



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI AGRARIA**

**DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA, ANIMALI, ALIMENTI, RISORSE NATURALI E
AMBIENTE**

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Animali

Valutazione di un sistema di caseificazione individuale e studio preliminare sulle principali fonti di variazione in vacche di razza Frisona e Pezzata Rossa

Relatore:

Dott. Alessio Cecchinato

Correlatore:

Dott.ssa Giorgia Stocco

Laureanda:

Samantha Bessega

Anno accademico 2013/2014

INDICE

Riassunto	5
1 Abstract.....	7
2 Introduzione.....	9
2.1 Il mercato mondiale del settore lattiero-caseario.....	9
2.2 Il mercato europeo del settore lattiero-caseario.....	10
2.2.1 Consistenze e produzioni.....	10
2.3 L'industria lattiero-casearia nazionale.....	12
2.3.1 Consistenze e produzioni.....	12
2.3.2 La distribuzione e i consumi.....	15
2.4 L'attitudine casearia del latte.....	16
2.5 Fattori che influenzano l'attitudine casearia.....	19
2.5.1 Fattori genetici e fisiologici.....	20
2.5.2 Fattori ambientali.....	24
3 Obiettivi.....	29
4 Materiali e metodi.....	31
4.1 Disegno sperimentale	31
4.2 Analisi chimico-fisiche.....	32
4.3 Analisi statistica.....	36
5 Risultati e discussione	37
6 Conclusioni.....	45
7 Appendice delle tabelle e figure	47
8 Bibliografia.....	70

Riassunto

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di proporre una procedura altamente efficiente per la determinazione dei caratteri che descrivono l'andamento del processo di coagulazione e quelli che descrivono l'efficienza del processo di caseificazione. La metodica presentata prevede l'utilizzo dello strumento Formagraph, tradizionalmente utilizzato per la determinazione delle proprietà di coagulazione, su cui sono state apportate delle piccole modifiche. La metodica proposta permette: 1) di utilizzare un quantitativo di 9 ml di latte per analisi e di 18 ml per animale; 2) di analizzare fino a 80 animali per giornata di analisi (160 analisi); 3) di effettuare la misura di tutti i caratteri in doppio per ogni animale garantendo una migliore accuratezza dei risultati ottenuti; 4) il recupero del quantitativo necessario di siero per la determinazione della composizione chimica e quindi la determinazione dei recuperi nella cagliata dei nutrienti presenti nel latte.

Per validare la metodica proposta sono stati prelevati 289 campioni di latte individuale di bovine di razza Frisona e Pezzata Rossa. I campioni di latte sono stati prelevati in 4 allevamenti situati in Friuli-Venezia Giulia, nelle province di Udine e Pordenone. I valori medi (\pm DS) per tutti i caratteri misurati durante l'analisi sono stati i seguenti: RCT $18,09 \pm 4,51$ min, k20 $3,64 \pm 1,25$ min, a30 = $38,86 \pm 15,40$ mm, $CY_{CURD} = 17,70 \pm 1,94\%$, $CY_{SOLIDS} = 7,10 \pm 0,86\%$, $CY_{WATER} = 10,89 \pm 1,41\%$, $REC_{FAT} = 84,64 \pm 7,26$, $REC_{PROTEIN} = 77,04 \pm 2,14$ e $REC_{SOLIDS} = 52,46 \pm 3,61$. La maggior parte delle variabili sono state influenzate dallo stadio di lattazione evidenziando una minore attitudine casearia del latte in concomitanza del picco di produzione giornaliera del latte ed un miglioramento con il proseguire della lattazione. L'ordine di parto sembra influenzare meno i caratteri di attitudine casearia: in particolare sembra che le vacche giovani producano un latte che presenta migliori caratteristiche per la caseificazione. Infine è stato osservato un peggioramento dei parametri che descrivono l'efficienza del processo di caseificazione nella vacche che producono più latte e per i campioni che presentano un elevato contenuto di cellule somatiche.

In generale la ripetibilità dei caratteri è risultata bassa per la parte relativa alle proprietà di coagulazione del latte ed ai recuperi dei nutrienti nella cagliata. La resa casearia, invece ha evidenziato dei buoni risultati in termini di ripetibilità. La metodica proposta risulta essere interessante soprattutto se considerato che il Formagraph rappresenta lo strumento di riferimento per l'analisi delle proprietà di coagulazione del latte. Apportando le piccole modifiche descritte, è possibile però avere un profilo completo dell'attitudine casearia del campione di latte analizzato.

1 Abstract

The aim of this study was to propose a highly efficient procedure that allow to measure milk coagulation properties and those traits (cheese yield and milk nutrient recovery in the curd) that describe the efficiency of the cheese making process. The presented method involves the use of Formagraph, traditionally used to measure the coagulation traits, in which were proposed small changes. The method proposed allows: 1) to use just a quantity of 9 ml of milk per sample and 18 ml per animal, and 2) to analyze up to 40 animals per day (analysis 80) 3) to carry out the measure of all traits in duplicate for each animal ensuring better accuracy of results obtained; 4) the recovery of the necessary quantity of whey for the determination of its chemical composition and thus the estimate milk nutrients recoveries in the curd.

To validate the method proposed, 289 milk samples were collected from individual cows of Holstein Friesian and Simmental breed. Milk samples were collected from 4 herds located in Friuli-Venezia Giulia. The mean values (\pm SD) for all the measured traits during the analysis were as follows: RCT 18.09 ± 4.51 min, 3.64 ± 1.25 min k20 , $a_{30} = 38.86 \pm 15.40$ mm , $CY_{CURD} = 17.70 \pm 1.94\%$, $CY_{SOLIDS} = 7.10 \pm 0.86\%$, $CY_{WATER} = 10.89 \pm 1.41\%$, $REC_{FAT} = 84.64 \pm 7.26$, $REC_{PROTEIN} = 77.04 \pm 2.14$ and $REC_{SOLIDS} = 52.46 \pm 3.61$. Most of the investigated variables have been influenced by DIM effect. At the peak of milk daily production phase the aptitude of the milk to coagulate was worse, while during the prolonging of lactation this aptitude improved. The order of parity does not affect cheese-making traits as lactation: in particular, it seems that the young cows produce milk that shows better cheese making efficiency. Finally, it has been observed a worsening of investigated traits for high-productive cows and as the same time for milk samples that presented a higher content of somatic cells.

In general, the repeatability of the presented traits was low for both milk coagulation properties and milk nutrients recovery in the curd . On the other hand, cheese yield has shown good results in terms of repeatability. The proposed method turns out to be especially interesting if considered that Formagraph represents the reference devise for assessing of milk coagulation properties. With the small modifications proposed, it is possible to have a complete profile of the cheese-making aptitude of the analyzed milk samples.

2 Introduzione

2.1 Il mercato mondiale del settore lattiero-caseario

L'anno 2011 è considerato un periodo favorevole per il mercato del latte: infatti, è stato caratterizzato dal consolidamento dei prezzi della materia prima e dei prodotti derivati e da un andamento climatico tendenzialmente positivo (Marquer, 2013). La sinergia tra questi due fattori ha consentito di ottenere buone performance produttive, compensando così la crisi dello scorso decennio. Tuttavia, già nel corso dello stesso anno si è notata un'inversione di tendenza, in primo luogo a livello mondiale e successivamente anche a livello europeo e nazionale (Marquer, 2013). Nel 2011 la produzione mondiale di latte è risultata essere pari a 730 milioni di tonnellate, con un incremento del 2,3% rispetto al 2010: la tendenza positiva della produzione mondiale è rimasta tale anche nel corso del 2012, come risulta dalle stime attualmente disponibili, con un tasso del + 3,4% in termini di produzione, rispetto all'anno precedente (aumento imputabile ai paesi in via di sviluppo; Marquer, 2013). Attualmente, la caratteristica fondamentale del mercato lattiero-caseario mondiale è la forte sensibilità a tutti i potenziali fattori esterni che possono incidere sulla domanda e sugli scambi (Pieri, 2012). La volatilità del settore può essere assoggettata a due diverse ragioni: la prima è la minor presa esercitata dalla Politica Agricola Comune per quanto riguarda la regolazione del mercato; la seconda è determinata dal basso livello delle giacenze mondiali di derivati lattiero-caseari. Questo fenomeno è presente soprattutto negli Stati Uniti e nell'Unione Europea (INEA, 2012). A causa di queste situazioni, il mercato dei prodotti lattiero-caseari si ritrova a dover rispondere in modo reattivo e immediato a vari fenomeni, i quali possono incidere più o meno prepotentemente sui volumi di produzione. Alcuni esempi sono i repentini cambiamenti climatici e l'andamento dei cicli economici, i quali si riflettono sul livello di domanda e consistenza di commercio; i cambiamenti dei valori monetari, che rendono più o meno competitive le esportazioni ed infine l'aumento del prezzo dei prodotti petroliferi, che condiziona i costi di produzione, carburanti ecc (INEA, 2012).

2.2 Il mercato europeo del settore lattiero-caseario

Nell'analizzare la situazione del mercato lattiero-caseario europeo, è impossibile non far riferimento ai cambiamenti della politica di settore, che hanno conferito maggiore competitività nel quadro internazionale. Il "Pacchetto Latte" mira a rafforzare l'agricoltura ed a guidare la transizione verso la fine del regime delle quote latte, prevista per la campagna 2014/2015. Per perseguire questi obiettivi è importante pianificare le produzioni in quantità e qualità, concentrare l'offerta ed ottimizzare e stabilizzare i prezzi alla produzione (CRPV, 2012). In breve, i punti cardini della riforma sono: il ricorso a contratti scritti stipulati in anticipo, tra agricoltori e acquirenti per la consegna di latte crudo, il rafforzamento del ruolo delle OP (Organizzazioni dei Produttori) soprattutto a livello contrattuale e l'importanza delle OI (Organizzazioni Interprofessionali) come intermediatore tra i soggetti della filiera, in modo da semplificare e rendere trasparenti le trattative. Le OP hanno l'obbligo di informare le Regioni, l'AGEA e il Mipaaf sulla stima dei volumi di latte che saranno oggetto di trattativa e consegna nell'anno in corso, e il dato relativo al volume di latte consegnato sul territorio nazionale nell'anno antecedente. I primi acquirenti di latte crudo devono invece dichiarare all'autorità nazionale competente il quantitativo di latte che hanno ricevuto mese per mese (CRPV, 2012).

2.2.1 Consistenze e produzioni

Il settore lattiero caseario europeo riveste un ruolo molto importante nell'agricoltura, vista la complessità e il gran numero di destinazioni d'uso del latte, come mostra la Figura 1. Nei diversi stati membri vi sono però caratteristiche diverse, in termini di numero, dimensione aziendale e produzione di latte. Il numero totale di aziende agricole nell'UE-27 è diminuito del 20% tra il 2003 e il 2010. Tra queste, le aziende agricole con allevamento, che costituiscono il 56% del totale, hanno registrato un calo ancora più repentino (-35%), attestandosi ad una quota di 6,7 milioni di aziende. Circa 1,7 milioni di queste allevano vacche da latte, le quali si sono letteralmente dimezzate rispetto al 2003 (Pieri, 2012). Questo clima di ribasso è stato riscontrato in generale in tutti gli stati membri tra il 2007 e il 2010 ed in particolar modo in Repubblica Ceca, Slovacchia, Slovenia ed Estonia (Ismea, 2013). La Figura 2 mostra la consistenza delle aziende agricole nei vari stati membri dell'Unione Europea.

Confrontando i dati forniti dall'Eurostat, le aziende agricole si possono dividere in tre gruppi principali: il primo gruppo comprende i paesi che possiedono grandi zone rurali e tante piccole

realità aziendali in cui il numero medio di forza lavoro (meno di 2 ULA – unità di lavoro annuale) e numero di vacche (meno di 20) per azienda specializzata è molto basso. Questo gruppo comprende paesi come la Romania, Lituania, Bulgaria e Lettonia. Nel secondo gruppo, che comprende Paesi come la Repubblica Ceca, Ungheria, Slovacchia e la Estonia, la forza lavoro (più di 2 ULA) è maggiore rispetto al numero medio di vacche da latte per azienda (ad esempio la Estonia con 4,31 ULA e 44 vacche). Il terzo gruppo invece comprende i Paesi più specializzati, caratterizzati dalla combinazione di una forza lavoro significativa e un numero maggiore di capi. Questo gruppo comprende Stati come Cipro, la Danimarca, il Regno Unito, il Belgio e i Paesi Bassi. La produzione di latte in Europa, che per molti anni è rimasta sostanzialmente statica, sta mostrando la capacità di rispondere al mercato, beneficiando della progressiva riduzione del vincolo delle quote latte, destinate a cessare nel 2015. Un altrettanto ruolo positivo riveste l'aumento della produzione di latte per capo, che compensa il numero di vacche (Pieri, 2012). In Tabella 1 sono indicate le consistenze di vacche da latte nella UE dal 2006 al 2001, in cui si riscontra una tendenza negativa sia per quanto riguarda i vecchi paesi, che i nuovi entrati nell'Unione Europea (Pieri, 2012). Invece, per le consegne di latte, è bene far riferimento alla campagna produttiva del periodo tra il 1 Aprile e il 31 marzo dell'anno successivo. Nella campagna 2011/2012, le consegne lorde dell'UE (non rettificata in base al tenore di grasso) sono state pari a 139,4 milioni di tonnellate (Tabella 2). Del totale, circa l'87% deriva dal gruppo dei vecchi 15 paesi ed il restante deriva dai dodici nuovi paesi membri. In questo contesto, invece si è osservato un miglioramento rispetto alla campagna precedente (2010/2011), confermando la risposta positiva del mercato al progressivo abbandono del regime delle quote latte (Pieri, 2012). Considerando solo il breve periodo, dalla campagna 2006/2007 alla scorsa campagna, il trend positivo è stato mediamente dello 0,6%/anno; in controtendenza l'ultima campagna ha visto una variazione media del 0,9%. Confrontando i dati si nota come questa crescita riguarda ancora i paesi della vecchio continente, e più precisamente i paesi del centro-nord dell'Europa occidentale.

La Tabella 3 mostra in percentuale la destinazione d'uso del latte, espressa in “milk equivalent” ovvero in termini di quantità di latte utilizzato per la produzione del suo prodotto derivato. Dai dati si può notare che la destinazione d'uso maggiore è costituita dalla produzione di formaggi. La Tabella 4 invece, mostra le evoluzioni negli ultimi anni della produzione di formaggio, burro, latte fermentato, latte scremato in polvere e latte intero in polvere. Il 2009 è stato caratterizzato dal fortissimo aumento della produzione di latte scremato in polvere e dalla contemporanea riduzione del latte intero in polvere; un calo del 2% circa per quanto riguarda il burro e una fase di stabilità per i formaggi. Per il latte alimentare, invece, si è osservato un calo in

percentuale circa pari all'aumento per i lattici acidificati. L'anno successivo è stato caratterizzato da un sostanzioso calo del latte scremato in polvere, dettato dalla saturazione delle scorte del 2009. Inoltre l'annata è stata caratterizzata dalla riduzione della produzione di latte intero in polvere e del burro ma dalla crescita di yogurt e derivati. Con il 2011 si stabilisce un clima positivo per tutti i prodotti, a parte le polveri grasse. Invece, i primi dati elaborati da CLAL (Dairy Economic Consulting Firm), relativi al primo semestre del 2013, hanno mostrato una tendenza negativa (0,9%) in termini di produttività, localizzata soprattutto in Romania e nell'Europa occidentale ed in particolare nel Regno Unito, Irlanda, Italia e Francia. Questo peggioramento è derivato dagli scarsi volumi di rifornimento e dalla peggior qualità del foraggio raccolto nel 2012 e dall'aumento dei prezzi dei concentrati, mangimi o i loro componenti, come il grano o la soia.

2.3 L'industria lattiero-casearia nazionale

Anche in Italia il 2011 è stato un anno piuttosto positivo per il settore lattiero caseario, grazie al rafforzamento del prezzo della materia prima nazionale, già iniziato nel 2010. Nonostante l'aumento della disponibilità interna di latte e dei prezzi, il mercato italiano ha dovuto comunque compensare ricorrendo all'uso di materia prima estera per la produzione di prodotti non DOP (Pieri, 2012). Nelle Figure 3 e 4 sono descritti i principali attori della filiera lattiero-casearia, il quadro d'insieme dei rapporti economici del sistema e la stima del flusso di valore del latte lungo la filiera. Si precisa, che lo schema del flusso del valore, considera solo la filiera nazionale, senza considerare i prodotti importati che entrano direttamente nel canale commerciale. In pratica, il valore calcolato presso i canali "retail" (vendita al dettaglio) ed "horeca" (Hotels, Restaurants and Catering) è considerato al netto dei prodotti finiti importati (Pieri, 2012). Il valore finale prodotto dalla filiera nazionale è stato stimato in 26,7 miliardi di euro; il dato evidenzia una crescita del 4% rispetto all'anno precedente da attribuire quasi completamente all'export. Confrontando il peso relativo ai tre canali in cui è stato scorporato il valore della filiera, si può notare come il canale "horeca" predomini sugli altri due, seguito dall'incremento del peso dell'export e dall'arretramento del "retail" (-1,5%) (Pieri, 2012).

2.3.1 Consistenze e produzioni

Nel 2011 il patrimonio bovino italiano è risultato essere composto da 1.754.981 capi, dato in aumento rispetto all'anno precedente, anno in cui era stato osservato il minimo storico dal 2001.

L'incremento dell'ultimo anno è attribuibile alle consistenze delle regioni del Nord, mentre quelle del Centro hanno osservato un ulteriore calo del 1,4% (Istat, 2013). Il VI Censimento Generale dell'Agricoltura ha rilevato un calo del 37% nel numero di allevamenti di vacche da latte ed un aumento della dimensione media degli stessi: infatti, negli ultimi dieci anni sono notevolmente regredite le realtà aziendali con meno di 50 vacche ed ancor di più quelle con meno di 10 capi (Pieri, 2012). Il numero delle aziende è cresciuto per la tipologia di classe con almeno 100 vacche e per quelle con una dimensione aziendale da più di 500 capi (Tabella 5). Questa situazione della zootecnia italiana ha determinato il cambiamento della distribuzione del patrimonio lattiero e di conseguenza della produzione di latte, che rimane oggi ancor di più nelle mani dei grossi allevatori (Pieri, 2012). In seguito alla riduzione del numero di aziende e di capi, attualmente una stalla presenta in media 65 capi (Pieri, 2012). Per quanto riguarda l'ubicazione delle aziende, dai dati dell'Istat relativi all'anno 2010, è emerso che il maggior numero di aziende si trovano nel Nord Italia per un totale di 158.2008. La Lombardia possiede il 16,8% delle stalle e il 24,2% delle vacche nazionali. L'Emilia Romagna è la seconda regione per dimensione della mandria lattifera (15,5% del totale) ed è caratterizzata da una dimensione media aziendale composta da 58 capi, in seguito alla chiusura di una gran quota di stalle (soprattutto le piccole realtà) e del ridimensionamento delle stalle rimanenti (Pieri, 2012). Il Veneto e il Piemonte invece, che possiedono rispettivamente il 9,5% e il 9,1% della mandria ed il 10,2% e l'8,1% del totale delle stalle italiane, hanno registrato anch'esse lo stesso andamento e presentano una media aziendale di 29/36 capi da latte, dato decisamente inferiore alla media nazionale (Pieri, 2012). Il numero di allevamenti si è ridotto lievemente nelle regioni montane come il Trentino Alto Adige e Valle D'Aosta, dove predominano le piccole realtà caratterizzate da dimensioni medie pari a 11-16 vacche per stalla. Nel Friuli invece con la perdita di una buona quota di allevamenti da meno di 50 capi e l'aumento di quelli di dimensioni superiori, si è osservata una crescita in termini di dimensione aziendale da 17 a 30 capi, superando quindi la realtà veneta (Pieri, 2012). Nel Centro Italia la regione più rappresentativa per la produzione di latte è il Lazio, la cui evoluzione della media dei capi aziendali segue la media nazionale (da 22 a 32 capi/stalla in dieci anni). Nelle altre regioni centrali, invece, la zootecnia da latte sembra aver perso decisamente importanza. Nel Meridione, il calo del patrimonio lattifero è risultato minore della media nazionale in termini percentuali. Le regioni che pesano maggiormente nel settore sono la Puglia e la Campania (Pieri, 2012).

