latte
- Errori tecnologici di lavorazione

## Difetti di lenta maturazione

- Insufficiente attività enzimatica
- Eccesso di grasso



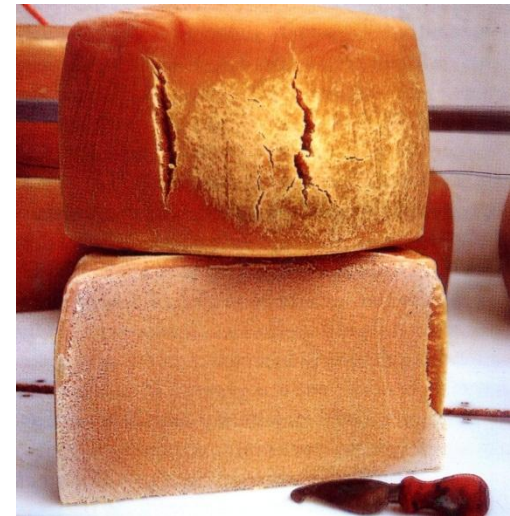
**Difetto di crosta con  
vegetazione di muffe**



**Spaccature e sviluppo di  
marciume**



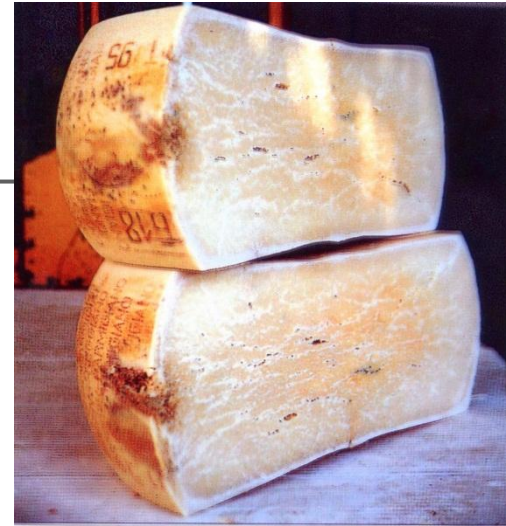
**Distacco del piatto**



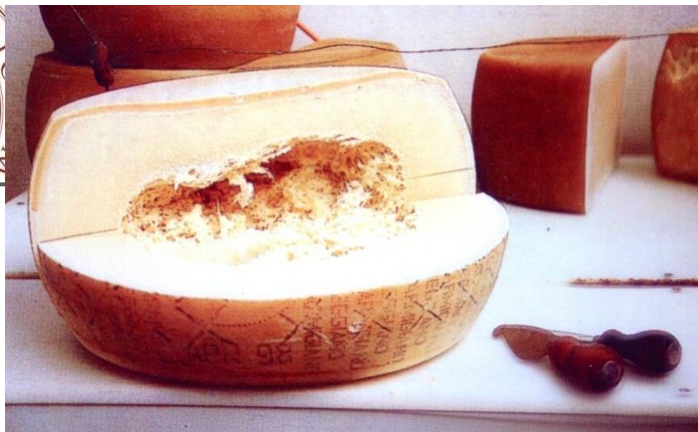
**Slegature della crosta**



**Colorazione anormale della crosta**



**Grave difetto di struttura della pasta**



**Gonfiore precoce da  
*Clostridium butyricum***



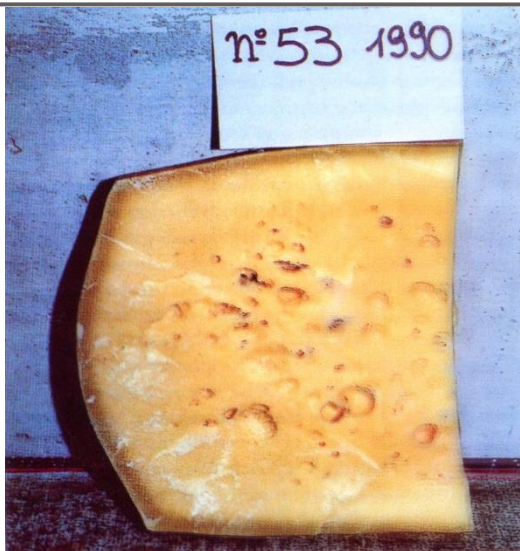
**Gonfiore precoce butirrico complicato  
da *Clostridium sporogenes***



**Gonfiore tardivo da  
butirrici e propionici**



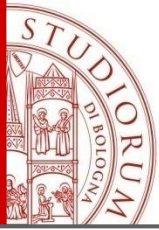
**Gonfiore tardivo da  
propionici**



**Gonfiore tardivo da  
*Clostridium tyrobutyricum***



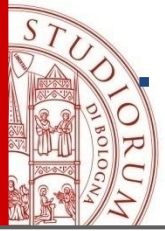
**Gonfiore tardivo centrale da  
*Clostridium tyrobutyricum*  
associato a distacco del piatto**



# Conclusioni

---

- Come da tempo immemorabile si afferma a livello pratico, per ottenere un buon formaggio occorrono:
  - Un buon latte
  - Dei buoni fermenti
  - Una idonea caseificazione
  - e.....



# ...LA PROTEZIONE DI SAN LUCIO!!

