

FRAZIONI PROTEICHE, CARATTERISTICHE DI COAGULAZIONE PRESAMICA E RESA IN FORMAGGIO PARMIGIANO-REGGIANO DEL LATTE DELLE VACCHE DI RAZZA BRUNA ITALIANA

Dr. Andra Summer¹, Dr. Mauro Pecorari², Dr. Enrico Fossa³, Dr. Massimo Malacarne¹,
Dr. Paolo Formaggioni¹, Dr. Piero Franceschi¹, Dr. Primo Mariani¹

¹Università degli Studi di Parma

²Consorzio del Formaggio Parmigiano-Reggiano, Reggio Emilia

³Centro Lattiero Caseario, Parma, Italia

(Relazione tenuta in occasione della 7ª Conferenza Mondiale Allevatori Razza Bruna)

INTRODUZIONE

La qualità del latte, sotto il profilo tecnologico-caseario, è intesa come la capacità di dare un buon formaggio, con un rendimento più che ottimale. Essa assume un significato diverso a seconda del tipo di trasformazione, con riferimento alle condizioni di formazione della cagliata, al grado di acidificazione della massa caseosa e ai tempi di maturazione del formaggio. Nella produzione del Parmigiano-Reggiano (Battistotti e Corradini, 1993) – formaggio a pasta cotta, dura, a lungo periodo di maturazione, il cui processo di caseificazione consiste essenzialmente nella formazione e nella disidratazione di una cagliata lattico-presamica – il requisito basilare è rappresentato dall'attitudine del latte alla coagulazione intesa in senso lato, come tempo di coagulazione, velocità di formazione, nonché consistenza, elasticità, permeabilità e contrattilità del coagulo e, di conseguenza, velocità e capacità di sineresi dello stesso; questa ultima, condizione fondamentale al fine di ottenere un adeguato ed uniforme spurgo della massa caseosa (Mariani e Pecorari, 1987). I contenuti di caseina e di grasso sono determinanti per la resa casearia.

Obiettivo della ricerca è stato quello di studiare la composizione chimica di base, la ripartizione delle principali frazioni proteiche, le proprietà di coagulazione presamica e la resa in formaggio Parmigiano-Reggiano del latte prodotto presso allevamenti di vacche di razza Bruna Italiana.

MATERIALI E METODI

Sono state effettuate 13 prove di caseificazione presso 10 differenti caseifici delle provincie di Parma e Reggio Emilia produttori di formaggio Parmigiano-Reggiano. Ciascuna prova ha interessato la lavorazione parallela di circa 1100 kg latte di vacche di razza Bruna Italiana e altrettanti di vacche di razza Frisona Italiana. Ogni caldaia conteneva latte ottenuto miscelando le produzioni della mungitura della sera (latte parzialmente scremato per affioramento naturale) e quelle della mungitura del mattino (latte intero) di almeno 3 allevamenti. Per ogni prova sono stati utilizzati latti aventi le caratteristiche idonee per le specifiche esigenze del confronto sperimentale, tenendo conto della dimensione e del numero degli allevamenti, dello stato fisiologico delle vacche, nonché del cosiddetto "effetto" stalla (tipologia di allevamento, condizioni alimentari...). I dati analitici illustrati in questa ricerca riguardano il latte prelevato in caldaia prima dell'aggiunta del siero innesto. Sui campioni di latte sono state effettuate le seguenti analisi: pH e acidità