Per quanto riguarda la produzione di latte, nel corso del 2011 si è registrato un calo dello 0,8%, superando di poco gli 11,1 milioni di tonnellate. Tra le varie regioni si sono notate sostanziali differenze tra le quantità raccolte ed in particolare: nel Nord si è riscontrato un calo molto inferiore

alla media nazionale, al contrario di quanto avviene nel Sud e nell'area Centrale (Tabella 6). In base alle stime, la campagna 2012/2013 si è conclusa senza esubero di prodotto, rispetto alla quota nazionale. Dopo l'inizio piuttosto buono, il trend di crescita è rallentato a partire dall'autunno causato principalmente dall'aumento dei costi di allevamento (Pieri, 2012 and CLAL, 2013). Secondo i dati AGEA (L'Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura), le consegne non rettificata sono risultate pari a circa 9,82 milioni di tonnellate, con un calo del 0,6% rispetto allo stesso periodo all'annata precedente (aprile/febbraio). La Figura 5 mostra le variazioni nella produzione nelle ultime tre campagne (2011, 2012 e 2013). La regione più importante per quanto riguarda le consegne del 2013 è stata la Lombardia, con il 41,7% del latte totale. L'anno 2013 ha evidenziato una certa negatività per la produzione di formaggi a denominazione, in linea con la tendenza evidenziata nel 2012. Da questo scenario è importante considerare il clima di fiducia degli operatori dell'industria lattiero casearia. L'indice del clima di fiducia (ICF) nel settore agricolo indica i giudizi degli operatori riguardo l'andamento degli affari aziendali e le loro aspettative circa l'evoluzione economica. L'ICF nel settore dell'Industria alimentare invece sintetizza i giudizi degli operatori sul livello generale di ordini, di giacenze e le aspettative circa i trend produttivi nell'immediato futuro. L'indice parte da un valore minimo di -100 a un massimo di +100. La Figura 6 mostra l'ICF Agricoltura relativo al secondo trimestre (-7,2) del 2013 e la sua variazione rispetto al primo trimestre e l'ICF Industria alimentare, relativa al settore caseario (-6,4; Ismea, 2013). Per quanto riguarda le trasformazioni industriali (Tabella 7), si è registrata una decisa contrazione a carico della produzione di latte alimentare (-3,4%) e di burro (-5,0%); al contrario è stato osservato un aumento importante per i formaggi (2,5%) e lo yogurt (+ 4,1%) (Pieri, 2012). Nella Figura 7 vengono illustrati i flussi del latte nel 2011. Si può notare come le disponibilità complessive di latte siano costituite per il 74,1% dal latte raccolto dalle aziende agricole, al quale si aggiunge la quota di latte importata. Senza considerare i quantitativi irrilevanti di latte e cagliate esportate, gli impieghi industriali si ripartiscono tra le trasformazioni casearie, la produzione di latte alimentare ed in minima parte per l'autoconsumo e reimpieghi aziendali (Pieri, 2012). Il latte utilizzato per la produzione di formaggi può essere destinato alla produzione di prodotti DOP per il 37%. Altri prodotti, come latte condensato o caseine, possiedono una rilevanza pressoché nulla in Italia (Pieri, 2012). Tra le varie tipologie di formaggi, l'Istat ha rilevato che il 44,2% dei formaggi prodotti è rappresentato da quelli a pasta dura, come mostra la Tabella 8. Segni negativi si sono notati per i formaggi semi-duri e alcune tipologie di formaggi molli. I prodotti tutelati hanno mantenuto nel tempo il loro peso nell'economia nazionale casearia; utilizzando il 51,6% del latte totale destinato alla produzione casearia (Pieri, 2012).

2.3.2 La distribuzione e i consumi

I consumi di latte e derivati sono cambiati negli ultimi anni: la destrutturazione dei pasti ha determinato una riduzione del consumo di latte; l'attenzione alla salute ha causato l'aumento degli acquisti di prodotti considerati più salutistici come lo yogurt. Nonostante ciò, la domanda di formaggi è risultata pressoché stabile. La crisi economica ha giocato un ruolo preponderante sulle scelte di consumo delle famiglie italiane imponendo una maggiore attenzione al prezzo e allo spreco alimentare. L'analisi dei canali distributivi dei prodotti lattiero caseari utilizza la banca dati Ismea-GfK-Eurisko, che raccoglie le informazioni da rilevazioni periodiche in un panel di famiglie italiane, per analizzarne i comportamenti d'acquisto. Dai dati si può analizzare il peso delle diverse tipologie di canali di vendita e distribuzione. In generale, i dati mostrano un trend crescente nei due canali attualmente più importanti, ovvero i supermercati e ipermercati, per le quattro categorie di prodotti analizzate (latte alimentare, burro, yogurt, formaggi industriali e formaggi DOP). In linea con la grande diffusione di questi punti vendita, la tendenza dei consumatori è quella di acquistare tutti i prodotti lattiero caseari, anche quelli di qualità, in supermercati, penalizzando così altre tipologie, come le "superette" o il "libero servizio", i discount e gli alimentari tradizionali. Per contro è molto interessante notare la buona tenuta di altre realtà di vendita, come gli ambulanti, latterie o negozi specializzati, grazie all'essenziale contributo dei prodotti DOP.

Nonostante il PIL diminuito e il clima di fiducia altalenante, i consumi complessivi delle famiglie nel 2011 avevano segnato un rialzo del +3,0%, ma tenendo conto del tasso di inflazione, l'aumento del consumo in termini reali non superava lo 0,2%. Dati più recenti relativi al primo trimestre 2013, indicano che gli acquisti di latte e derivati presso il canale "retail" risulta in leggera ripresa, ma nel complesso si riduce la spesa, dinamica che riflette l'orientamento dei consumatori italiani verso prodotti di fascia inferiore o in promozione (Pieri, 2012).

2.4 L'attitudine casearia del latte

L'attitudine del latte alla coagulazione è il requisito fondamentale per la produzione di un formaggio di qualità. Essa rappresenta l'insieme delle caratteristiche qualitative del latte in relazione alle esigenze derivanti dalla trasformazione tecnologica e dalle caratteristiche del prodotto finito desiderato (Annibaldi & Nanni, 1979; Stefanon et al., 2002). Questo argomento desta molto interesse per l'aumento della quota prodotta della materia prima destinata alla produzione di formaggio. Negli ultimi anni la ricerca scientifica si è occupata soprattutto della determinazione ed identificazione delle proprietà di coagulazione del latte a livello individuale atte ad essere impiegate come fattore di valutazione e, di riflesso, come possibile carattere obiettivo di selezione nelle vacche da latte.

Le proprietà di coagulazione del latte (conosciute in inglese con l'acronimo MCP, Milk Coagulation Properties) hanno suscitato parecchio interesse nell'industria lattiero casearia già nei primi decenni del ventesimo secolo; tuttavia, solo a partire dalla fine degli anni settanta sono state studiate in modo più approfondito anche grazie allo sviluppo di tecnologie e strumenti atti a definire questi caratteri (Annibaldi et al., 1977; Zannoni et al., 1981; McMahon et al., 1982). Diverse sperimentazioni hanno confermato l'importanza delle proprietà di coagulazione del latte per la definizione del processo di coagulazione sia nello studio della variabilità a livello di singolo animale che nella valutazione dell'attitudine casearia del latte di massa. Il fine ultimo dello studio delle proprietà coagulative del latte può ricondurre ad un programma di ricerca più ampio, mirato a: valutare e monitorare la qualità del latte a livello aziendale ma anche ad utilizzare questi caratteri come possibili strumenti per il miglioramento genetico delle lattifere (Cassandro et al., 2008; Dal Zotto et al., 2008; De Marchi et al., 2009). L'approccio generalmente utilizzato per le analisi delle proprietà di coagulazione del latte, sia a livello di ricerca scientifica che a livello industriale, è la lattodinamografia (Bittante et al., 2012). Questa tecnica misura la viscosità del latte mantenuto ad una temperatura fissa, in seguito all'aggiunta di caglio (Bittante et al., 2012), tramite l'analisi del comportamento di un piccolo pendolo immerso nei campioni di latte. L'attrito che incontra il pendolo nelle oscillazioni, causate dalla formazione del gel, forniscono informazioni riguardo le proprietà di coagulazione del campione di latte oggetto d'analisi (McMahon & Brown, 1982). Queste forze vengono registrate producendo un tracciato lattodinamografico a forma di campana (Figura 8), in cui sono illustrati i tre parametri principali che tradizionalmente caratterizzano il processo di coagulazione:

- Il tempo di coagulazione presamica (RCT) ottenuto misurando l'intervallo di tempo, in minuti, che intercorre dall'aggiunta del caglio fino alla formazione del primo flocculo, momento in cui nel tracciato si apre la "forbice".
- La misura del tasso di rassodamento del coagulo (k_{20}) che rappresenta l'intervallo di tempo tra la formazione del primo flocculo e il momento in cui viene misurata una consistenza del coagulo di 20 millimetri (nel caso del lattodinamografo meccanico si parla di un'apertura di 20 mm della campana), e definisce il momento ideale per il taglio della cagliata stessa.
- La consistenza del coagulo (a_{30}), che rappresenta una misura della consistenza del coagulo a 30 minuti dall'inizio dell'analisi.

Ad oggi la diretta relazione tra proprietà coagulative del latte e la resa casearia non è ancora stata chiarita nel dettaglio anche se vi sono alcuni studi che hanno evidenziato risultati differenti (Zannoni et al., 1981; Okigbo et al., 1985; Aleandri et al., 1989).

La resa casearia (in inglese cheese yield; %), può essere definita genericamente come il rapporto tra la quantità del formaggio ottenuto a partire da una certa quantità di latte (espressi in kg). Questa definizione può essere espressa dalla seguente equazione, in cui gli input sono rappresentati dal latte, dallo starter e dal sale e gli output dal formaggio e dal siero.

$$\text{Resa in formaggio: } \frac{\text{peso del formaggio (kg)}}{\text{peso del latte + starter + sale (kg)}} \times 100$$

La resa in formaggio è un parametro fondamentale per la redditività di un caseificio (Emmons, 1993) ed è influenzata sia dai componenti che costituiscono il latte (Cologna et al., 2009) che dalla tipologia di formaggio prodotto. Una definizione più accurata descrive la resa come la quantità di formaggio con un dato contenuto di sostanza secca derivato dalla lavorazione di una definita quantità di latte con contenuto noto di grasso e proteine. Non tenendo conto del tenore di umidità del formaggio si eliminano gli effetti di variazione della resa dovuta al tipo di formaggio, permettendo il confronto in termini di efficienza dei recuperi di grasso e proteina (Banks, 2007), perdendo però parte di variabilità dovuta alla qualità della materia prima ed al tipo di processo tecnologico utilizzato.

Tra gli approcci maggiormente utilizzati per la stima della resa casearia, va menzionato l'utilizzo di formule di predizione definite tramite la somma dei componenti percentuali del latte (soprattutto grasso e caseina) moltiplicati per dei coefficienti standard (Emmons, 1990). La classica

formula di predizione per la stima della resa in formaggio è quella di Van Skyle, il quale nel 1894, formulò la seguente equazione analizzando dei risultati ottenuti nella produzione del formaggio Cheddar:

$$Resa : \frac{(0,93 G + C - 0,1) \times 1,09}{100 - U} \times 100$$

In cui:

G = contenuto percentuale di grasso nel latte
C = contenuto percentuale di caseina nel latte
U = umidità relativa del formaggio
1,09 = costante relativa ai sali

In questo esempio il recupero del grasso e di caseina sono considerati rispettivamente pari al 93% ed al 90%. La formula è stata successivamente utilizzata come base di partenza per la determinazione di altre formule per diverse tipologie di formaggio e per la formulazione di altre equazioni di predizione della resa. Essendo formule predittive non possono essere assolutamente precise e rispecchiare a pieno le rese effettive che si riscontrano in qualsiasi caseificio. Per ottenere dati più precisi ogni caseificio dovrebbe effettuare delle prove sperimentali per la determinazione di equazioni accurate. Un altro limite delle formule predittive è dato dal fatto che queste considerano i recuperi nella cagliata/perdite nel siero come delle costanti.

L'interesse generale verso lo studio della resa e dei componenti del latte, ha fondamenta economiche, in quanto la conoscenza di questo carattere permette la valutazione dell'efficienza economica del processo di caseificazione (Emmons, 1990; Lacroix, 1993; Othmane et al., 2003). Le prove sperimentali effettuate a livello di caseificio sono generalmente molto costose, richiedono molto tempo e consentono un numero limitato di repliche (Hicks et al., 1981; Hurtaud et al., 1995; Cologna et al., 2009; Cipolat-Gotet et al., 2013). La tendenza generale negli ultimi anni è stata quella di proporre delle metodiche di caseificazione da laboratorio cercando di ridurre il quantitativo di latte utilizzato per campione e di semplificare le procedure con l'obiettivo di ridurre i costi, per ottenere l'aumento del numero di repliche e soprattutto per avere la possibilità di condurre prove sperimentali a livello di singolo animale (Cipolat-Gotet et al., 2013).

La Tabella 9 mostra gli studi più significativi svolti a livello di laboratorio, tra cui quello condotto da Othmane et al. (2002) in cui sono stati analizzati 7.492 campioni provenienti da 1.118 pecore di razza Churra. La metodica di caseificazione messa a punto dall'autore è risultata essere molto efficiente, in quanto sono stati utilizzati solo 10 ml di latte per campione: un aspetto negativo della metodica proposta è rappresentato dal fatto che le piccole quantità di cagliata e siero prodotte

non hanno permesso l'analisi della loro composizione chimica impedendo un bilancio completo del processo di caseificazione. Altri studi svolti a livello individuale, sono quelli di Hurtaud et al. (1995) in cui è stata determinata la resa casearia di 6 vacche partendo da un quantitativo di latte pari a 100 ml; mentre nello studio di Wedholm et al. (2006) è stato processato il latte di 134 vacche utilizzando 4 litri di latte per vacca. La metodica messa a punto nello studio di Bachmann et al. (2009) prevede l'utilizzo di 1,7 ml di latte per campione (con una cagliata prodotta del peso medio di 0,17 g), anche se, in questo studio, è stato valutato solamente il comportamento di differenti colture di starter. In uno studio più recente (Cipolat-Gotet et al., 2013) è stato possibile determinare l'efficienza dell'intero processo di caseificazione grazie allo studio della resa e recuperi dei nutrienti nella cagliata. In questo caso, sono stati utilizzati 1.167 campioni di latte individuale di bovine di razza bruna utilizzando 1,5 L di latte per campione. Utilizzando gli stessi dati sono stati stimati per la prima volta i parametri genetici dei caratteri che definiscono l'efficienza del processo di caseificazione a livello individuale (Bittante et al., 2013). Molte metodiche di caseificazione messe a punto prevedono il ricorso alla centrifugazione dei campioni per la rapida separazione della parte solida da quella liquida (Everard et al., 2008; Emmons et al., 2003; Othmane et al., 2003, 2002). Confrontando gli studi, emerge che questo trattamento costituisce un punto critico dell'analisi (Bittante et al., 2013) in quanto va a sovrastimare i dati relativi alla resa e ai recuperi dei nutrienti. Infine in uno studio di Ferragina et al. (2013) è stato proposto l'utilizzo della spettroscopia infrarossa su campioni di latte individuale per la predizione della resa casearia e di tutti gli altri caratteri che definiscono l'efficienza del processo di caseificazione con la possibilità di effettuare degli studi a livello di popolazione. Gli autori hanno riscontrato buoni, se non ottimi, risultati per le curve di calibrazione ottenute.

2.5 Fattori che influenzano l'attitudine casearia

La composizione del latte vaccino e, di conseguenza la resa casearia, presentano un'ampia variabilità derivante da numerosi fattori, i quali possono essere divisi in due categorie principali:

- Fattori endogeni, i quali a loro volta possono essere suddivisi in fattori genetici (specie, razza ed individuo) e fisiologici (stadio di lattazione, ordine di parto, igiene e salute della mammella).
- Fattori esogeni, ovvero i fattori ambientali (clima e stagionalità) e le tecniche di allevamento (alimentazione, management aziendale ecc).

Altri fattori, come le tecniche di lavorazione e di stagionatura (temperatura, umidità e tempi di lavorazione), possono incidere sulla resa casearia (Corradini, 1995) per cui, spesso, il confronto tra i risultati ottenuti in prove sperimentali differenti risulta difficile.

Come già accennato in precedenza, negli ultimi decenni molti studi si sono focalizzati sull'attitudine casearia del latte analizzando le proprietà di coagulazione ed i fattori che le condizionano (Bastian et al., 1994; Mariani et al., 1994; Summer et al., 2003; Wedholm et al., 2006; De Marchi et al., 2008; Bittante et al., 2012). Per quanto riguarda la resa casearia, a livello individuale sono stati condotti pochi studi (Othmane et al., 2002; Wedholm et al., 2006; Cipolat-Gotet et al., 2013) sia per l'elevata mole di lavoro (numerosi campioni e numerose operazioni per campione) ma anche per la difficoltà nel mettere a punto una metodica in grado di essere efficiente e allo stesso tempo adatta alla definizione dei caratteri qualitativi dei formaggi prodotti.

2.5.1 Fattori genetici e fisiologici

FATTORI GENETICI

Le diverse relazioni dirette ed indirette che intercorrono tra i fattori genetici e l'attitudine casearia del latte possono essere sintetizzate in Figura 9. L'attitudine di una vacca a produrre quantità più o meno elevate di latte caratterizzato da una differente qualità è influenzato da fattori genetici; questi riassumono l'effetto di alcuni alleli codificanti per una determinata tipologia e quantità di proteina, per il contenuto in grasso e dimensione dei globuli lipidici. Ad esempio esistono razze bovine più specializzate di altre: questa è la conseguenza sia della loro naturale attitudine, sia per programmi di selezione avente il fine ultimo di migliorare, entro certi limiti, la produttività delle bovine e l'arricchimento di specifici nutrienti (Corradini, 1995).

La razza è uno dei caratteri che influenza maggiormente la lattodinamografia e la resa casearia. Spesso il confronto tra studi che hanno preso in considerazione razze differenti risulta difficoltoso in quanto condotti in condizioni sperimentali diverse tra loro. La lista dei fattori che potrebbero influenzare il confronto dei risultati comprende: il regime alimentare, numero di animali sottoposti a campionamento, numero di campioni analizzati per animale, l'uso o meno di conservanti, intervallo di tempo tra il campionamento e la misurazione delle proprietà di coagulazione del latte, condizioni di conservazione del latte, pre-trattamenti effettuati sul latte (riscaldamento, acidificazione o aggiunta di starter microbici), tipo di strumento usato, tipo e quantità di caglio utilizzato, temperatura di coagulazione, durata dell'osservazione, caratteristiche registrate, trattamento dei campioni non coagulanti, metodi statistici utilizzati e modo in cui sono stati presentati i risultati (Bittante et al., 2012).

A fronte di queste numerose variabili il confronto diretto fra razze può essere fatto solo all'interno di una stessa prova sperimentale o tra prove sperimentali differenti che abbiano condotto l'iter di campionamento ed analisi nelle stesse modalità. Bittante et al. (2012) al fine di estrapolare informazioni utili dai diversi studi scientifici pubblicati che prendono in esame le proprietà di coagulazione del latte, avevano utilizzato delle linee guida per effettuare il confronto dei risultati: in primo luogo sono stati scartati gli studi scientifici e prove sperimentali svolte con metodiche inusuali e non standard o che calcolavano le proprietà di coagulazione del latte in modo non convenzionale; inoltre, siccome tutti gli studi considerati includevano dati sul latte di razza Frisona, essa è stata considerata la razza di riferimento. Inoltre, poiché sia la variabilità che le differenze osservate tra razze erano spesso proporzionali ai valori medi ottenuti, le proprietà di coagulazione del latte medie di ogni razza sono state espresse come rapporto tra le proprietà di coagulazione del latte della razza e quelle della Frisona (assunto come 1,00). I quozienti così ottenuti sono stati utilizzati per calcolare medie e deviazioni standard per ogni razza. La Tabella 10 mostra il confronto tra più razze sintetizzato da Bittante et al. (2012; modificata includendo solamente le razze di interesse per il presente studio). Negli studi scientifici esaminati nella tabella, la razza frisona, caratterizzata da un'elevata produttività, produce un latte che si distingue per una scarsa attitudine alla coagulazione: i parametri lattodinamografici medi riscontrati sono 14,1 min per quanto riguarda l'RCT, 9,2 min per il k_{20} e 29,9 mm per l' a_{30} . Per la pezzata rossa invece, confrontando i rapporti dei parametri lattodinamografici con la razza frisona si può notare come nel complesso i valori maggiormente favorevoli siano evidenziati dalla Pezzata rossa (0,93, 0,75 e 1,26, rispettivamente per RCT, k_{20} e a_{30}).

Per quel che riguarda la resa casearia, lo studio proposto da Cipolat-Gotet et al. (2013), in cui sono state campionate un numero elevato di vacche (1.176; di razza bruna), ha evidenziato un valore di resa medio del 15%. Inoltre sono stati stimati anche altri caratteri che definiscono l'efficienza del processo di caseificazione, come il recupero dei nutrienti del latte nella cagliata. Sugli stessi dati, Bittante et al. (2013), hanno stimato i parametri genetici. Il valore di ereditabilità per la resa casearia è risultata del 18,5%. Anche Othmane et al. (2002), effettuando delle prove di micro-caseificazione utilizzando più di 7.000 campioni di latte individuale di pecora di razza churra, hanno riscontrato un'ereditabilità della resa casearia individuale pari all'8%, inferiori a quelli trovati da Bittante et al. (2013). El-Gawad et al. (2011) hanno evidenziato che i valori medi di resa maggiori si ottengono con le specie lattifere che producono un latte con un maggiore contenuto di grasso e proteina come, ad esempio, nel latte di bufala, la quale possiede un valore medio di resa casearia intorno al 25% (Zicarelli et al., 2007).

Per la specie bovina, l'effetto delle differenti razze sulla resa casearia è stato analizzato da numerosi studi scientifici. I primi studi effettuati hanno analizzato la resa casearia attraverso caseificazioni di latte di massa: ad esempio nel lavoro di Banks et al. (1986), è stato possibile confrontare la resa casearia del latte di massa proveniente da vacche di razza frisona o jersey. Essi, in seguito a prove di caseificazione in laboratorio per la produzione del formaggio Cheddar, hanno trovato valori di resa molto differenti a seconda della razza (frisona o jersey) e della dieta somministrata (estiva con pascolo o invernale con foraggi e concentrati). Un altro lavoro in cui è emersa l'importanza del fattore razza nella resa casearia è quello di Verdier-Metz et al. (1995), in cui per descrivere le caratteristiche del formaggio Saint-Nectaire (D.O.P.) sono state utilizzate tre diverse diete e tre diverse razze. Lo studio ha evidenziato che il formaggio prodotto con latte di vacche di razza frisona ha presentato un recupero di sostanza secca leggermente maggiore rispetto a quello di vacche di razza Montbeliarde o Tarantaise. Malacarne et al. (2006) studiando la resa casearia a 24 h del formaggio Parmigiano-Reggiano, hanno evidenziato che il latte delle vacche di razza bruna presentava una resa casearia marcatamente più alta rispetto a quello di vacche di razza Frisona italiana (+12,5% rispetto alla resa della frisona). Infine, un altro studio (De Marchi et al., 2008) ha voluto evidenziare l'effetto della razza (frisona o bruna) sulla qualità del latte e dei formaggi trentini Casolet, Vezzena e Trentingrana. La resa riscontrata dal latte di vacche di razza Bruna è risultata maggiore rispetto a quella di vacche di razza Frisona (+12%, +17% e +12% rispettivamente per i formaggi Casolet, Vezzena e Trentingrana).

Lo studio delle fonti di variazione della resa casearia a livello individuale è rimasto lacunoso per diversi anni. Lo studio di Hurtaud et al. (1995) è stato uno dei primi a determinare la resa casearia a livello individuale avvalendosi di una metodica di micro-caseificazione. Lo scopo di questo lavoro era quello di valutare la correlazione tra le proprietà di coagulazione e la resa casearia. Grazie allo studio condotto da Wedholm et al. (2006) è stato possibile confrontare la resa casearia a livello individuale di vacche di razze differenti. Le razze considerate dagli autori infatti sono state: Frisona danese, Pezzata rossa svedese e Frisona svedese. La Frisona danese ha mostrato una resa casearia individuale peggiore rispetto alla Frisona svedese ma soprattutto alla Pezzata rossa svedese.

FATTORI FISIOLÓGICI

Anche lo stato fisiologico delle bovine incide in modo sostanzioso sulla produttività e sui contenuti in grasso e proteina come mostra la curva di lattazione in Figura 10 (Corradini, 1995). La curva di lattazione descrive il variare della produzione giornaliera di latte in funzione del tempo trascorso dal parto ed è caratterizzata da una punta di produzione massima (picco di lattazione) e dal

tasso di declino successivo (persistenza). La curva di produzione possiede un andamento opposto rispetto alle curve che descrivono il contenuto in grasso e proteine: infatti, entrambi diminuiscono all'aumentare dell'attività secretoria della mammella bovina per poi aumentare in fase produttiva discendente. Alcuni autori hanno riscontrato sostanziali differenze nella composizione e nelle proprietà di coagulazione del latte tra inizio e fine lattazione (Kreuzer et al., 1996): in particolare, il latte munto da vacche a fine lattazione ha evidenziato un tenore di grasso e proteina maggiore del 10% rispetto a quello di inizio lattazione, mentre i contenuti in lattosio, urea e cellule somatiche hanno mostrato valori leggermente inferiori rispetto la fase iniziale.

Bastian et al. (1991), oltre ad approfondire le differenze delle proprietà di coagulazione del latte tra le razze Frisona e Jersey, hanno notato che lo stadio di lattazione e l'ordine di parto non influiscono sul tasso di rassodamento della cagliata, mentre il tempo di coagulazione presamica è sembrato diminuire con l'avanzare della lattazione.

Nello studio di Auld et al. (1996) riguardante l'effetto della lattazione e del contenuto in cellule somatiche sulla resa e sulla qualità del formaggio Cheddar, è stato osservato un chiaro effetto dello stadio di lattazione ed in particolare, a causa del maggior contenuto in grasso e proteina a fine lattazione, il latte ha evidenziato rese in formaggio maggiori rispetto a quanto riscontrato a inizio lattazione. Tuttavia a fine lattazione si verificano cambiamenti che sono sfavorevoli alla produzione di formaggio: infatti, anche in assenza di un elevato contenuto in cellule somatiche, l'integrità dell'epitelio della ghiandola mammaria viene meno e ciò permette l'afflusso di sieroproteine e altri costituenti del sangue nel latte che abbassano il rapporto caseina/proteina totale e il conseguente recupero di proteina nel formaggio (fatto evidenziato a maggior ragione con il latte di vacche a fine lattazione avente un elevato contenuto di cellule somatiche). Anche nello studio di Sapru et al. (1997), in cui si indagava l'influenza dello stadio di lattazione sulla composizione e la resa del formaggio Cheddar, è stato rilevato un peggioramento nella qualità del latte e maggiori perdite di grasso e proteina nel siero con l'avanzare della lattazione. Tali differenze sono risultate essere di entità minore rispetto a quelle trovate in precedenti studi soprattutto in relazione al fatto che il contenuto di cellule somatiche nel loro studio si è mantenuto al di sotto delle 150.000 cellule/ml. Secondo uno studio di Wedholm et al. (2006), la resa in formaggio è influenzata positivamente dal latte prodotto a fine lattazione (maggiore grasso e proteina) e con il latte di vacche più giovani. De Marchi et al. (2007), analizzando i parametri lattodinamografici di campioni di latte individuale munto da vacche di 5 diverse razze allevate in Provincia Autonoma di Trento, hanno osservato che nei primi 120 giorni di mungitura il tempo di coagulazione è risultato minore di 2,4 min rispetto a quello ottenuto durante fine lattazione (oltre i 200 giorni).

Infine, anche l'ordine di parto gioca un ruolo importante sulla qualità del latte, in quanto la capacità della mammella di sintetizzare la caseina tende a diminuire con l'età della bovina (Coulon et al., 1998). Come riscontrato da Cipolat-Gotet et al. (2013), le vacche primipare e secondipare hanno mostrato una resa casearia nettamente maggiore rispetto a vacche con più parti. Lo stesso studio aveva indagato anche l'effetto dello stadio di lattazione sulla resa casearia, la quale dopo un lieve calo nel primo periodo (in concomitanza con il picco della lattazione) aumenta pressoché linearmente a partire dal secondo mese sino al termine della stessa.

Un altro aspetto fisiologico che può condizionare le proprietà coagulative del latte e la resa casearia è lo stato di salute dell'animale ed in particolar modo del contenuto in cellule somatiche nel latte. Grandison & Ford (1986) hanno affermato che all'aumentare del contenuto in cellule somatiche presenti nel latte si ha una riduzione della forza del coagulo ed un aumento nel contenuto di umidità dei formaggi prodotti. Allo stesso modo, Politis & Kwai-Hang (1988), hanno osservato che la presenza di un elevato contenuto di cellule somatiche nel latte, porta alla produzione di un formaggio che trattiene maggiore umidità: di conseguenza le percentuali dei componenti solide (grasso e proteine) nel prodotto finito si riducono. In accordo con quanto affermato negli studi citati anche Barbano et al. (1991) hanno evidenziato come le perdite di proteine e grasso siano significativamente più alte, soprattutto per il latte con contenuto in cellule somatiche superiore a 127.000 per ml. Auld et al., (1996), hanno esaminato le conseguenze di un diverso livello di cellule somatiche sull'attitudine casearia del latte, notando che il latte con un elevato contenuto di cellule somatiche possedeva effetti negativi sia sulla resa in formaggio effettiva che su quella corretta per la percentuale di umidità. Klei et al. (1998,) hanno osservato che un aumento del contenuto di cellule somatiche nel latte da 83.000 a 872.500 cellule/ml influenzava negativamente la resa casearia.

2.5.2 Fattori ambientali

STAGIONE DI CAMPIONAMENTO

I fattori ambientali che giocano un ruolo importante nella qualità tecnologica del latte possono derivare dalle variazioni stagionali e dal clima. Secondo lo studio di Bastian et al., (1991) il latte raccolto durante la stagione invernale presenta un tempo di coagulazione più lungo rispetto al latte raccolto in altre stagioni e la forza del coagulo dopo 30 minuti dall'inserimento del caglio (a_{30}), è risultata essere maggiore durante l'autunno. Nello studio di Summer et al., (2003) sulle variazioni stagionali delle caratteristiche del latte e sulle perdite dei nutrienti del latte nel siero durante la caseificazione del formaggio Parmigiano-Reggiano, è stato riscontrato un quantitativo maggiore di sostanza secca, caseine e grasso nei periodi autunnali, rispetto ai periodi primaverili-estivi,

mostrando inoltre un minor tempo di rassodamento della cagliata (k_{20}) rispetto al latte munto durante la stagione primaverile-estiva. Questi cambiamenti sono imputabili agli effetti della temperatura e dei valori di umidità sullo stato metabolico delle bovine (Summer et al., 1999).

Nello studio di Malacarne et al. (2005), in cui sono state studiate le differenze stagionali delle proprietà di coagulazione del latte tra razze bruna e frisona italiana per la produzione del formaggio Parmigiano-Reggiano, è stato rilevato un effetto significativo dell'andamento stagionale e della razza. Entrambe le razze presentavano un netto peggioramento dei parametri lattodinamografici durante la stagione calda estiva, seguito da un miglioramento delle prestazioni nei mesi autunno-invernali. Infine, anche De Marchi et al. (2007) hanno osservato una coagulazione più rapida e dei valori favorevoli per a_{30} e k_{20} nei mesi di settembre-ottobre.

ALIMENTAZIONE

La dieta condiziona la composizione del latte e le sue qualità tecnologiche (Sutton, 1989; Kennelly & Glimm, 1998). La Figura 10 mostra l'andamento del contenuto di grasso e proteina durante la lattazione. Queste curve riflettono anche le variazioni quanti-qualitative del contenuto energetico della razione; in particolare la percentuale di grasso è influenzata sia dalla quantità di fibra somministrata che dalle riserve energetiche della bovina, cioè dalla sua condizione corporea (Bonnier, 1946; Stefanon et al., 2002). La modificazione del contenuto di grasso, proteina e lattosio può essere conseguenza della scelta della strategia alimentare, dalle caratteristiche bromatologiche degli alimenti e dalla loro qualità igienica (Stefanon et al., 2002). In particolar modo, l'influenza del bilancio energetico della razione condiziona non solo la quantità di grasso prodotta, ma anche la sua composizione in acidi grassi (Corradini, 1995).

Per quanto riguarda il processo di caseificazione, lo studio di Banks et al. (1986) ha evidenziato l'esistenza di un nesso tra l'effetto dieta nei confronti dell'efficienza dei recuperi dei componenti del latte nella cagliata. In questo studio gli animali (razza Jersey e Frisona) sono stati alimentati attraverso due tipologie di diete. La prima dieta era "estiva" e prevedeva il pascolo, invece la seconda dieta era quella "invernale" ed era costituita da foraggi e concentrati. Le rese casearie riscontrate per le vacche al pascolo sono risultate maggiormente favorevoli rispetto a quelle allevate in stalla (10,88% per la razza Frisona e 15,13% per la razza Jersey contro i 9,76 % per la Frisona e 12,93% per la Jersey). Nello studio di Macheboeuf et al. (1993) sono stati osservati gli effetti benefici del livello energetico della dieta sull'attitudine casearia del latte, imputabili anche alla natura degli alimenti ingeriti.

Verdier-Metz et al. (1995), nel caso di produzione del Saint-Nectaire, hanno evidenziato valori di resa casearia maggiori (anche se non significativa) utilizzando del latte di vacche

alimentate con insilato di mais rispetto a quello di vacche alimentate ad insilato d'erba o con foraggio da ricrescita. Questo miglioramento è imputabile al fatto che la concentrazione di grasso e proteine del latte sono risultate superiori nel gruppo alimentato con insilato di mais.

Come osservato da Kreuzer et al. (1996), migliorando la qualità del foraggio si ottiene un significativo abbassamento del pH nel latte. Lo stesso abbassamento è stato osservato anche con una dieta più ricca in concentrati (anche se in misura minore). Per quanto concerne i parametri lattodinamografici, gli autori hanno notato una riduzione nel tempo di coagulazione con una dieta più energetica, mentre la forza del coagulo non è aumentata significativamente. Contrariamente a quanto riscontrato da Kreuzer et al. (1996) i risultati ottenuti di Malossini et al. (1996) sugli effetti che dieta e razza hanno sulla composizione del latte e sulle proprietà di coagulazione; hanno evidenziato come un aumento del contenuto energetico nella dieta ha determinato una maggiore % di k_{20} misurati entro 30 minuti dall'inizio dell'analisi lattodinamografica. In questo studio, inoltre, è stato osservato che il rapporto foraggi/concentrati nella dieta non influisce sulla produzione di latte, sulla sua composizione e sulle sue caratteristiche di caseificazione. E' da sottolineare che i rapporti foraggi/concentrati presi in esame non erano estremi in quanto non sostenibili dalle condizioni pratiche di allevamento. Soryal et al. (2004), studiando gli effetti di diversi sistemi di alimentazione delle capre, hanno osservato che gli animali al pascolo con integrazione energetica hanno prodotto latte con una migliore attitudine casearia rispetto a quelli al pascolo senza integrazione o rispetto a quelli allevati in ambiente confinato, e quindi senza pascolo ma alimentati con concentrati. Infine Zhang et al. (2006) hanno analizzato l'effetto dell'aggiunta di semi di lino alla dieta di pecore in lattazione sulla composizione del latte, sulla sua resa in formaggio e sulla composizione in acidi grassi nel latte e nel formaggio. Secondo gli autori l'aggiunta di semi di lino nella dieta costituirebbe una valida strategia nutrizionale per ridurre la concentrazione di acidi grassi saturi e a corta catena, a vantaggio di un aumento della concentrazione di acidi grassi polinsaturi ed a lunga catena nel latte e nel formaggio.

TIPO DI STABULAZIONE e FREQUENZA DI MUNGITURA

Oltre alla dieta, anche le altre pratiche di allevamento possono influenzare i parametri lattodinamografici e la resa; in particolare sono stati dimostrati effetti derivanti dalla frequenza di mungitura (Sapru et al., 1997), stabulazione degli animali (Summer et al., 1999) e stoccaggio del foraggio (Verdier-Metz et al., 1998). Sapru et al. (1997) hanno riscontrato che mantenendo un intervallo di mungitura di 8 ore (ottenendo così 3 mungiture al giorno), la concentrazione di grasso e caseina è risultata leggermente inferiore (rispetto alle due mungiture tradizionali) mentre sono

stati riscontrati valori medi di acidità più elevati. Diversamente, non sono state trovate differenze nel recupero di proteine nel formaggio dovute a questo effetto.

Gli autori, analizzando l'effetto della frequenza di mungitura sull'attitudine casearia del latte hanno riscontrato che quest'ultima influenza sia la composizione dello stesso, sia la perdita di grasso nel siero, senza tuttavia condizionare la composizione del formaggio fresco.

Altri autori hanno valutato le differenze tra una o due mungiture quotidiane (Pomies et al. 2007), osservando che una sola mungitura giornaliera provocava differenze nei parametri lattodinamografici, ed in particolare ha comportato un aumento nel tempo di coagulazione non attribuibile all'aumento del pH (che in questo studio comunque non si è verificato), bensì più probabilmente all'aumento del livello di caseina. Questo effetto ha provocato un aumento del tempo richiesto per l'idrolisi della k-caseina da parte della chimosina e quindi del tempo di coagulazione. L'aumento nel valore della caseina ha spiegato anche la maggior forza del coagulo della cagliata prodotta da latte derivato da una mungitura giornaliera.

Gli effetti della stabulazione sono stati analizzati da Summer et al. (1999), i quali hanno messo in evidenza come le proprietà di coagulazione risultassero favorevoli per le vacche allevate a stabulazione libera rispetto in strutture a posta fissa. Durante l'estate, inoltre, le vacche allevate su lettiera permanente hanno sofferto maggiormente gli effetti negativi delle condizioni climatiche sfavorevoli rispetto a quelle allevate in strutture a stabulazione libera con cuccette mostrando parametri lattodinamografici peggiori. Verdier-Metz et al. (1998) studiando, invece le differenze tra i vari metodi di conservazione del foraggio (affienazione o insilamento), ma non hanno riscontrato differenze tra i due tipi di conservazione.

3 Obiettivi

La resa casearia ed il recupero dei nutrienti del latte nella cagliata sono considerati strategici per il miglioramento dell'efficienza produttiva del settore lattiero-caseario.

Negli ultimi anni, diversi lavori scientifici hanno proposto studi sulle fonti di variazione della resa di caseificazione a livello di latte di massa. Ad oggi, invece, non ci sono abbastanza studi sulla resa a livello individuale a causa della difficoltà nel mettere a punto una metodica in grado di essere efficiente e allo stesso tempo adatta alla definizione dei caratteri qualitativi dei formaggi prodotti. Le prove condotte sono generalmente molto costose, richiedono lunghe tempistiche di lavorazione e non sempre hanno dato risultati concordanti.