titolabile, rispettivamente, mediante potenziometro e per titolazione con NaOH 0,25N secondo Soxhlet-Henkel (Anon., 1963) ; grasso e lattosio con Milko-Scan 134 A/B; azoto totale (TN), azoto non caseinico (NCN) e azoto non proteico (NPN), rispettivamente, su latte tal quale, su siero acido a pH 4,6 e sul filtrato TCA 12%, mediante Kjeldahl, secondo Aschaffenburg e Drewry (1959), da cui, N caseina (CN = TN - NCN), N sieroproteina vera (= NCN - NPN) e numero di caseina (= CN*100/TN); i valori dell'azoto sono stati convertiti in proteina moltiplicando x 6,38; calcio totale e solubile, rispettivamente, su latte e su siero presamico (De Man, 1962) mediante assorbimento atomico (Anon., 1982); fosforo totale (x), fosforo acido solubile totale (y) e fosforo solubile (z), rispettivamente, su latte, su filtrato TCA 12% e su siero presamico, per via colorimetrica secondo Allen (1940); da cui fosforo colloidale (x - z) corretto per la quota lipidica e fosforo colloidale inorganico (y - z); cloruri, Cl⁻, per titolazione con AgNO₃ secondo il metodo volumetrico classico (Savini, 1946); parametri di coagulazione presamica, secondo Annibaldi *et al.* (1977), con Formagraph, operando a 35°C su 10 ml di latte addizionato di 0,2 ml di una soluzione di caglio (1:19000) diluito 1:100 con tampone acetato pH 5,55; resistenza del coagulo al taglio e alla compressione con Gel Tester (Marine Colloids, Springfield, USA) (Annibaldi, 1973), mediante misurazioni effettuate a 30 minuti dall'inizio della coagulazione. Alcune determinazioni hanno riguardato anche il siero cotto: azoto totale, calcio, fosforo, grasso secondo il metodo Gerber.

I dati raccolti sono stati analizzati mediante ANOVA a due fattori, prova e razza, utilizzando il software SPSS 11.5.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE CHIMICHE

Tabella 1 - Composizione chimica di base, ripartizione delle frazioni azotate e sali minerali del latte prelevato in caldaia (BI = Bruna Italiana; FI = Frisona Italiana). 13 prove comparative di caseificazione.

		BI	FI	DS/SD	P
Proteina tot. (N x 6,38)	g/100g	3,49	3,07	0,08	****
Caseina	g/100g	2,71	2,37	0,06	****
Sieroproteina	g/100g	0,61	0,54	0,02	****
NPN (x 6,38)	g/100g	0,18	0,16	0,01	**
Numero caseina	%	77,53	77,10	0,67	ns
Grasso	g/100g	2,81	2,71	0,13	ns
Lattosio	g/100g	5,10	5,00	0,08	*
Calcio totale	mg/100g	120,76	113,19	2,55	****
Ca colloidale	mg/100g	83,32	74,25	2,83	****
% Ca solubile	%	30,99	34,39	3,61	***
Fosforo totale	mg/100g	97,32	88,04	2,50	****
P colloidale ⁽¹⁾	mg/100g	50,00	44,40	1,68	****
P colloidale inorganico	mg/100g	27,04	24,06	1,55	**
% P solubile	%	47,60	48,43	1,67	ns
Cloruri (Cl)	mg/100g	96,25	106,15	6,36	**

⁽¹⁾ Valore corretto per la quota di fosforo lipidico
ns non significativo; * P=0,05; ** P=0,01; *** P=0,001; **** P=0,0001

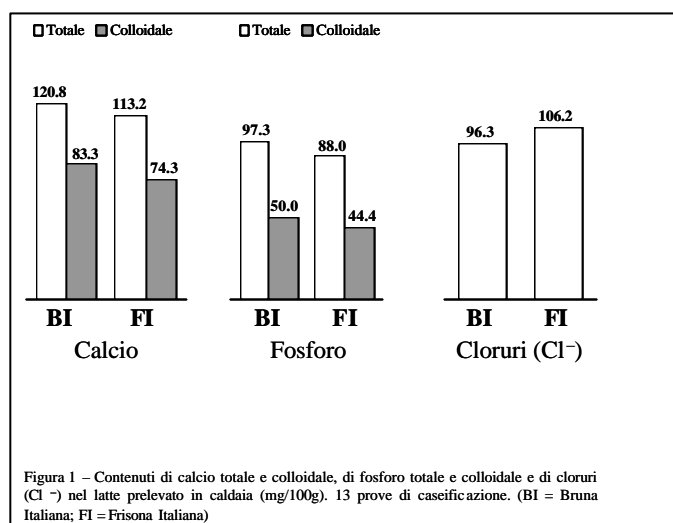
Composizione di base - Nella tabella 1 sono mostrate le caratteristiche chimiche dei latti prelevati in caldaia, prima dell'aggiunta del siero innesto. Il latte delle vacche di razza Bruna Italiana si caratterizza per un maggiore contenuto di proteina totale rispetto a quello delle vacche di razza Frisona Italiana.