A fronte di ciò, lo scopo di questo lavoro consiste nella messa a punto di una metodica di analisi semplice per la valutazione l'intera efficienza del processo di caseificazione a livello individuale: in particolare tramite l'utilizzo di un Formagraph, strumento tradizionalmente utilizzato per la valutazione delle proprietà di coagulazione, verranno valutati i caratteri che descrivono la resa casearia ed il recupero dei nutrienti nella cagliata. Verrà considerata la possibilità dell'utilizzo della metodica per la valutazione dell'attitudine casearia a livello individuale durante i normali controlli funzionale delle vacche da latte. Infine, su caratteri raccolti durante la prova sperimentale, saranno valutate le seguenti fonti di variazione: lo stadio di lattazione, l'ordine di parto, la produzione giornaliera di latte ed il contenuto in cellule somatiche.

4 Materiali e metodi

4.1 Disegno sperimentale

La prova sperimentale è iniziata nel mese di ottobre 2013 ed ha avuto termine nel mese di gennaio 2014. I campioni di latte sono stati prelevati in 4 allevamenti situati in Friuli-Venezia Giulia, nelle province di Udine e Pordenone.

In totale sono stati prelevati 289 campioni di latte individuale di bovine di razza Frisona e Pezzata Rossa. In Tabella 11 sono riportate le razze oggetto di campionamento con la loro relativa numerosità (n e %). La razza maggiormente campionata è stata la Pezzata Rossa (175), seguita dalla Frisona (81): da segnalare anche il campionamento di alcuni incroci (10). Nelle Tabelle 12 e 13 invece sono riportate le frequenze (n, %, frequenza cumulativa e frequenza cumulativa %) delle vacche campionate sulla base dei giorni di lattazione (DIM) e del numero di lattazioni. Lo stadio di lattazione è stato suddiviso nelle seguenti classi: <70 giorni; >70<100 giorni; <101>130 giorni; >131<160 giorni; <161>190 e >190 giorni. Osservando le frequenze, la maggior parte delle vacche campionate rientrano nelle prime tre classi, e più precisamente il 19% nella prima classe, circa il 20% nella seconda e circa il 15% nella terza. Le vacche sono state suddivise in base al numero di lattazioni, lasciando l'ultima classe aperta (≥ 4 lattazioni). Al momento del campionamento la maggiorparte delle vacche selezionate si trovava alla prima o seconda lattazione (rispettivamente il 36% e il 22% circa).

Infine in Tabella 14 sono riportate le frequenze vacche campionate sulla base della produzione giornaliera di latte (dMY). Il dato medio della produzione di latte è risultato di circa 28 kg di latte al giorno (kg/d) con una deviazione standard di 7,11. Le frequenze maggiori si riscontrano nelle classi centrali ed in particolare il 23% per la classe nell'intervallo produttivo di 26,28-29,82 kg/d e 21% per la precedente classe (22,72-26,27 kg/d).

Ogni campionamento è stato effettuato durante la mungitura della sera. Il latte di ciascun animale è stato raccolto in secchi idonei per poi esser stato suddiviso nelle aliquote necessarie alle analisi di laboratorio per un totale di:

- 2 provette falcon da 50 ml per determinazione della composizione chimica, conta delle cellule somatiche, pH, proprietà coagulative, resa casearia e recuperi dei nutrienti nella cagliata;

Durante il trasporto al laboratorio i campioni sono stati mantenuti a una temperatura di 3–4°C in frigo trasportabile, stoccati per una notte alla suddetta temperatura e processati la mattina seguente.

4.2 Analisi chimico-fisiche

Le analisi chimiche sono state condotte nel Laboratorio Qualità Latte (DAFNAE - Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente), tramite l'utilizzo dei seguenti strumenti:

- pHmetro portatile PH 25+
- Fossomatic Minor (FOSS, Italy) per la conta delle cellule somatiche;
- Milkoscan FT2 (FOSS, Italy) per la determinazione della composizione chimica del latte e del siero;
- Lattodinamografo (LDG) o Formagraph per la determinazione dei parametri coagulativi del latte;

Lattodinamografo o Formagraph

Il lattodinamografo o Formagraph (FRM; Foss Electric, Hillerød, Denmark) è lo strumento meccanico usato tradizionalmente per valutare le proprietà di coagulazione del latte (MCP, Milk Coagulation Properties). È costituito da un modulo di servizio a piastra utilizzato per riscaldare i rack (blocchi in acciaio presentanti 10 pozzetti) a 35°C, un sistema computerizzato (software) e da un modulo di misura multipla che permette di analizzare contemporaneamente 10 campioni di latte per un intervallo di tempo impostato dall'operatore (normalmente 30 min). Una volta raggiunti i 35°C il rack viene inserito nello strumento di analisi e, in ogni campione di latte, viene immerso un pendolo. Durante l'analisi, il rack oscilla trasversalmente al pendolo. La coagulazione viene registrata attraverso un grafico "consistenza coagulo/tempo" (mm/min) sulla base delle oscillazioni del pendolo al momento della gelificazione del campione di latte. Quindi, fintanto che il coagulo non si è ancora formato, al pendolo non viene trasmessa forza sufficiente affinché si muova. I fasci luminosi riflessi dagli specchi dei singoli pendoli non evidenziano alcun spostamento degli stessi: in questa fase viene registrata una consistenza del coagulo pari a 0 mm il cui grafico è rappresentato da una singola linea continua. Quando il latte inizia a gelificare, l'aumento di viscosità e l'iniziale formazione della cagliata causano un movimento sincronizzato del pendolo. I grafici mettono in evidenza l'andamento della coagulazione e la consistenza del coagulo, intesa come viscosità ed elasticità. Al termine dell'analisi si ottengono i 3 principali parametri lattodinamografici precedentemente descritti: il tempo di coagulazione (RCT); il tempo di rassodamento (k_{20}); la consistenza del coagulo (a_{30}).

Nano-caseificazione

La metodica di nano-caseificazione ha previsto l'apporto di alcune modifiche allo strumento Formagraph, in particolare ai rack in acciaio. Per prima cosa il diametro di ciascun pozzetto di questo nuovo tipo di rack è stato aumentato rispetto al diametro dei pozzetti del rack classico. In questo modo ciascun pozzetto è in grado di ospitare al suo interno una provetta in vetro la cui forma e diametro interni rispecchiano quelli del tradizionale pozzetto. La provetta in vetro è stata studiata per poter essere facilmente maneggiata prima e successivamente all'analisi garantendo la facilità delle varie misurazione che caratterizzano la metodica proposta. A questo proposito, per poter recuperare a loro volta le provette all'interno del rack, in corrispondenza di ciascun pozzetto sono stati creati dei piccoli fori. Il foro permette una facile estrazione della provetta (e il suo contenuto) dal rack.

Per quanto riguarda la metodica, inizialmente i campioni di latte vengono pesati ed ogni provetta viene inserita nel rack per procedere con la fase di riscaldamento. Quindi il rack viene inserito nel Formagraph per procedere con l'analisi lattodinamografica che prevede la durata di 30 min. Una volta conclusasi l'analisi lattodinamografica, segue lo svolgimento di determinate operazioni quali due tagli successivi della cagliata ed il riscaldamento della stessa per favorire lo spurgo del siero. La fase finale della metodica prevede la pressatura della cagliata da parte dell'operatore ed il riposo della stessa per 30 min.

Per ogni campione vengono eseguite le seguenti operazioni riassunte nel diagramma di flusso in Figura 15:

- 9 mL di latte sono inseriti nelle provette in vetro, preventivamente pesate;
- Il peso del latte viene registrato;
- La provetta in vetro contenente il latte è inserita nel rack in acciaio che presenta 10 fori (pozzetti), due dei quali (gli estremi) sono inutilizzati (per minimizzare le differenze in termini di temperatura durante la coagulazione). Ogni pozzetto rappresenta un campione di analisi. Dopo aver riempito il rack con le provette di latte, questo è posto sulla piastra preriscaldante (35°C). I campioni sono analizzati in doppio, per un totale di 4 campioni per rack (4 animali);
- Raggiunta la temperatura di 35°C (tempo 15 minuti) vengono aggiunti 200 µl di soluzione coagulante enzimatica (0,268 µl di caglio liquido di bovino (NATUREN TM STANDARD 215, Hansen 215 IMCU/ml) diluiti in 25 ml di acqua distillata) per ogni pozzetto;
- Successivamente, il rack viene posizionato su una piastra oscillante all'interno del modulo di registrazione ed ha inizio l'analisi lattodinamografica;

- L'aggiornamento dell'ampiezza della campana avviene in tempo reale (ogni 15 secondi).
- La durata dell'analisi consta di 30 minuti, durante i quali vengono registrati i parametri coagulativi del latte RCT, k_{20} e a_{30} .
- Terminata l'analisi è effettuato un primo taglio del coagulo;
- Il rack è spostato in un'altra piastra pre-riscaldata a 70° C per 30 minuti, per la cottura delle cagliate (la cagliata raggiunge i 55°C);
- Un secondo taglio è effettuato dopo 15 minuti dall'inizio della fase di cottura;
- Terminata la fase di cottura si esegue lo scarico delle cagliate all'interno di piccoli imbuto dotati di filtro metallico, posizionati all'interno di falcon da 15 ml, per raccogliere il siero di sgrondo.
- Segue una fase di riposo di 30 minuti, all'inizio dei quali viene esercitata una decisa pressione sulle cagliate mediante utilizzo di bacchetta metallica da laboratorio;
- Al termine dei 30 minuti le cagliate sono riposte all'interno delle loro corrispondenti provette per essere pesate; in seguito anche le falcon con imbuto e filtro sono pesate per la determinazione del peso del siero.

La composizione del siero è stata determinata utilizzando lo strumento MilkoScan FT2 (FOSS, Italy). Grazie alla determinazione del peso e della composizione del latte e del siero, è stato possibile definire dei caratteri che descrivono l'efficienza del processo di caseificazione.

Sono state stimate 3 differenti tipologie di resa in cagliata:

La resa casearia (CY_{CURD} , %) è stata determinata tramite il rapporto tra il peso della cagliata, espresso in grammi e il peso del latte, sempre in grammi:

$$\%CY_{CURD} = \frac{\text{cagliata (g)}}{\text{latte (g)}} \times 100$$

La resa in sostanza secca (CY_{SOLIDS} , %) è stata determinata tramite il rapporto tra il peso della sostanza secca presente nella cagliata, espresso in grammi, sul peso totale del latte, anch'esso espresso in grammi:

$$\%CY_{SOLIDS} = \frac{\text{sostanza secca cagliata (g)}}{\text{latte (g)}} \times 100$$

La ritenzione dell'acqua nella cagliata (CY_{WATER} , %) è stata determinata tramite il rapporto tra il peso dell'acqua presente nella cagliata, espresso in grammi, sul peso totale del latte, anch'esso espresso in grammi:

$$\%CY_{WATER} = \frac{\text{acqua cagliata (g)}}{\text{latte (g)}} \times 100$$

Sono stati inoltre stimati i recuperi nella cagliata di alcuni componenti del latte (grasso, proteina e sostanza secca).

Il recupero di grasso nella cagliata (REC_{FAT} , %) è stato calcolato tramite il rapporto del grasso nella cagliata, espresso in grammi, sul grasso totale del latte, anch'esso espresso in grammi:

$$REC_{FAT}(\%) = \frac{\text{grasso cagliata (g)}}{\text{grasso latte (g)}} \times 100$$

Il recupero di proteina nella cagliata ($REC_{PROTEIN}$, %), è stato calcolato tramite il rapporto della proteina nella cagliata, espressa in grammi, sulla proteina totale del latte, anch'essa espressa in grammi:

$$REC_{PROTEIN}(\%) = \frac{\text{proteina cagliata (g)}}{\text{proteina latte (g)}} \times 100$$

Il recupero di sostanza secca nella cagliata (REC_{SOLIDS} , %), è stato calcolato tramite il rapporto della sostanza secca nella cagliata, espressa in grammi, sulla sostanza secca totale del latte, anch'essa espressa in grammi:

$$REC_{SOLIDS}(\%) = \frac{\text{sostanza secca cagliata (g)}}{\text{sostanza secca latte (g)}} \times 100$$

4.3 Analisi statistica

Le informazioni sperimentali sono state analizzate impiegando le procedure del pacchetto statistico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Il contenuto in cellule somatiche (SCC) è stato log-trasformato nel tradizionale somatic cell score (SCS) come proposto da Ali & Shook (1980). Per la valutazione dei caratteri di efficienza del processo di caseificazione (%CYs, e RECs) è stato utilizzato un modello lineare misto. Il modello lineare utilizzato è stato il seguente:

$$y_{ijklmnop} = \mu + \text{HTD}_i + \text{DIM}_j + \text{parity}_k + \text{dMY}_l + \text{SCS}_m + \text{pozzetto}_n + \text{animale}_o + e_{ijklmnop},$$

dove:

$y_{ijklmnop}$ = variabile dipendente (CYs, RECs);

μ = intercetta generale del modello;

htd_i = effetto fisso dell' i^{ma} classe di htd (herd/test day; 4 allevamenti/giornate di campionamento);

DIM_j = effetto fisso dell' j^{ma} classe di stadio di lattazione della bovina (classe 1: $\text{DIM} \leq 70$ giorni; classe 2: $70 \text{ giorni} < \text{DIM} < 99$ giorni; classe 3: $100 \text{ giorni} < \text{DIM} < 129$ giorni; classe 4: $130 \text{ giorni} < \text{DIM} < 159$ giorni; classe 5: $160 \text{ giorni} < \text{DIM} < 189$ giorni; classe 6: $\text{DIM} \geq 190$ giorni);

parity_k = effetto fisso della k^{ma} classe di ordine di parto della bovina ($j = \text{da } 1 \text{ a } 4$);

dMY_l = effetto fisso dell' l^{ma} classe di produzione giornaliera di latte (classe 1: $\text{dMY} < 19.16$ kg/d; classe 2: $19.16 \leq \text{dMY} < 22.71$ kg/d; classe 3: $22.71 \leq \text{dMY} < 26.27$ kg/d; classe 4: $26.27 \leq \text{dMY} < 29.82$ kg/d; classe 5: $29.82 \leq \text{dMY} < 33.37$ kg/d; classe 6: $33.37 \leq \text{dMY} < 36.92$ kg/d; classe 7: $\text{dMY} \leq 36.92$ kg/d;

SCS_m = effetto fisso dell' m^{ma} classe del SCS (classe 1: $\text{SCS} < 0.17$; classe 2: $0.17 \leq \text{SCS} < 1.26$; classe 3: $1.12 \leq \text{SCS} < 2.36$; classe 4: $2.36 \leq \text{SCS} < 3.46$; classe 5: $3.46 \leq \text{SCS} < 4.55$; classe 6: $4.55 \leq \text{SCS} < 5.65$ kg/d; classe 7: $\text{SCS} \leq 5.65$ kg/d;

pozzetto_n = effetto fisso dell' n^{mo} livello della caldaia (16 livelli);

animale_o = effetto random dell' o^{ma} vacca da latte campionata ($N = 289$);

$e_{ijklmno}$ = errore casuale $\sim N(0, \sigma^2_e)$.

5 Risultati e discussione

In Tabella 15 sono riportate le statistiche descrittive riguardanti la composizione chimica del latte, del siero e della cagliata. Il valore medio della sostanza secca riscontrata nel latte è stato pari a 13,50%. Si ricorda che per questa prova sperimentale sono state campionate vacche di razza frisona, pezzata rossa e relativi incroci. I valori medi della sostanza secca del siero (7,92%) rispecchiano quelli ottenuti da Cipolat-Gotet et al., (2013) in cui è stata proposta una metodica di caseificazione a livello individuale. Nello studio citato sono stati processati fino a 15 campioni di latte al giorno mentre la metodica proposta nel presente studio permette di processare fino a 80 campioni al giorno mediante l'utilizzo di due lattodinamografi. Va ricordato, inoltre, che per ogni animale vengono effettuate due analisi con la possibilità di migliorare l'accuratezza della misura effettuata. Il contenuto in sostanza secca della cagliata ottenuta è risultato più basso rispetto allo studio sopra citato. Bisogna sottolineare che comunque questo valore non si discosta molto dai valori medi di sostanza secca della cagliata fresca ottenibili in un tradizionale processo di caseificazione.

La proteina media del latte è di 3,46% ed è importante ricordare che il dato medio include il latte di due differenti razze. Le medie nazionali raccolte dall'AIA (Associazione Italiana Allevatori) nel 2012 indicano che il contenuto in proteina per le vacche di razza Frisona e Pezzata Rossa è risultato essere rispettivamente del 3,31% e 3,43%. Ne consegue che il dato ottenuto in questa prova è maggiore rispetto alla media delle due razze a livello nazionale. Il tenore medio proteico riscontrato nel siero è stato di 0,98% mentre nella cagliata del 16,19%. I dati ottenuti sono molto simili a quelli ottenuti da Cipolat-Gotet et al. (2013), in cui il valore medio della proteina nel siero e nella cagliata è stato rispettivamente del 0,97% e del 19,51%. Il valore medio di caseina è risultato essere di 2,75% con una deviazione standard dello 0,70. I contenuti di proteina e caseina nel latte, tra loro strettamente associati, variano in base alla razza (Mariani, 1987). Il conseguente indice caseinico ottenuto nel presente studio è stato del 79%.

Il contenuto medio di lattosio nel latte è risultato del 4,85% il quale, come atteso, ha presentato un valore basso di DS (0,21). Il lattosio è un carattere fisiologicamente poco variabile e, nella vacca da latte, si attesta attorno al 5%. Per quanto riguarda il tenore di grasso (4,11%) il dato raccolto in questo studio è risultato più alto rispetto alle medie nazionali per entrambe le razze (AIA, 2012). I dati dell'Associazione Italiana Allevatori (AIA) inerenti all'anno 2012, hanno mostrato che a livello nazionale la percentuale di grasso riscontrato nel latte di vacche di razza frisona e pezzata rossa è stato rispettivamente pari al 3,86% e 3,66%. In uno studio in cui sono state

confrontate le proprietà di coagulazione del latte di 5 razze bovine, De Marchi et al. 2007, hanno evidenziato dei valori medi più bassi rispetto a quanto osservato nel presente studio.

Il pH mediamente riscontrato è stato di 6,53, con una DS del 0,11. Il pH è un parametro poco variabile che può influenzare le proprietà di coagulazione del latte, in quanto all'aumentare dell'acidità del latte si riscontra una diminuzione del tempo di coagulazione. La chimosina, enzima che interviene nel processo di caseificazione, agisce meglio nel latte con pH leggermente acido. Per quanto riguarda le cellule somatiche (SCS) il dato medio riscontrato è stato del 2,94 con una deviazione standard del 2,21. E' noto che questo carattere riveste un ruolo fondamentale per la valutazione dello stato di salute e di stress dell'animale, in quanto indice di eventuali infiammazioni a livello mammario. Inoltre, questo carattere è legato alla qualità tecnologico-casearia del latte in quanto un'elevata presenza di cellule somatiche ($SCC > 400.000$) può avere effetti negativi sul processo di caseificazione, portando ad un prolungamento dei tempi di rassodamento della cagliata a causa dell'innalzamento del pH del latte (Salvadori Del Prato, 2009). Nello studio di De Marchi et al. (2007), in accordo con un altro studio (Vicario, 2005), il valore osservato di cellule somatiche nel latte di razza frisona era pari 4,01 mentre le pezzate rosse possedevano un valore molto più basso, caratteristico della razza (3,34). Nella presente prova sperimentale è stato riscontrato un dato medio complessivamente inferiore.

La Tabella 16 mostra le medie e deviazioni standard relative ai parametri lattodinamografici ed alle variabili che descrivono l'efficienza del processo di caseificazione. Per quanto riguarda i parametri lattodinamografici, mediamente si è riscontrato un valore di circa 18 minuti per l'RCT, 3,64 minuti per k_{20} e circa 39 millimetri per l' a_{30} . In una review relativa alle proprietà di coagulazione del latte di Bittante et al. (2012), gli autori hanno messo a confronto dati provenienti da diversi studi relativi a RCT, k_{20} e a_{30} di diverse razze bovine. Il valore medio di RCT per le vacche frisone è risultato essere di $14,4 \pm 4,9$ minuti; $9,2 \pm 3,1$ minuti per il k_{20} e $29,9 \pm 8,0$ millimetri per l' a_{30} . Confrontando i risultati ottenuti per la frisona (posta a 1,00), per le pezzate rosse è stato riscontrato una maggiore velocità del processo di coagulazione con i seguenti valori: $0,93 \pm 0,07$ per RCT, $0,75 \pm 0,10$ per il k_{20} e $1,26 \pm 0,11$ per l' a_{30} . Nello studio di De Marchi et al. (2007) sono stati ottenuti i seguenti valori medi per il latte di vacche di razza frisona: 18 minuti per l'RCT, 8,2 minuti per k_{20} e 17,5 millimetri per l' a_{30} . Invece i parametri lattodinamografici rilevati per la pezzata rossa sono stati pari a: 16,2 minuti per l'RCT, 6,4 minuti per k_{20} e 21,9 millimetri per l' a_{30} .

Per quanto riguarda la resa in cagliata (CY_{CURD} , %) la media ottenuta è stata del 17,70%. Confrontando questo risultato con quanto osservato da Cipolat-Gotet et al. (2013) il valore medio ottenuto nel presente lavoro è risultato maggiore (17,70% vs 15,00%). Tale differenza può esser

spiegata dalla diversità nella metodica presentata rispetto alla micro-caseificazione adottata nello studio di Cipolat-Gotet (2013). Per quanto riguarda la metodica di nano-caseificazione, il ridotto tempo di pressatura della cagliata e l'assenza di salamoia potrebbero aver determinato un minimo aumento medio dei valori di resa (CY_{CURD} e CY_{WATER}) dovuto ad una maggiore ritenzione in acqua. Un importante aspetto da tenere presente per l'interpretazione dei risultati ottenuti in termini di $\%CY_{CURD}$, è proprio la sua scomposizione in resa della sostanza secca e la ritenzione in acqua (rispettivamente $\%CY_{SOLIDS}$ e $\%CY_{WATER}$). Come si può notare, i valori medi riscontrati sono stati rispettivamente di 7,10% e 10,59% con deviazioni standard di 0,88 e 1,40. Ecco quindi che, nel confronto con lo studio di Cipolat-Gotet et al. (2013), sebbene la resa in sostanza secca sia leggermente inferiore, si può notare una rilevante differenza nella ritenzione idrica nella cagliata. Probabilmente, a spiegare i maggiori valori del presente studio rispetto a quello di Cipolat-Gotet et al. (10,59% vs 7,77%) è proprio la diversa metodica utilizzata. Nello specifico, una maggior ritenzione d'acqua era attesa in quanto i tempi di pressatura sono stati ridotti a circa un minuto rispetto ai 60 minuti nel metodo di micro-caseificazione utilizzato da Cipolat-Gotet et al., (2013) e non è stato effettuato nessun tipo (a secco o liquida) di salamoia. Nello studio di Othmane et al. (2002), in cui è stata sperimentata una metodica di caseificazione utilizzando un ridotto quantitativo (10 ml) di latte di pecora di razza Churra, la resa media ottenuta dalle caseificazioni in laboratorio era pari a 26,5 Kg/100 litri: questo valore elevato è dovuto ovviamente al tipo di latte utilizzato; è nota, infatti, una migliore efficienza in termini di resa casearia del latte di pecora rispetto quello di vacca come conseguenza di una maggiore contenuto percentuale di grasso e caseina del latte ovino. Inoltre, la metodica prevedeva l'utilizzo della centrifugazione per la separazione del siero dalla cagliata: questa operazione tende ad aumentare il recupero dei nutrienti del latte nella cagliata (in particolare del grasso) aumentando quindi anche la resa in formaggio. Va sottolineato che la centrifugazione del campione di latte dopo la coagulazione è un'operazione che discosta i risultati ottenuti da quelli ottenibili in un normale processo di caseificazione in quanto tende a ridurre al minimo le perdite dei nutrienti nel siero. Per evitare questa problematica, nel presente studio non è stata utilizzata la centrifugazione: grazie a ciò è stato possibile ottenere dei valori medi dei caratteri che descrivono il processo di caseificazione più vicini a quelli ottenibili in un normale processo di caseificazione. Nel caso dei recuperi di proteina (77% circa), grasso (84% circa) e sostanza secca (52% circa), i dati ottenuti nel presente studio sono risultati leggermente inferiori (ad eccezione del REC_{SOLIDS}) ma comunque paragonabili a quelli ottenuti da Cipolat-Gotet et al. (2013) processando campioni di latte individuale (razza bruna). A livello di latte di massa bovino, i recuperi dei nutrienti del latte nella cagliata per singolo componente (caseina, proteina, grasso) e per la sostanza

secca, sono stati ampiamente studiati e sono stati testati su questi caratteri gli effetti legati alle tecnologie di produzione (Bynum and Olson, 1982), alla qualità del latte (Verdier-Metz et al., 2001, Ikonen et al., 1999), alla razza (Banks et al., 1986; Malacarne et al., 2006) alla stagione (Summer et al., 2003), ed all'alimentazione (Banks et al., 1986; Kefford et al., 1995; Verdier-Metz et al., 1998). Nella maggior parte degli studi, però, è stato processato del latte parzialmente scremato per equilibrare il rapporto grasso:proteina/caseina e per simulare la produzione di formaggi normalmente presenti nel mercato lattiero-caseario. Se nel caso della resa, la standardizzazione del latte provoca minori variazioni nei risultati, legate soprattutto alla diminuzione del grasso nel latte, i recuperi nella cagliata (%) vengono maggiormente influenzati da questo trattamento del latte ed in particolare il REC_{FAT}. Anche la correzione del contenuto in acqua della cagliata (solitamente standardizzata a 37%) ottenuta può determinare una riduzione della variabilità dei caratteri che descrivono l'efficienza del processo di caseificazione. A livello individuale, Cipolat-Gotet et al., (2013) hanno evidenziato una discreta variabilità fenotipica per questi caratteri, mentre Bittante et al., (2013) hanno osservato una reale potenzialità di questi caratteri ad essere utilizzati come strumento per il miglioramento genetico dell'attitudine casearia del latte bovino.

La Tabella 17 mostra i risultati ottenuti dall'analisi della varianza dei parametri lattodinamografici. L'HTD (Herd/Test date) include gli effetti derivanti dall'allevamento campionato e dalla giornata di campionamento/analisi in quanto per ogni giornata di analisi è stato campionato un singolo allevamento e per ogni allevamento è stato effettuato un singolo campionamento. Essendo quindi un effetto confuso, non è possibile attribuire solamente al tipo di allevamento campionato la quota di variabilità spiegata dall'effetto. Comunque, esso è risultato significativo solamente per k_{20} . Lo stadio lattazione, è risultato significativo sia per k_{20} che per a_{30} (Figura 16) ma non l'RCT: questo forse è dovuto al fatto che la prova sperimentale non è stata ancora completata per cui la numerosità dei campioni di latte analizzati è limitata e le differenti classi di DIM non sono del tutto bilanciate da un punto di vista numerico. Infatti, in bibliografia, si trovano degli studi che hanno trovato una certa importanza dei DIM per questi caratteri. Ad esempio, Cipolat-Gotet et al. (2012) hanno rilevato un'alta significatività dei giorni di lattazione per RCT, k_{20} , a_{30} e a_{45} , mentre De Marchi et al. (2007) hanno rilevato un'alta significatività solamente per RCT evidenziando in generale un rallentamento del processo di caseificazione in corrispondenza del picco di produzione di latte. In accordo con i precedenti studi, i risultati di questo lavoro hanno evidenziato un a_{30} maggiore intorno al picco di lattazione con una tendente diminuzione con il proseguire della lattazione (Figura 16).

L'ordine di parto è risultato significativo solo per il carattere a_{30} . In letteratura (Cipolat-Gotet et al., 2012) è evidenziato che le bovine più giovani possiedono migliori performance per i parametri lattodinamografici (processo di coagulazione maggiormente veloce). Invece, in questo lavoro, le primipare hanno evidenziato un risultato peggiore rispetto alle pluripare sia per quanto riguarda l' a_{30} che per quanto riguarda l'RCT. C'è da considerare però che la differenza tra la LSM maggiore e minore per il parametro RCT è risultata essere di soli 1,26 minuti e questo valore può essere considerato abbastanza limitato.

La produzione di latte giornaliera (dMY; daily milk yield, $\text{kg} \times \text{d}^{-1}$) è risultata significativa per k_{20} e a_{30} . Per il k_{20} la differenza tra la LSM maggiore e minore rientra nei 0,88 minuti e quindi anche questo dato risulta trascurabile rispetto l'alta variabilità che caratterizza il tempo di rassodamento. Per quanto riguarda la consistenza del coagulo si è notato un tendenziale aumento all'aumentare della produttività delle bovine.

Com'era prevedibile, il contenuto di cellule somatiche è risultato significativo per tutti e tre i parametri di coagulazione. Infatti com'è noto, si riscontra una scarsa reattività del latte al caglio nel latte prodotto da bovine affette da mastiti o da disordini secretori delle mammelle che presentano elevate cariche di cellule somatiche (Cecchi et al., 2003). Osservando le Figure 17 e 18 si nota come l'aumento delle cellule somatiche presenti nel latte comporta un peggioramento di tutti e tre i parametri, ed in particolare si riscontra un trend crescente per quanto riguarda RCT e k_{20} e di conseguenza un andamento decrescente per l' a_{30} , in quanto è nota la correlazione negativa tra RCT e a_{30} .

In Tabella 18 sono presentati i risultati relativi all'analisi della varianza dei caratteri che descrivono l'efficienza del processo di caseificazione. Come si può notare l'HTD è risultato significativo ($P < 0,001$) per CY_{CURD} e CY_{WATER} (%) e non per $\text{CY}_{\text{SOLIDS}}$ (%). Cipolat-Gotet et al. (2013) avevano riscontrato una varianza maggiore dell'HTD per la ritenzione idrica nella cagliata. Bisogna sottolineare che rispetto al presente lavoro, nello studio citato sono stati campionati un maggior numero di allevamenti (85). Lo stadio di lattazione, invece, è risultato significativo ($P < 0,001$) solamente per $\text{CY}_{\text{SOLIDS}}$ (%) con una differenza tra i valori estremi di LSM pari a 0,49%. Sia Wedholm et al. (2006) che Cipolat-Gotet et al. (2013) hanno evidenziato una diminuzione lineare della resa casearia dal picco di produzione giornaliera di latte col proseguire della lattazione.

Per quanto riguarda i recuperi è stato riscontrato un effetto significativo dello stadio di lattazione per $\text{REC}_{\text{PROTEIN}}$ e REC_{FAT} . Le LSM per i recuperi di proteina e grasso hanno messo in evidenza il loro tendenziale andamento opposto, come mostrato in Figura 19. Il rapporto tra grasso e proteina nel latte è molto importante ai fini della trasformazione casearia: in generale, se questo

rapporto aumenta a favore del grasso è possibile assistere ad un aumento delle perdite di siero di questo componente. Questi risultati sono in accordo con quanto osservato da Cipolat-Gotet et al., (2013) per il latte di razza Bruna: nello studio citato, lo stadio di lattazione è risultato influenzare il recupero di grasso e proteina nella cagliata, nonostante non sia stato evidenziato un chiaro trend. Per il latte di vacche di razza bruna, i DIM sono risultati significativi per REC_{SOLIDS} presentando un incremento lineare del carattere con l'avanzare della lattazione. Anche Kefford et al., (1995) utilizzando latte di massa parzialmente scremato, non hanno trovato differenze tra media e fine lattazione per REC_{FAT} e $REC_{PROTEIN}$ ma solamente valori più alti di REC_{SOLIDS} per il latte a fine lattazione. Auld et al., (1996) hanno invece osservato valori più bassi per $REC_{PROTEIN}$ e REC_{FAT} nella tarda lattazione in bovine che presentavano un elevato contenuto di cellule somatiche ($SCC > 5 \times 10^5/mL$) nel latte prodotto.

L'ordine di parto ha mostrato una significatività molto elevata ($P < 0,001$) per CY_{SOLIDS} (%) e in minor misura per CY_{CURD} (%). Le LSM hanno mostrato rese maggiori per le vacche primipare e secondipare rispetto alle vacche più vecchie: tali andamenti sono stati confermati anche dallo studio Cipolat-Gotet et al. (2013).

L'effetto dell'ordine di parto nei confronti dei RECs è risultato significativo ($P < 0,001$) solo per il recupero di grasso nella cagliata. Al contrario, Cipolat-Gotet et al. (2013) avevano riscontrato una significatività dell'ordine di parto per il recupero di proteina evidenziando un minor recupero del componente per le vacche con un numero maggiore di parti. Anche in questo lavoro le LSM hanno mostrato un recupero di proteina maggiore per le vacche primipare e secondipare rispetto a quelle al terzo parto, ma nel complesso si è riscontrata poca variabilità dovuto probabilmente dai pochi allevamenti campionati e dal basso numero di campioni di latte analizzati. Per quanto riguarda il recupero di grasso, le LSM hanno evidenziato una trend decrescente per le vacche con un maggiore numero di parti.

La produzione di latte delle bovine è risultata significativa per tutti e tre i caratteri di resa, ed in particolar modo per CY_{SOLIDS} (%). La Figura 20 mostra le LSM delle tre CYs per le diverse classi di produttività delle bovine campionate, le quali non hanno evidenziato un chiaro trend. La differenza tra la classe di bovine meno produttive (con una produzione giornaliera inferiore a <19.16) e quella di bovine più produttive (con produzioni di latte superiori ai >36.92) è risultata essere dell'1,21% per CY_{CURD} (%), 1,38% per CY_{SOLIDS} (%) e 0,54% per CY_{WATER} (%). La produttività degli animali è risultata significativa ($P < 0,001$) anche per i recuperi di sostanza secca e di grasso nella cagliata evidenziando recuperi minori per le vacche più produttive.

Com'era prevedibile, il contenuto di cellule somatiche è risultato influenzare sia la resa che i recuperi dei nutrienti del latte nella cagliata. In Figura 21 si possono osservare le LSM delle tre CYs per il contenuto di cellule somatiche, le quali mostrano risultati contraddittori. Com'era prevedibile, le vacche appartenenti alla classe più bassa di cellule somatiche presentano un valore di resa maggiore rispetto alla seconda classe, anche se le differenze tra le LSM non sono elevate. In disaccordo con quanto atteso, l'andamento complessivo risulta crescente fino alla terza classe di cellule somatiche per poi peggiorare nell'ultima classe (SCS > 5,65).

Infine nelle Figure 22 e 23 sono evidenziate le LSM relative ai recuperi di proteina, grasso e sostanza secca per il contenuto di cellule somatiche. Per quanto riguarda il primo grafico si può notare il tendenziale aumento del recupero di proteina, che conferma quanto visto per la resa e per la ritenzione di acqua nella cagliata osservata nel grafico precedente: infatti è nota che la caseina formante il reticolo durante il processo di coagulazione tende ad intrappolare le molecole di acqua. Il recupero del grasso nella cagliata presenta invece un andamento erratico. Le LSM relative al recupero di sostanza secca per il contenuto di cellule somatiche, hanno mostrato un andamento tendenzialmente crescente fino alla penultima classe dove è possibile osservare una certa diminuzione del carattere. La differenza tra la LSM maggiore e quella minore è risultata essere pari a 4,2%.

Infine, l'ultimo effetto considerato, ovvero il pozzetto (unità di analisi) dello strumento utilizzato per l'analisi, rappresenta una sorta di misura della ripetibilità dei caratteri misurati durante il processo di caseificazione. Esso, come atteso, è risultato altamente significativo ($P < 0,001$) per tutti i parametri lattodinamografici: è nota infatti la bassa ripetibilità per questi caratteri (Bittante et al., 2012). Il pozzetto non è risultato significativo per CY_{CURD} indicando che la metodica si presta bene per la misura della resa classica. Anche il processo di caseificazione di 10 ml di latte proposto da Othmane et al. (2002) ha presentato una buona ripetibilità per la misura della resa classica anche se in quel caso non è stato possibile stimare gli altri caratteri che definiscono l'efficienza del processo di caseificazione. Nella metodica di micro-caseificazione utilizzata da Cipolat-Gotet et al. (2012) l'effetto del pozzetto non era risultato significativo per nessun carattere misurato rendendo la metodica altamente ripetibile. All'opposto del CY_{CURD} , gli altri caratteri misurati nel presente studio non hanno evidenziato una buona ripetibilità. Va considerato, però, che la metodica proposta permette 1) di ottenere tutti i caratteri che descrivono l'efficienza del processo di caseificazione; 2) di utilizzare piccolissimi quantitativi di latte (18 ml) per misurare sia le proprietà di coagulazione che tutti i caratteri che descrivono l'attitudine casearia del latte; 3) di effettuare la misura di questi caratteri in doppio migliorando l'accuratezza e la precisione di analisi; 4) di processare un numero

elevato di campioni per sessione di analisi (40 animali/giorno utilizzando un singolo lattodinamografo).

6 Conclusioni

Il presente studio ha descritto una nuova metodica di caseificazione da laboratorio che prevede l'utilizzo di soli 9 ml di latte per la determinazione dei caratteri di resa casearia e degli altri caratteri che descrivono il processo di caseificazione. In particolare, questa metodica ha permesso di misurare sullo stesso campione i parametri lattodinamografici, la resa casearia ed il recupero dei nutrienti del latte nella cagliata. È possibile utilizzare questa procedura effettuando solamente delle piccole modifiche nello strumento Formagraph, il quale è presente in moltissimi laboratori che si occupano di analisi della qualità del latte. Disponendo di uno strumento la metodica permette di effettuare l'analisi in doppio su 80 campioni individuale di latte (160 analisi). La metodica ha evidenziato un'elevata ripetibilità nella determinazione della resa classica mentre per gli altri caratteri sono stati osservati dei risultati meno ripetibili. Inoltre va sottolineato che sullo stesso campione è possibile effettuare una valutazione dell'andamento del processo di coagulazione e dei caratteri di efficienza del processo di caseificazione.

Per effettuare queste valutazioni sulla metodica proposta, sono stati analizzati campioni individuali di vacche di razza Frisona e Pezzata rossa ed in generale sono stati testati gli effetti dei DIM, dell'ordine di parto, della produzione di latte giornaliera e delle SCS nei confronti dei parametri lattodinamografici, dei caratteri di resa casearia e dei recuperi dei componenti del latte nella cagliata. Per quanto riguarda lo stadio di lattazione, sono stati evidenziati i risultati peggiori a livello del picco di produzione di latte ed un successivo miglioramento con il proseguire della lattazione. Inoltre è stata evidenziata una migliore attitudine alla caseificazione per le vacche più giovani. Come atteso, è stato riscontrato anche un peggioramento dell'attitudine casearia del latte per il latte con un contenuto elevato in cellule somatiche.

Concludendo, la metodica proposta può rappresentare una soluzione efficiente sia perché permette l'analisi di un numero molto elevato di campioni sia perché permette di misurare numerose (9) variabili che descrivono l'attitudine casearia del latte.

7 Appendice delle tabelle e figure

Tabella 1 Consistenza delle vacche da latte nell' UE dal 2006 al 2011 (.000 capi; Il Mercato del latte: Rapporto 2012 , 2012).