Caseina e numero di caseina - Tra le frazioni proteiche, la caseina costituisce la vera e propria materia prima del formaggio, da cui dipendono gran parte delle caratteristiche reologiche della cagliata (Mora e Zannoni, 1986). Il latte della Bruna mediamente presenta

un contenuto di caseina significativamente più elevato rispetto a quello della Frisona (+0,34 g/100g; P=0,0001). La proporzione di caseina rispetto alla proteina totale, espressa dal valore indice di caseina o "numero di caseina", risulta più elevata nella Bruna Italiana, ma in maniera

statisticamente non significativa. Il valore medio del latte delle vacche di razza Frisona Italiana risulta perfettamente sovrapponibile a quello convenzionale, pari a 77%, mentre il numero di caseina delle vacche di razza Bruna Italiana risulta superiore di circa 0,5 unità percentuali.

Equilibri salini - Per quel che riguarda la composizione minerale (Tabella 1), particolare interesse rivestono le quote colloidali di calcio e di fosforo (Figura 1), costituenti fondamentali della micella di caseina, in grado di influenzarne le caratteristiche strutturali e funzionali, con ripercussioni sul comportamento tecnologico del latte (De Kruijff e Holt, 2003). Sotto questo profilo, il latte delle vacche di razza Bruna



Italiana risulta sensibilmente più provvisto sia di calcio colloidale che di fosforo colloidale. I cloruri esercitano un'influenza negativa sulla coagulazione del latte (Patel e Reuter, 1986); il loro contenuto risulta significativamente più basso nel latte delle vacche di razza Bruna Italiana (Figura 1).

TEMPO DI RASSODAMENTO DEL COAGULO

Anche se l'aggiunta di siero innesto è in grado di provocare sensibili modificazioni delle caratteristiche del latte in caldaia, i naturali parametri di coagulazione presamica rappresentano pur sempre il principale "indice" del comportamento del latte nel corso della caseificazione. Favorevoli caratteristiche di coagulazione presamica, inoltre, si riflettono positivamente sull'andamento dell'intero processo di caseificazione e sullo sviluppo maturativo del formaggio. Il

Tabella 2 - pH, acidità titolabile, parametri di coagulazione presamica e proprietà reologiche del latte prelevato in caldaia. (BI = Bruna Italiana; FI = Frisona Italiana). 13 prove comparative di caseificazione.

		BI	FI	DS/SD	P
pH		6,72	6,71	0,03	ns
Acidità titolabile ⁽¹⁾	°SH/50ml	3,42	3,24	0,11	***
<i>Parametri di coagulazione:</i>					
Tempo di coagulazione, r	min	18,62	18,36	1,33	ns
Tempo di rassodamento, k ₂₀	min	6,57	10,00	1,55	***
Consistenza del coagulo, a ₃₀	mm	31,32	24,24	4,05	***
Consistenza del coagulo, a ₄₅	mm	46,77	37,86	2,42	****
<i>Proprietà reologiche:</i>					
Resistenza alla compressione ⁽²⁾	g	32,64	23,91	2,63	****
Resistenza al taglio ⁽²⁾	g	73,46	49,64	7,40	****