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Var % 11/10	Var % 11/06
Austria	527	525	530	533	533	527	-0,99	0
Belgio	532	524	518	518	518	511	-1,37	-4
Bulgaria	350	336	315	297	308	307	-0,45	-12,37
Cipro	24	24	24	23	23	24	2,99	0,84
Rep. Ceca	417	407	400	384	375	374	-0,35	-10,35
Danimarca	555	551	566	574	573	579	1,05	4,32
Estonia	109	103	100	97	97	96	-0,31	-11,06
Finlandia	299	288	288	286	284	282	-0,98	-5,70
Francia	3.799	3.759	3.794	3.673	3.718	3.678	-1,08	-3,19
Germania	4.054	4,087	4.229	4.169	4.182	4.190	0.20	3,35
Grecia	168	150	154	128	144	130	-9,72	-22,53
Ungheria	268	266	263	248	239	250	4,60	-6,72
Irlanda	1.087	1.088	1.024	1.022	1.027	1.055	2,76	-2,93
Italia	1.814	1.839	1.831	1.878	1.746	1.755	0.51	-3,24
Lettonia	182	180	170	166	164	164	0	-10,03
Lituania	399	405	395	375	360	350	-2,86	-12,41
Lussemburgo	46	40	46	46	46	45	-3,26	-3,68
Malta	8	8	7	7	6	6	-1,56	.
Paesi Bassi	1.443	1.490	1.587	1.562	1.518	1.504	-0,92	4,23
Polonia	2.637	2.677	2.697	2.585	2.529	2.446	-3,29	-7,24
Portogallo	307	306	301	255	243	242	-0,49	-21,22
Romania	1.639	1.573	1.483	1.419	1.179	1.154	-2,09	.
Slovacchia	185	180	174	163	159	154	-3,26	-16,7
Slovenia	113	117	113	113	110	109	-0,37	-3,02
Spagna	942	903	888	828	845	798	-5,60	-15,29
Svezia	385	366	366	354	349	348	-0,29	-9,64
Regno Unito	2.005	1.977	1.903	1.864	1.847	1.800	-2,54	-10,22
UE-15	17.963	17.892	18.024	17.692	17.573	17.443	-0,74	-2,89
UE-25	22.304	22.259	22.368	21.851	21.635	21.417	-1,01	-3,98
UE-28	24.294	24.168	24.166	23.566	23.122	22,877	-1,06	-5,83

Tabella 2 Consegne di latte nella UE dal 2006/2007 al 2011/2012 (.000 tonnellate; Il Mercato del latte: Rapporto 2012, 2012).

	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012	Var % 11/12 su 10/11	Var % 11/12 su 06/07
Austria	2.682	2.687	2.702	2.714	2.807	2.946	4,93	9,84
Belgio	2.874	2.860	2.870	2.950	3.087	3.113	0,82	8,32
Bulgaria	804	748	670	551	528	498	-5,71	-38,13
Cipro	141	147	149	148	151	154	2,14	9,61
Rep. Ceca	2.399	2.457	2.400	2.337	2.319	2.409	3,88	0,43
Danimarca	4.511	4.524	4.622	4.749	4.798	4.855	1,2	7,62
Estonia	607	598	605	586	614	633	3,11	4,25
Finlandia	2.341	2.272	2.252	2.290	2.289	2.258	-1,36	-3,55
Francia	23.058	23.569	23.246	22.738	23.892	24.784	3,74	7,49
Germania	27.114	27.539	27.509	28.166	28.857	29.551	2,41	8,99
Grecia	729	700	686	685	679	639	-5,92	-12,34
Ungheria	1.445	1.443	1.432	1.360	1.272	1.335	4,94	-7,6
Irlanda	5.230	5.258	5.143	4.848	5.467	5.568	1,85	6,46
Italia	10.196	10.345	10.480	10.455	10.356	10.191	-1,60	-0,05
Lettonia	609	632	632	594	635	677	6,67	11,29
Lituania	1.330	1.356	1.372	1.253	1.296	1.338	3,25	0,62
Lussemburgo	258	261	266	272	281	283	0,83	9,72
Malta	31
Paesi Bassi	10.688	10.801	10.941	1.143	11.510	11.729	1,90	9,74
Polonia	8.913	8.805	9.181	9.053	9.047	9.515	5,18	6,76
Portogallo	1.837	1.857	1.881	1.852	1.827	1.859	1,74	1,15
Romania	1.129	1.129	1.043	963	881	909	3,15	-19,55
Slovacchia	963	968	929	830	796	829	4,15	-13,91
Slovenia	519	531	520	516	521	531	1,77	2,18
Spagna	5.844	5.778	5.835	5.783	5.781	5.994	2,09	2,56
Svezia	3.119	2.946	2.975	2.889	2.858	2.863	0,17	-8,2
Regno Unito	13.881	13.608	13.240	13.202	13.729	13.894	1,20	0,10
UE-15	114.361	115.006	114.646	114.737	118.308	120.526	1,87	5,39
UE-25	131.316	131.931	131.867	131.415	134.958	137.946	2,21	5,05
UE-28	133.250	133.808	133.580	132.929	136.367	139.352	2,19	4,58

Tabella 3 Destinazione d'uso del latte nell'UE nel 2013 (dati espressi in milk equivalent; Elaborazione su dati CLAL, FAS-USDA e Eurostat, 2013).

Destinazione d'uso	Percentuale sul totale di latte prodotto
Latte alimentare	22,2%
Formaggio	52,2%
WPM	3,8%
SMP	8,9%
Altri usi	12,9%

Tabella 4 Produzione di prodotti lattiero caseari nella UE dal 2007 al 2012 (.000 tonnellate; Il Mercato del Latte: Rapporto 2012, 2012).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Var % 12/11	Var % 11/10	Var % 11/07
Latte alimentare	33.500	31.799	31.411	31.599	31.646	31.684	0,1	0,1	-5,5
Latti fermentati	9.600	7.852	7.959	8.174	8.338	8.546	2,5	2	-13,1
Burro	1.947	1.935	1.896	1.854	1.889	1.910	1,1	1,9	-3,0
Formaggi	8.146	8.205	8.206	8.374	8.472	8.566	1,1	1,2	4,0
Latte scremato in polvere	986	947	1.100	985	1.112	1.152	3,6	12,8	12,7
Latte intero in polvere	752	747	656	612	588	563	-4,3	-3,9	-21,8

Tabella 5 Evoluzione della struttura della zootecnia da latte in Italia (2000-2010; Il Mercato del latte: Rapporto 2012, 2012).

classi numero vacche	anno 2000		anno 2010		var. % 2010/2000	
	aziende	capi	aziende	capi	2011	2012
da 1 a 9	39.798	154.908	22.127	82.629	-44	-47
da 10 a 19	14.705	198.659	8.462	115.156	-42,5	-42,0
da 20 a 49	16.035	482.219	10.479	323.172	-35	-33,0
da 50 a 99	6.225	411.256	5.339	358.180	-14,2	-12,9
da 100 a 499	3.078	486.388	3.828	643.367	24,4	32,3
da 500 a oltre	52	38.459	102	763.938	96,2	100,1
Totale	79.893	1.771.889	50.337	1.599.442	-37,0	-9,7
capi/azienda	22		32		43,3	
	% del totale				var. % 2010/2000	
da 1 a 9	49,8	8,7	44,0	5,2	-11,8	-40,9
da 10 a 19	18,4	11,2	16,8	7,2	-8,7	-35,8
da 20 a 49	20,1	27,2	20,8	20,2	3,7	-25,8
da 50 a 99	7,8	23,2	10,6	22,4	36,1	-3,5
da 100 a 499	3,9	27,5	7,6	40,2	97,4	46,5
da 500 a oltre	0,1	2,2	0,2	4,8	211,3	121,6
Totale	100,0	100,0	100,0	100,0		

Tabella 6 Latte raccolto presso le aziende in Italia nel 2011 (Il Mercato del latte:Rapporto 2012, 2012).

Regione	tonnellate	var. 2011/2010
Valle d'Aosta	26.470	-18
Piemonte	755.736	-8,8
Liguria	36.784	58
Lombardia	4.067.920	-0,7
Trantino A.A.	511.883	-0,5
Veneto	964.506	-3,9
Friuli V.G.	187.570	-1,5
Emilia R.	2.297.675	5,6
Toscana	53.798	-26,0
Umbria	60.455	-4,3
Marche	61.293	8,5
Lazio	428.183	-5,3
Abruzzo	24.698	-22,5
Molise	65.028	-8,1
Campania	253.017	4,7
Puglia	236581,0	-0,1
Basilicata	22.812	-5,5
Calabria	52.132	-13,3
Sicilia	155.559	-1,6
Sardegna	217.551	-8,7
ITALIA	10.479.647	-0,9
Nord	8.848.542	-0,2
Centro	603.728	-6,3
Sud	1.027.378	-3,2

Tabella 7 La produzione industriale del settore lattiero caseario in Italia (.000 tonnellate; Elaborazione e stime dati Osservatorio sul mercato dei prodotti zootecnici su dati Istat, Ismea, Agea, Consorzi di Tutela e Assolatte, 2012).

Prodotto	2009	2010	2011	Var% 2011/2010
Latte alimentare	2.770	2.899	2.800	-3,4
Formaggi	1.162	1.179	1.209,8	2,5
Burro	92,5	94,5	102,4	-5,0
Yogurt	322,9	324,5	323,7	4,1
Altri	167,2	167,2	167,2	0,0

Tabella 8 Produzione di formaggi per tipologia e quote di latte utilizzate in Italia dal 2009 al 2011 (tonnellate; Il Mercato del Latte:Rapporto 2012, 2012).

	2009	2010	2011	Var % 2011/2010
<i>Formaggi duri</i>	325.430,30	337.856,70	364.001,40	7,74
di cui: Grana Padano	158.326,0	163.326,2	176.500,0	8,1
Parmigiano Reggiano	113.436,0	119.221,3	133.768,0	12,2
Pecorino Romano	26.747,0	27.477,0	24.702,0	-10,1
Montasio	7.692,1	6.870,9	7.088,0	3,2
<i>Formaggi semiduri</i>	181.972,1	181.161,4	180.841,3	-0,18
di cui: Asiago	23.528,0	22.669,0	22.561,0	-0,48
Provolone V.	8.799,0	7.742,0	7.017,0	3,52
<i>Formaggi molli</i>	654.443,8	661.779,2	664.970,0	-1,81
di cui: Gorgonzola	67.644,0	48.642,0	50.335,0	3,52
Taleggio	8.479,0	8.699,4	8.542,0	-1,81
Quartirolo	3.703,5	3.804,9	3.732,0	-1,91
Formaggi freschi	495.038,3	503.651,0	506.361,0	0,54
<i>Totale</i>	1.161.846,2	1.180.797,3	1.209.812,7	2,46
di cui DOP	450.943,2	463.071,6	488.553,7	5,50

Tabella 9 Tecniche di caseificazione da laboratorio riscontrate in letteratura.

Autore	Anno di pubblicazione	Specie/Razza	Numero di campioni	Latte/campione	Numero di allevamenti	Trattamenti particolari	Protocollo	Analisi
Hurtaud et al.	1995	Bovina	6	100 ml	.	centrigugazione per 30 min,	Camembert	.
M. H. Othmane et al.	2002	Ovini/Churra	7492	10 ml	.	centrifugazione per 15 min a 2500 rpm	.	composizione chimica
C. Melilli et al.	2002	Bovina	11	10 ml	.	centrifugazione	Cheddar, Mozzarella	composizione chimica
T. Huppertz et al.	2003	Bovina	.	250 ml	.	centrifugazione a 15000xg per 10 min	.	.
A. Wedholm et al.	2006	Bovina/Pezzata rossa, Frisona svedese e incrocio Danese-frisona	134	10 l	2	starter: <i>Lactobacillus helveticus</i>	Cheddar	composizione chimica
N. Cologna et al.	2009	Bovina/Frisona	80	500 ml	.	starter	.	.
H. Bachmann et al.	2009	Bovina	600	1,7 ml	.	starter: <i>Lactococcus lactis ssp e</i> centrifugazione a 466 xg 5min	Gouda e Cheddar	.
C. Cipolat-Gotet et al.	2013	Bovina/Bruna	1167	1,5 l	85	starter batteri lattici termofili.	.	composizione chimica; recuperi di grasso, proteina, solidi totali ed energia

Tabella 10 Risultati tra vari confronti delle proprietà di coagulazione del latte di vacche di razze diverse (Bittante et al., 2012 - modificata).

Razza	n	Proprietà di coagulazione del latte			Produzione di latte, Kg/g	Riferimenti bibliografici *
		RCT, min	K ₂₀ , min	a ₃₀ , mm		
Frisona	33**	14,1 ± 4,9	9,2 ± 3,1	29,9 ± 8,0	27,3 ± 4,0	<i>Tutti</i>
Pezzata rossa (SIM, MON***)	10	0,93 ± 0,07	0,75 ± 0,10	1,26 ± 0,11	0,65 ± 0,01	3, 7, 8, 12, 13, 15

* 1 = Mariani et al. (1984); 2 = Bastian et al. (1991); 3 = Macheboeuf et al. (1993); 4 = Malossini et al. (1996); 5 = Kreuzer et al. (1996); 6 = Mariani et al. (1997); 7 = Verdier-Metz et al. (1998); 8 = Auldist et al. (2002); 9 = Auldist et al. (2004); 10 = Malacarne et al. (2005); 11 = Malacarne et al. (2006); 12 = De Marchi et al. (2007); 13 = Pomies et al. (2007); 14 = De Marchi et al. (2008); 15 = Martin et al. (2009); 16 = Cecchinato et al. (2011); 17 = Mantovani et al. (2011)

** Negli studi scientifici sulla razza frisona sono compresi anche lavori che confrontano tale razza con altre razze qui non riportate, quali FinnishAyrshire, Angler, Estonian Native, EstonianRed, Finncattle, Modicana, Normande e Tarantaise.

***= Simmental, Montbeliarde

Tabella 11 Frequenza (n e %) delle vacche campionate sulla base della razza.

Razza	Numerosità assoluta	Frequenza relativa, %
Frisona	81	30,45
Pezzata Rossa	175	65,79
Incrocio	10	3,76

Tabella 12 Frequenze (n e %) delle vacche campionate in base allo stadio di lattazione.

DIM	Freq, N	Freq, %	Freq cum, N	Freq cum, %
<70	56	19,65	56	19,65
70-100	58	20,35	114	40
101-130	42	14,74	156	54,74
131-160	30	10,53	186	65,26
160-190	34	11,93	220	77,19
>190	65	22,81	285	100

Tabella 13 Frequenze (n e %) delle vacche campionate in base all'ordine di parto.

Parity	Freq. N	Freq. %	Freq Cum. N	Freq cum. %
1	104	36,36	104	36,36
2	63	22,03	167	58,39
3	47	16,43	214	74,83
≥4	72	25,17	286	100

Tabella 14 Frequenze (n e %) delle vacche campionate sulla base alla produzione di latte.

dMY	Freq. N	Freq. %	Freq Cum. N	Freq cum. %
<19.16	22	7,72	22	7,72
19.16-22.71	40	14,04	62	21,75
22.72-26.27	60	21,05	122	42,81
26.28-29.82	66	23,16	188	65,96
29.83-33.37	40	14,04	228	80
33.38-36.92	26	9,12	254	89,12
>36.92	31	10,88	285	100

Tabella 15 Medie e deviazioni standard relativi alla composizione chimica del latte, del siero e della cagliata.

Carattere	Latte		Siero		Cagliata	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Sostanza Secca, %	13,50	0,82	7,92	0,47	41,27	17,61
Proteina, %	3,46	0,36	0,98	0,16	16,19	7,02
Grasso, %	4,11	0,72	0,79	0,42	20,80	4,81
Lattosio, %	4,85	0,21	5,02	0,30	-	-
pH	6,53	0,11	-	-	-	-
SCS ¹	2,94	2,21	-	-	-	-

¹SCS = 3 + log₂ (SCC/100.000)

Tabella 16 Medie e deviazioni standard relativi ai parametri lattodinamografici ed alle variabili che descrivono l'efficienza del processo di caseificazione.

Carattere	Media	DS
<i>Parametri lattodinamografici:</i>		
RCT, min	18,09	4,51
K ₂₀ , min	3,64	1,25
a ₃₀ , mm	38,86	15,40
<i>Parametri di resa (CY)/recuperi (REC)</i>		
CY _{CURD} , %	17,70	1,94
CY _{SOLIDS} , %	7,10	0,86
CY _{WATER} , %	10,59	1,41
REC _{PROTEIN} , %	77,04	2,14
REC _{FAT} , %	84,64	7,26
REC _{SOLIDS} , %	52,46	3,61

Tabella 17 Analisi della varianza (F-value e significatività) per i parametri lattodinamografici.

	HTD	DIM	Parity	dMY ¹	SCS	Pozzetto	RMSE ²
RCT, min	1,75 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,97 ^{ns}	2,66 [*]	13,50 ^{***}	0,66
K20, min	3,40 [*]	2,49 [*]	2,03 ^{ns}	4,22 ^{***}	3,93 ^{***}	12,70 ^{***}	0,39
A30, mm	1,82 ^{ns}	3,63 ^{**}	6,76 ^{***}	6,29 ^{***}	18,55 ^{***}	27,19 ^{***}	2,67

¹ dMY = daily milk yield, kg×d⁻¹.

²RMSE = Root means square error.

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

Tabella 18 Analisi della varianza (F-value e significatività) per la resa casearia e le altre variabili misurate durante il processo di caseificazione.

	HTD	DIM	Parity	dMY ¹	SCS	Pozzetto	RMSE ²
<i>Rese (CY)</i>							
CY _{CURD}	6,72 ^{***}	1,10 ^{ns}	3,06 [*]	3,72 ^{**}	6,97 ^{***}	1,31 ^{ns}	1,05
CY _{SOLIDS}	0,12 ^{ns}	5,86 ^{***}	4,97 ^{**}	17,14 ^{***}	25,09 ^{***}	7,79 ^{***}	0,81
CY _{WATER}	5,89 ^{***}	0,78 ^{ns}	2,19 ^{ns}	2,69 [*]	7,04 ^{***}	1,29 ^{ns}	0,2
<i>Recuperi (REC)</i>							
REC _{PROTEIN}	21,75 ^{***}	8,91 ^{***}	2,12 ^{ns}	1,35 ^{ns}	2,62 [*]	7,42 ^{***}	0,61
REC _{FAT}	0,93 ^{ns}	22,38 ^{***}	13,38 ^{***}	30,43 ^{***}	31,94 ^{***}	60,94 ^{***}	0,57
REC _{SOLIDS}	4,66 ^{**}	2,23 ^{ns}	2,05 ^{ns}	7,56 ^{***}	7,41 ^{***}	3,41 ^{***}	1,49

¹dMY = daily milk yield, kg×d⁻¹.

²RMSE = Root means square error.

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns = non significativo.

Figura 1 Il ciclo del latte. UE-27 2011 (Eurostat, 2012).

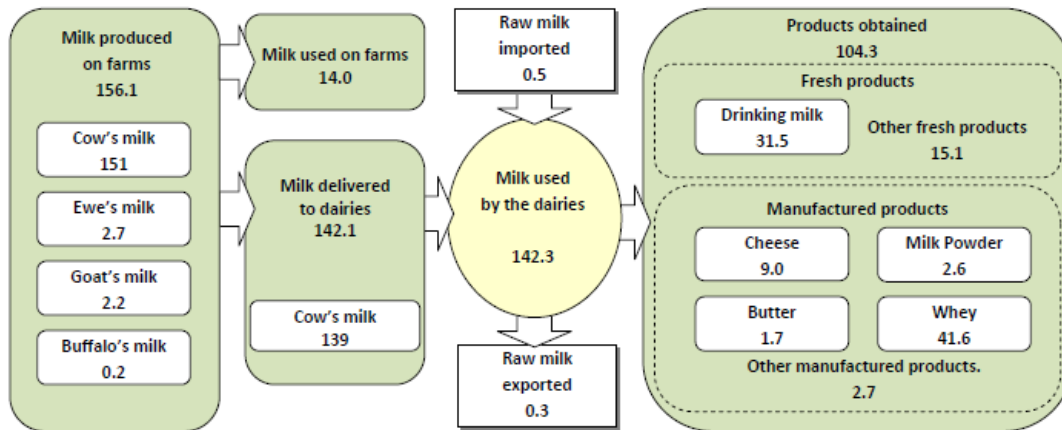


Figura 2 Numero e dislocazione delle aziende agricole nell'UE. 2007 (Eurostat, 2013).

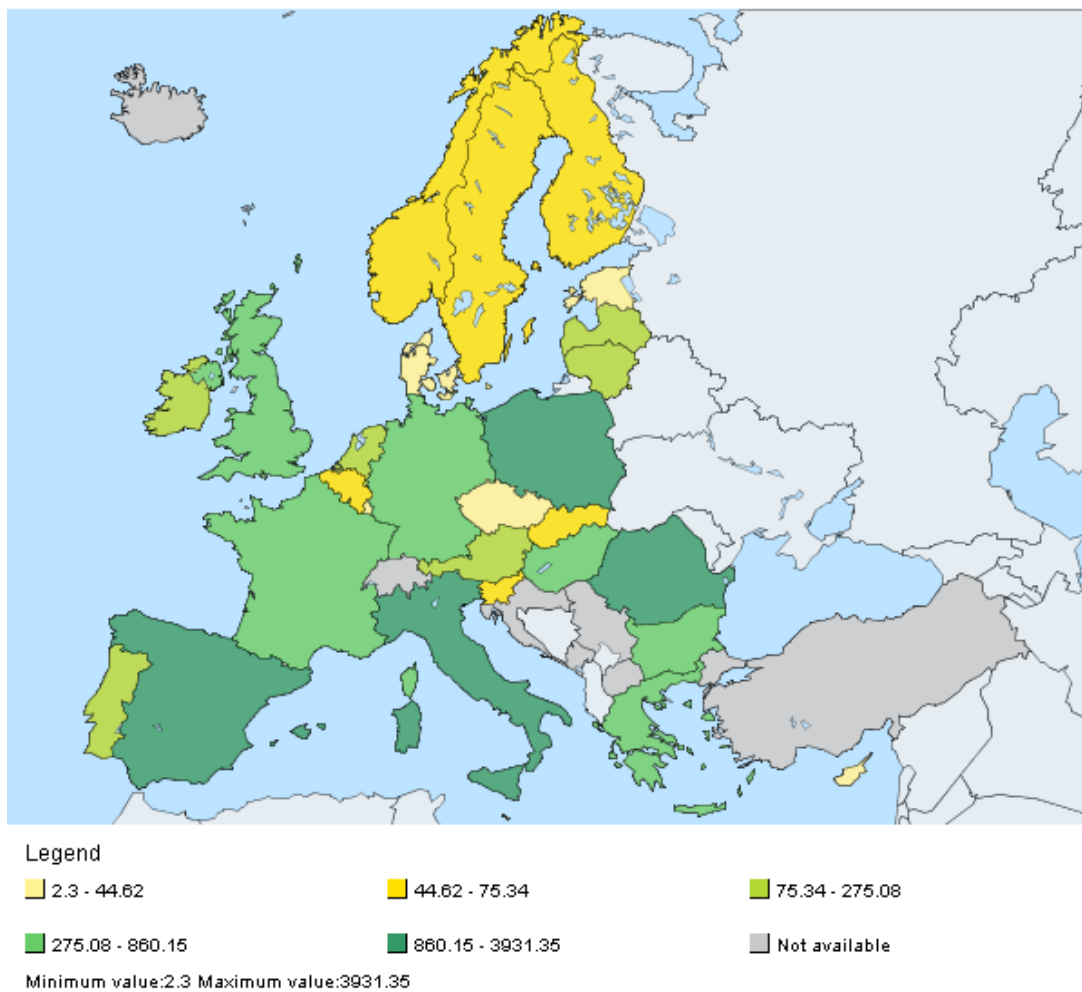
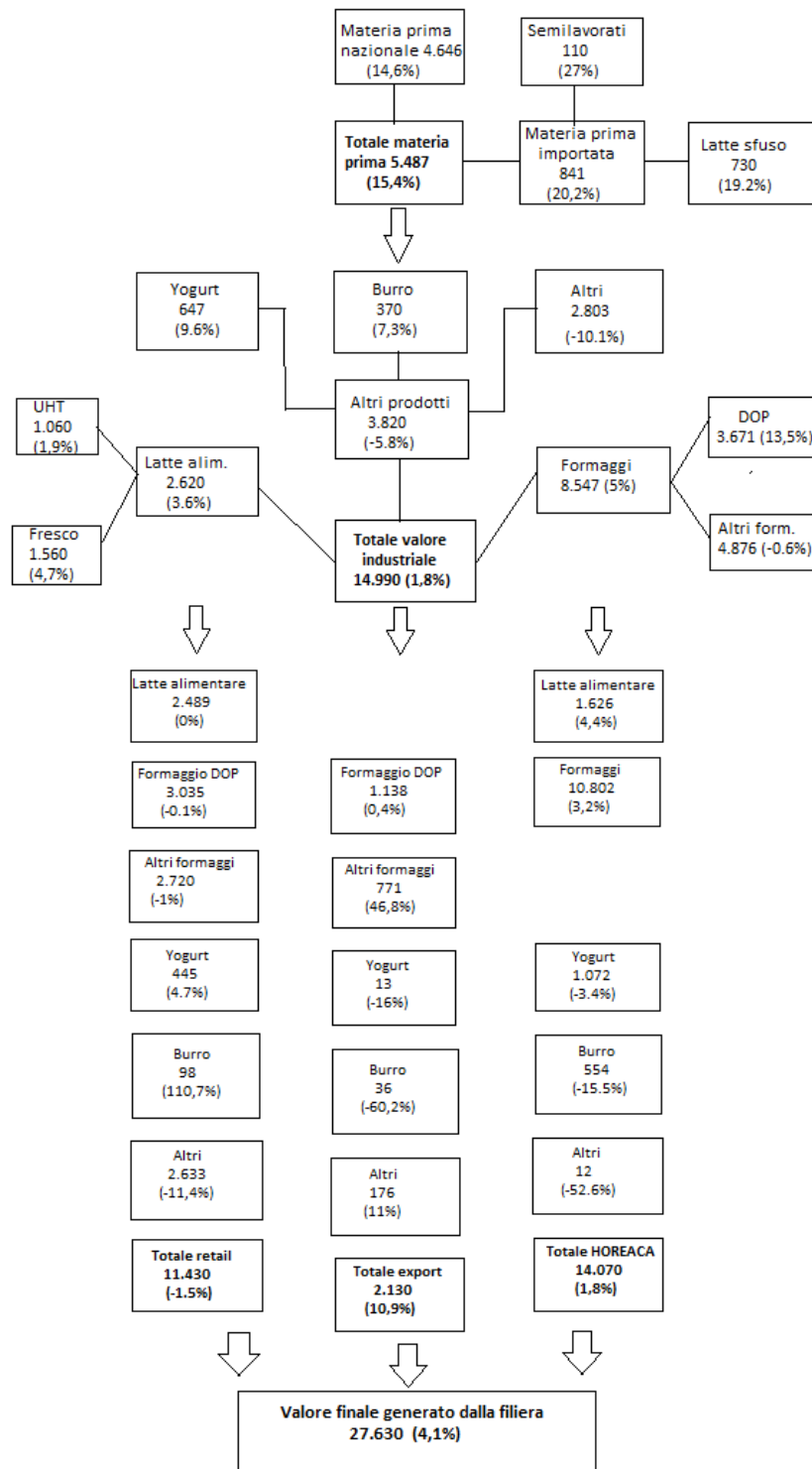


Figura 3 La catena del valore dei prodotti lattiero caseari in Italia. 2011 (milioni di euro; Il Mercato del Latte: Rapporto 2012, 2012).



Note: Tra parentesi sono riportate le variazioni percentuali rispetto all'anno precedente.

Figura 4 La complessità della filiera (ISMEA, 2013).

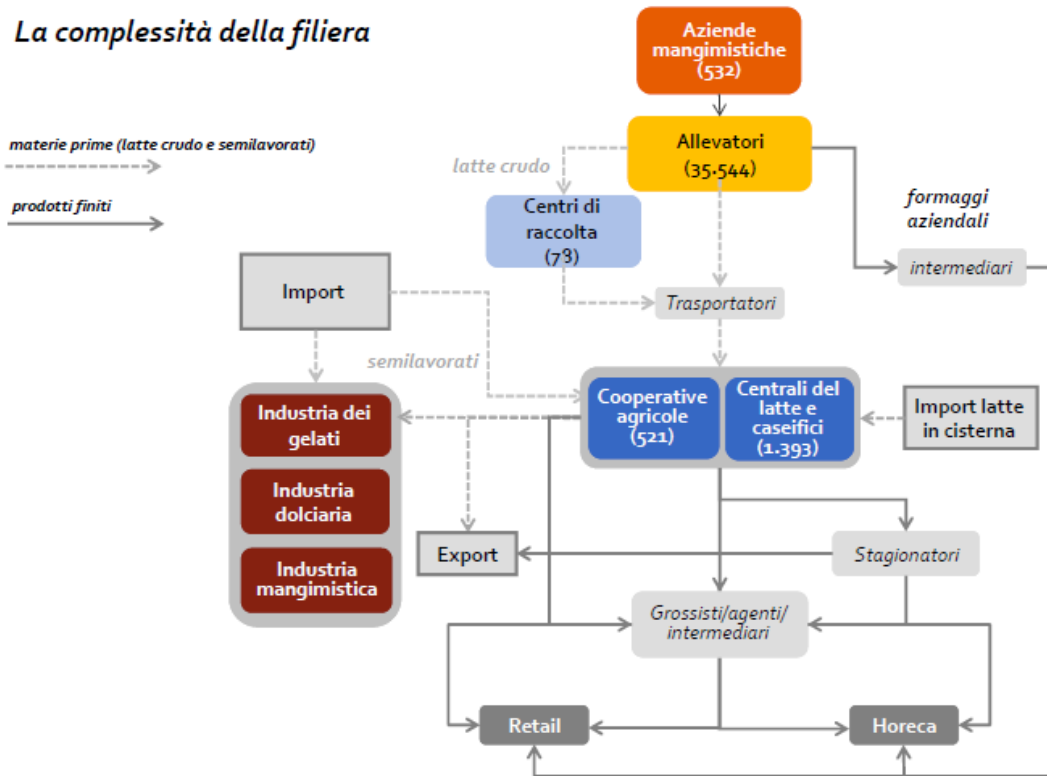


Figura 5 Quadro triennale delle consegne mensili di latte in Italia (CLAL, 2013).



Figura 6 Indice del clima di fiducia nel settore dell'Agricoltura e dell'Industria alimentare (III trimestre 2013; ISMEA, 2013).

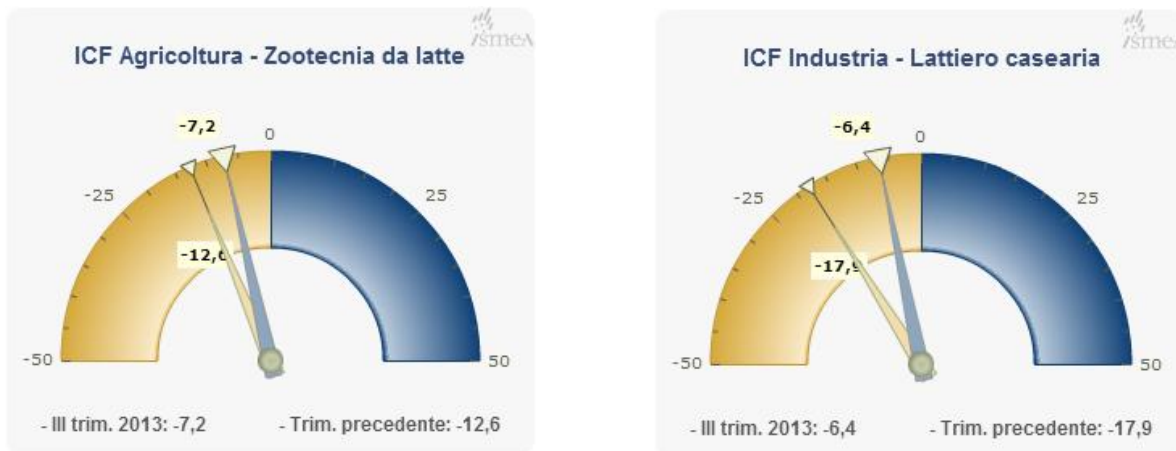


Figura7 Disponibilità di latte e suo impiego industriale nel 2011 (% calcolate sulle quantità; Il Mercato del Latte:Rapporto 2012, 2012).

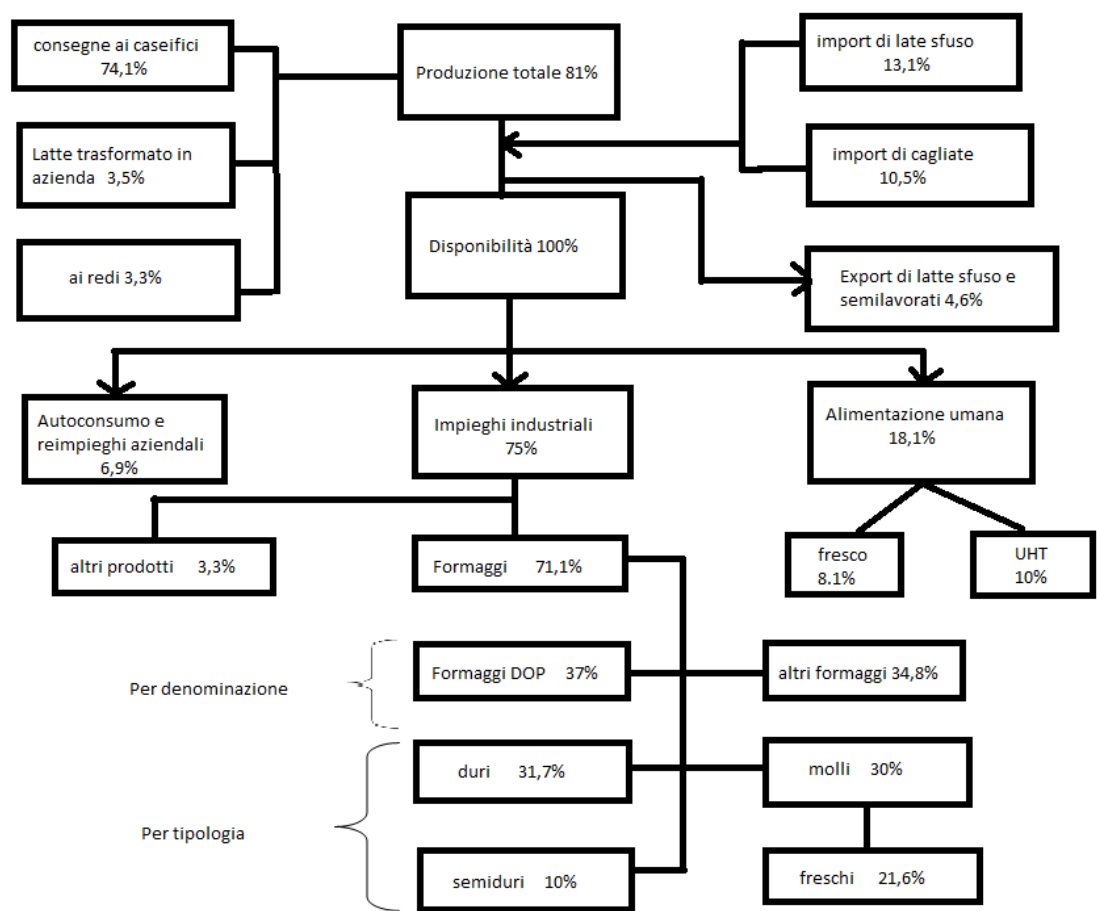


Figura 8 Tracciato lattodinamografico standard (Bittante et al., 2012).

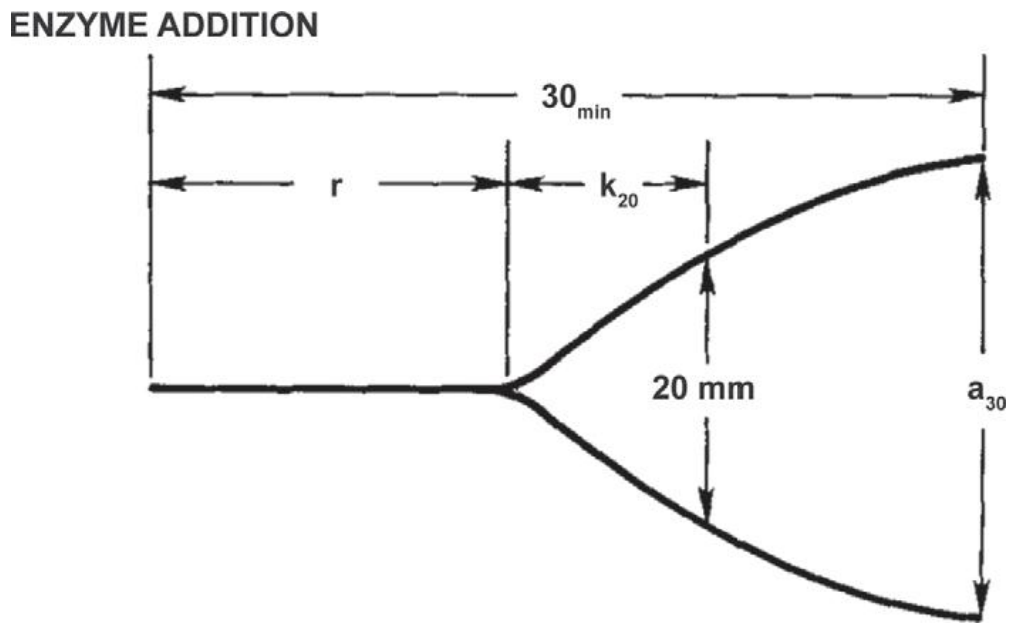


Figura 9 Effetti genetici diretti e indiretti sulle proprietà coagulative del latte (Bittante et al., 2012).

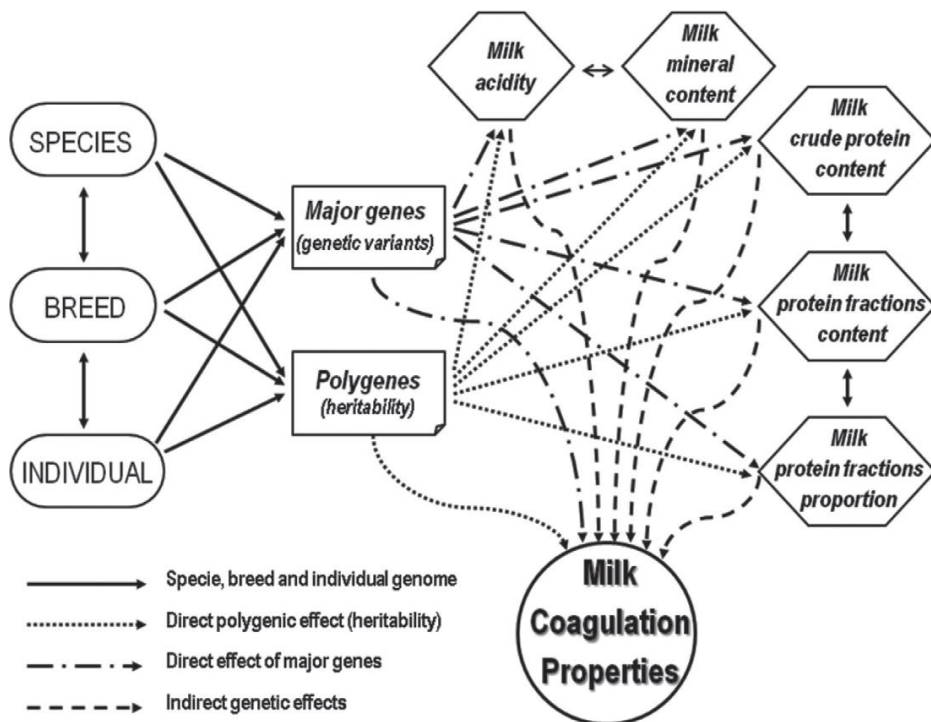


Figura 10 Confronto tra la curva di produzione (---) e quelle di grasso (---) e proteina (---) del latte (Mondolatte, 2014).