⁽¹⁾Acidità Soxhlet-Henkel: ml NaOH 0,25N per 50 ml di latte

⁽²⁾Misure effettuate con Gel Tester a 30 minuti dall'inizio della coagulazione

ns non significativo; *** P = 0,001; **** P = 0,0001

tempo di rassodamento del coagulo del latte delle vacche di razza Bruna Italiana risulta significativamente inferiore (P = 0,001), di circa il 34%, rispetto a quello delle vacche di razza Frisona Italiana (Tabella 2); un minor tempo di rassodamento del coagulo si ripercuote favorevolmente sulla sua consistenza e sulle sue caratteristiche reologiche. Tra i vari fattori in grado di influenzare tale caratteristica, un ruolo importante è svolto dal pH, dall'acidità titolabile, dal contenuto di calcio solubile (Mehaia e Cheryan, 1983;

Mariani 1989) e dalle varianti genetiche della k-caseina (Mariani e Pecorari, 1991).

Acidità titolabile, pH e calcio solubile - In generale, le caratteristiche di coagulazione presamica risultano ben correlate con i valori dell'acidità titolabile: il latte delle vacche di razza Bruna Italiana mostra valori di acidità significativamente più elevati rispetto a quelli delle vacche di razza Frisona. Un basso valore di pH ed un elevato contenuto di calcio solubile dovrebbero, a loro volta, influenzare favorevolmente la velocità di aggregazione delle micelle di paracaseinato nella fase secondaria della coagulazione presamica; sotto questo profilo, il latte delle vacche di razza Frisona risulta maggiormente provvisto di calcio solubile, ma nel contempo esso contiene anche più fosforo solubile (Tabella 1), mentre non si registra una differenza significativa per quel che riguarda i valori pH (Tabella 2).

Frequenza k-caseina B - La più elevata frequenza dell'allele B al locus k-caseina delle vacche di razza Bruna (Perotti, 1997) è molto probabilmente alla base della rilevante differenza qui osservata per quanto riguarda il tempo di rassodamento del coagulo (Tabella 2). I latti contraddistinti dalla presenza della variante B tendono ad essere caratterizzati da un maggior contenuto assoluto e relativo di k-caseina. Ciò comporta una riduzione del diametro micellare (Payens, 1982; Waagner Nielsen *et al.*, 1982; Donnelly *et al.*, 1984, Pearce *et al.*, 1986). Dal punto di vista tecnologico-caseario, le micelle più piccole mostrano una maggiore reattività con il caglio, il coagulo si forma più velocemente, con ripercussioni positive sulla consistenza finale (Pearce *et al.*, 1986; Niki e Arima, 1984). Il latte delle vacche di razza Bruna, infatti, mostra valori di consistenza del coagulo significativamente superiori sia a 30 minuti, che a 45 minuti dall'aggiunta del caglio (Tabella 2). La maggiore consistenza del coagulo, ovviamente, è anche in buona misura legata al più elevato contenuto di caseina che caratterizza il latte della Bruna Italiana (Mariani *et al.*, 1997).

PROPRIETÀ REOLOGICHE

Le proprietà reologiche del coagulo, espresse dai valori di resistenza alla compressione e di resistenza al taglio, definiscono il grado di compattezza e di elasticità della cagliata. Tali parametri, correlati con la consistenza del coagulo determinata mediante l'esame lattodinamografico, risultano, nella razza Bruna Italiana, sensibilmente più elevati rispetto a quelli evidenziati nella razza Frisona Italiana (Tabella 2). Il coagulo dotato di una più elevata compattezza ed elasticità è in grado di sopportare le maggiori sollecitazioni fisico-meccaniche applicate durante il processo di caseificazione (rottura del coagulo, agitazione, cottura, *etc.*) e, conseguentemente, di garantire, attraverso un'ideale contrattilità, una più efficace ed omogenea disidratazione sia della cagliata in lavorazione, senza perdita di elasticità e di coesione, sia della massa caseosa sotto siero: condizione essenziale nella produzione di formaggi a coagulazione acido-presamica, a pasta cotta, e a lungo periodo di maturazione, quale il Parmigiano-Reggiano.

RESA IN FORMAGGIO

Tabella 3 - Resa in formaggio Parmigiano-Reggiano, composizione del siero di fine lavorazione e perdita di sostanze nel siero (BI = Bruna Italiana; FI = Frisona Italiana). 13 prove comparative di caseificazione.

		BI	FI	DS/SD	P
Resa a 24h ⁽¹⁾		8,92	7,93	0,26	****
<i>Composizione siero cotto:</i>					
Proteina	g/100g	0,94	0,82	0,03	****
Grasso	g/100g	0,44	0,49	0,06	*
Calcio	mg/100g	39,21	40,69	2,61	ns
Fosforo	mg/100g	47,96	43,83	2,49	***
<i>Perdita di sostanze nel siero:</i>					
Proteina	%	26,77	26,77	1,00	ns
Grasso	%	15,54	18,23	2,05	**
Calcio	%	32,62	35,92	2,13	**
Fosforo	%	49,29	49,77	1,89	ns

⁽¹⁾ kg di formaggio per 100 kg di latte in caldaia.

ns non significativo; * P=0,05; ** P=0,01; *** P=0,001; **** P=0,0001

Italiana (8,92% BI vs 7,93% FI; P=0,0001), differenza corrispondente a 1 kg di formaggio per 100 kg di latte lavorato. Lo scarto osservato, di notevole rilevanza economica, è sicuramente legato al maggiore contenuto di caseina che caratterizza il latte delle vacche di razza Bruna (Figura 2).

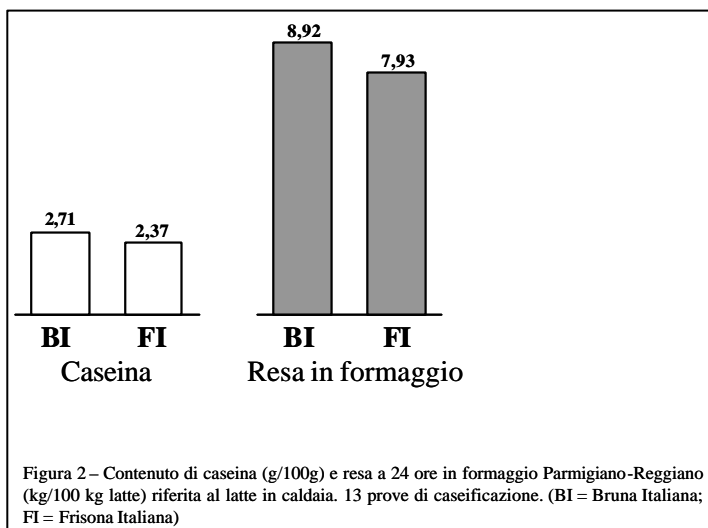
Nella tabella 3, inoltre, vengono riportati i valori di contenuto in proteina, grasso, calcio e fosforo del siero cotto e una stima della perdita complessiva nel siero cotto delle sostanze contenute nel latte di partenza. Le variazioni di composizione del siero in proteina, calcio e fosforo, corrispondono grossomodo a quelle osservate per le corrispettive frazioni solubili del latte in caldaia. Il contenuto di grasso, invece, risulta significativamente maggiore nel siero cotto del latte delle vacche di

razza Frisona; tale differenza potrebbe essere messa in relazione con il diverso valore che contraddistingue il rapporto grasso:caseina del latte in caldaia (1,04 BI vs 1,14 FI), come da tabella 1, ovvero con le differenti proprietà reologiche del coagulo (Tabella 2), decisamente migliori per il latte delle vacche di razza Bruna Italiana.

CONCLUSIONI

Il latte delle vacche di razza Bruna Italiana mostra caratteristiche di natura chimica e chimico-fisica che lo rendono particolarmente adatto per la produzione di formaggi a coagulazione mista, a pasta cotta, dura, a lungo periodo di stagionatura, come il Parmigiano-Reggiano. In particolare il maggiore contenuto di caseina e l'elevata velocità di rassodamento del coagulo sono le due caratteristiche che contraddistinguono il latte di Bruna rispetto a quello delle vacche di razza Frisona Italiana. Entrambe le caratteristiche risultano correlate con le proprietà reologiche del coagulo. Il coagulo del latte delle vacche di razza Bruna Italiana, infatti, si forma velocemente e, di conseguenza, risulta dotato di adeguata consistenza e elasticità, caratteristiche favorevoli per

La quantità di formaggio varia in relazione diretta con la caseina e in misura tanto più stretta quanto più è basso il rapporto grasso:caseina del latte in caldaia. In tabella 3 sono mostrati i valori relativi alla resa fresca in formaggio Parmigiano-Reggiano. Il latte delle vacche di razza Bruna Italiana si contraddistingue per una resa casearia significativamente superiore rispetto a quello delle vacche di razza Frisona



ottenere un giusto gradiente di umidità della forma. Il più elevato contenuto di caseina, inoltre, determina la netta differenza in termini di resa in formaggio a 24 h a favore del latte delle vacche di razza Bruna Italiana, dell'ordine del 12,5% circa, differenza di notevole rilevanza economica.

BIBLIOGRAFIA

Allen RJL (1940). *Biochem. J.*, 34, 858-865.

Annibaldi S (1973). Applicazioni della lattodinamografia, della gelometria e della tensiometria nella valutazione della attitudine del latte alla caseificazione. *Atti Corso Aggiornamento Tecnico Produzione Parmigiano-Reggiano* (Ed. Consorzio Parmigiano-Reggiano), 129-145. Sestri Levante 15-17 febbraio 1973.

Annibaldi S, Ferri G, Mora R (1977). *Sci. Tecn. Latt.-Cas.*, 28, 115-126.

Anonimo (1963). *Milchwissenschaft*, 18, 520.

Anonimo (1982). *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry*. Bodenseewerk Perkin-Elmer & Co GmbH, Überlingen, Germany.

Aschaffenburg R, Drewry J (1959). *XVth Int. Dairy Congr.*, 3, 1631-1637.

Battistotti B, Corradini C (1993). Italian cheese. In "Cheese: chemistry physics and microbiology" ed. PF Fox, vol. 2, 221-243. Chapman & Hall, London, UK.

De Kruif CG, Holt C (2003). Casein micelle structure, functions and interactions. In "Advanced Dairy chemistry" ed. PF Fox and PLH McSweeney, vol. 1, part A, 233-276.

De Man JM (1962). *J. Dairy Res.*, 29, 279-283.

Donnelly WJ, McNeill GP, Buchheim W, McGann TCA (1984). *Biochim. Biophys. Acta*, 789, 136-143.

Mariani P (1989). *Obiettivi Doc. Vet.*, 10(2), 13-22.

Mariani P, Pecorari M (1987). *Sci. Tecn. Latt.-Cas.*, 38, 286-326.

Mariani P, Pecorari M (1991). *Sci. Tecn. Latt.-Cas.*, 42, 255-285.

Mariani P, Summer A, Zanzucchi G, Fieni S (1987). *Annali Facoltà di Medicina Veterinaria*, 17, 195-204.

Mehaia MA, Cheryan M (1983). *Milchwissenschaft*, 38, 137-140.

Niki R, Arima S (1984). *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 55, 409-415.

Patel RS, Reuter H (1986). *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 19, 288-291.

Payens TAJ (1982). *J. Dairy Sci.*, 65, 1863-1873.

Pearce MJ, Linklater PM, Hall RJ, Mackinlay AG (1986). *J. Dairy Res.*, 53, 381-390.

Perotti G (1997). *La Razza Bruna Italiana*, 37(2) (suppl. 1), 5-7.

Savini E (1946). *Analisi del latte e dei latticini*. Ed. Hoepli, Milano.

Waagner Nielsen E, Bernsten Gr, Hansen S, Larsen BV, Edelsten D (1982). *XXth Int. Dairy Congr.* 1(2), 257.