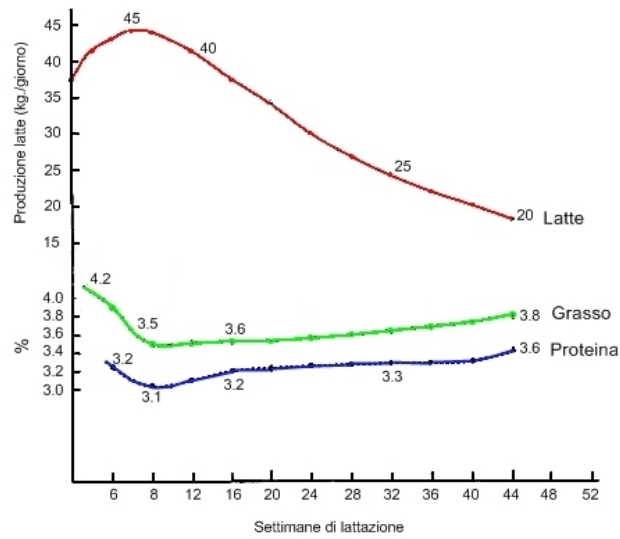
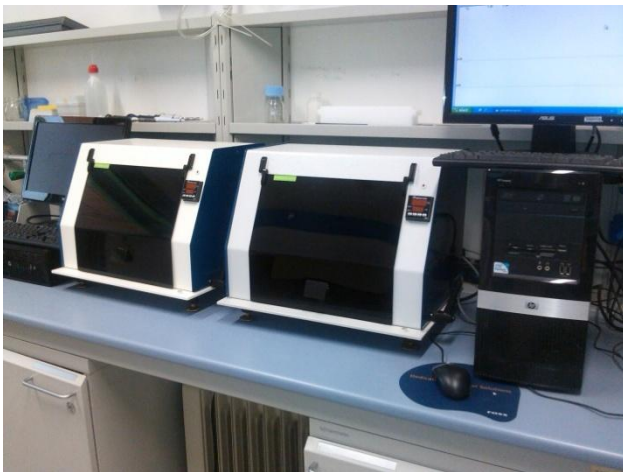


Figure 11 e 12 11: Strumento Formagraph; 12: rack modificato con le provette in vetro.

11)



12)

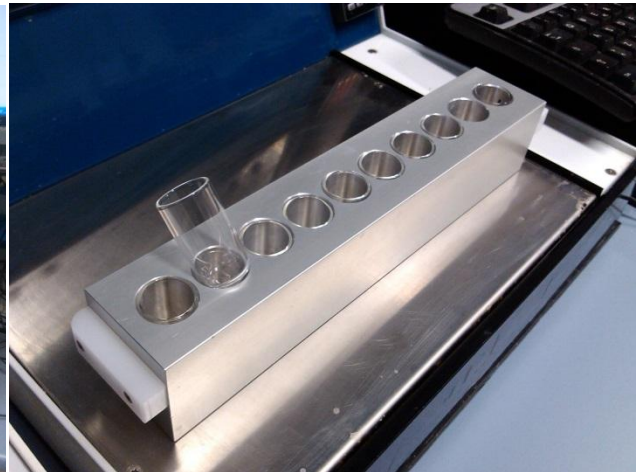
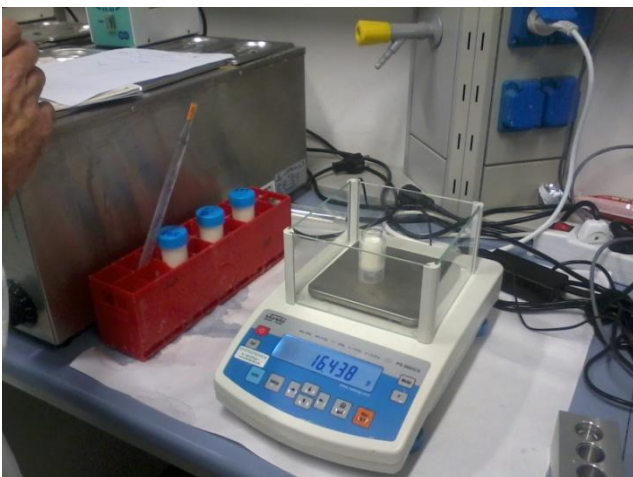


Figure 13 e 14 13: registrazione del peso del latte; 14: falcon con imbuto e filtro metallico per raccogliere la cagliata e il siero.

13)



14)



Figura 15 Diagramma di flusso delle fasi di lavorazione della metodica di nano-caseificazione.

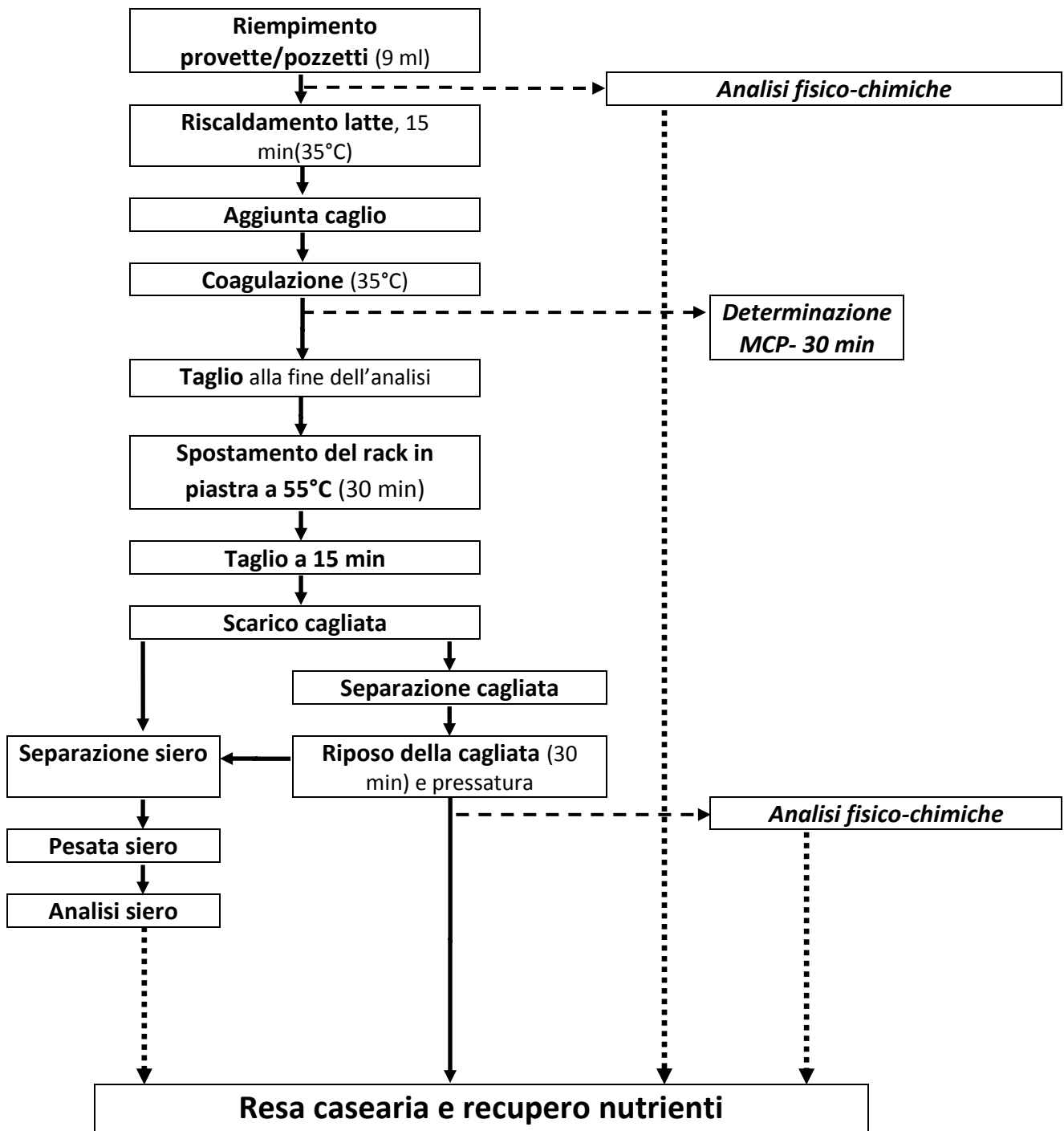


Figura 16 Least-squares means dell' a_{30} per lo stadio di lattazione.

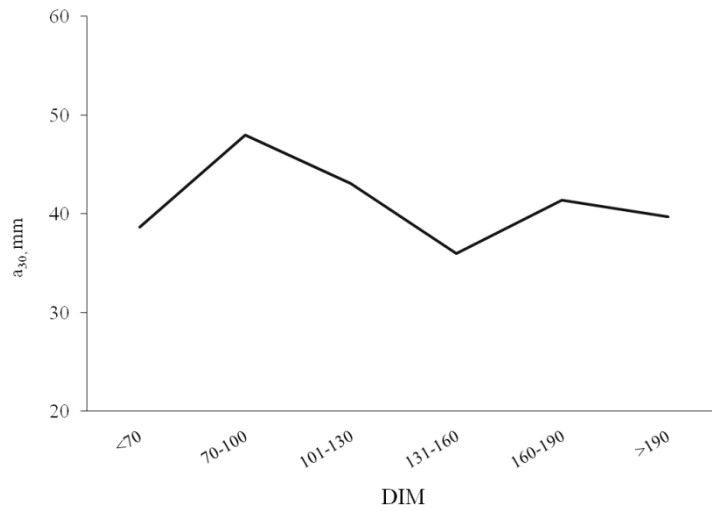


Figure 17 e 18 Least-squares means dei tre parametri lattodinamografici (RCT, min; k_{20} , min e a_{30} per il contenuto di cellule somatiche.

Figura 17

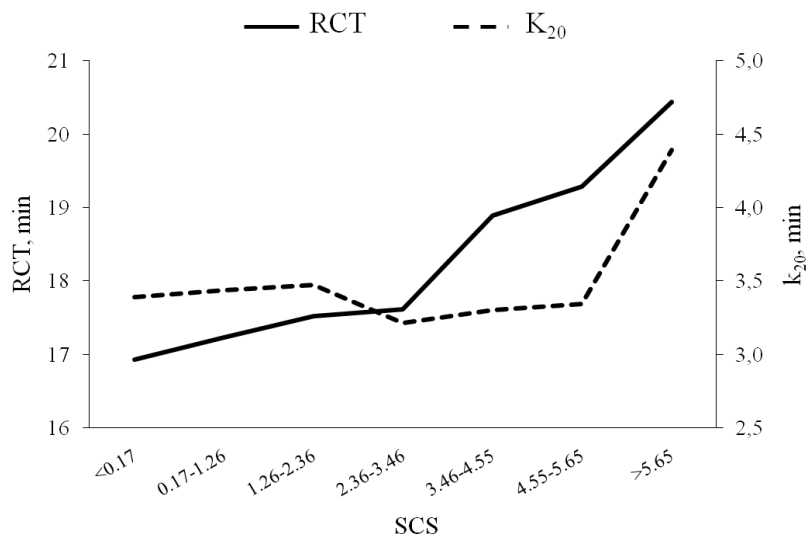


Figura 18

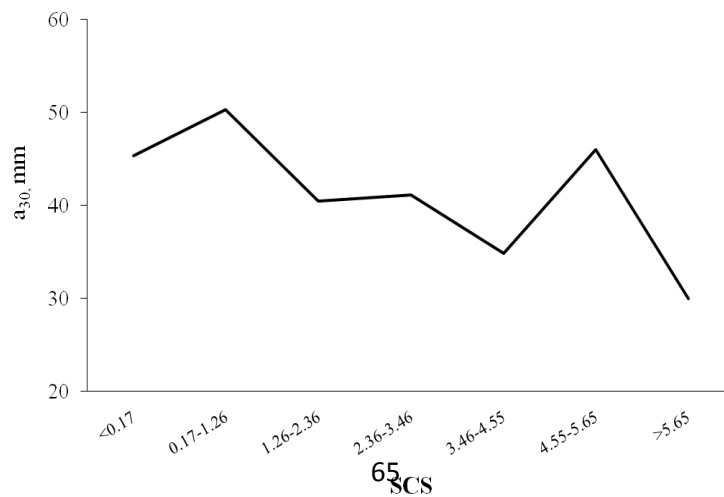


Figure 19 Least-squares means di $REC_{PROTEIN}$ e REC_{FAT} (%) per lo stadio di lattazione.

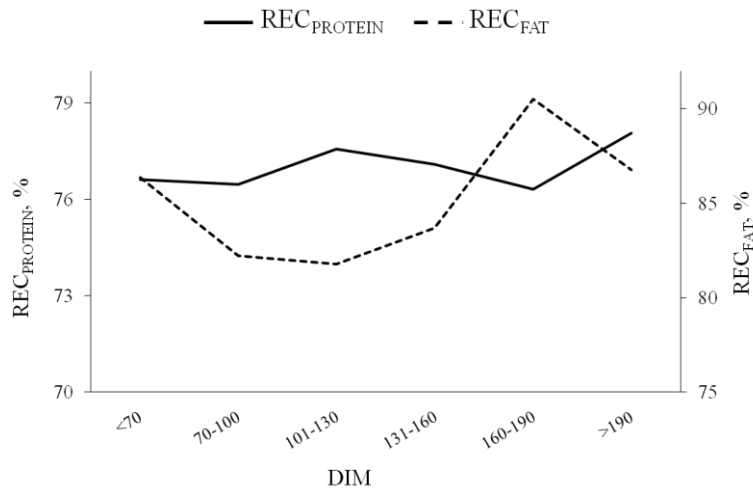


Figura 20 Least-squares means di CY_{SOLIDS} , $CY_{PROTEIN}$ e CY_{WATER} (%) per la produzione di latte delle bovine (dMY)

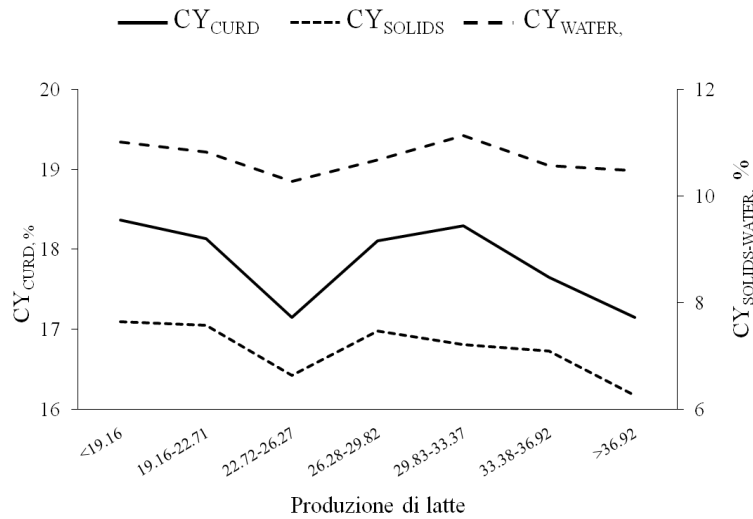


Figura 21 Least-squares means di CY_{SOLIDS} , $CY_{PROTEIN}$ e CY_{WATER} (%) per il contenuto di cellule somatiche (SCS).

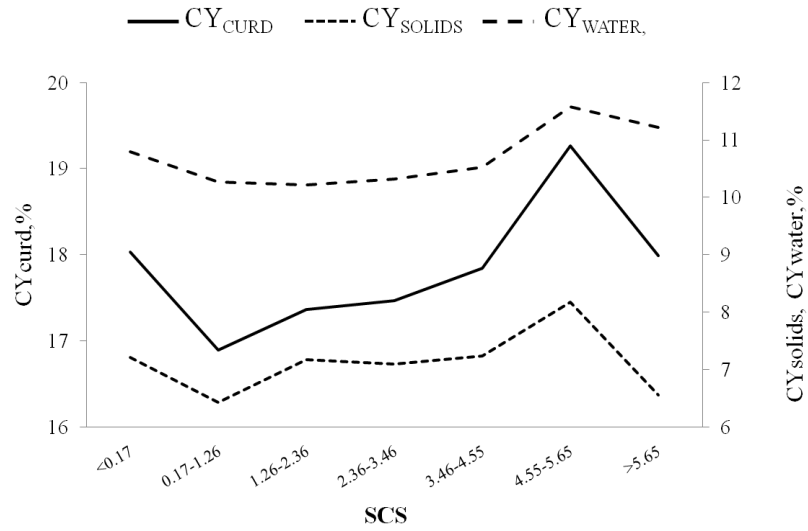


Figura 22 Least-squares means di $REC_{PROTEIN}$ e REC_{FAT} (%) per il contenuto di cellule somatiche (SCS).

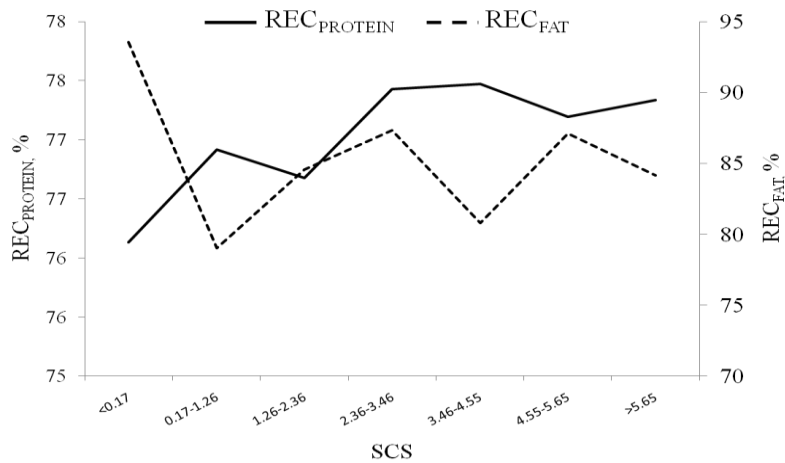
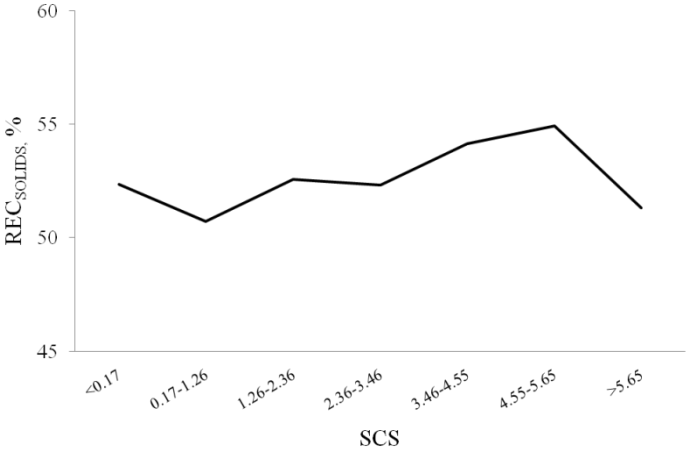


Figura 23 Least-squares means di REC_{SOLIDS} (%) per il contenuto di cellule somatiche (SCS).



8 Bibliografia

- Aleandri R., J. C. Schneider, L. G. Buttazzoni. (1989).** Evaluation of milk for cheese production based on milk characteristics and Formagraph measures. *J. Dairy Sci.* 72:1967–1975.
- Ali A. K. A & G. E. Shook. (1980).** An optimum transformation for somatic cell 535 concentration in milk. *J. Dairy Sci.* 63:487-490.
- Annibaldi S., F. Ferri. and R. Morra. (1977).** Nuovi orientamenti nella valutazione tecnica del latte: Tipizzazione lattodinamografica. *Sci. Tecn. Latt. Cas.* 28:115–126.
- Annibaldi S., Nanni M. (1979).** Osservazioni preliminari sulla microstruttura del formaggio Parmigiano-Reggiano. *Sci. Tecn. Latt.-cas.* 30:191-198.
- Auldish, M. J., C. Mullins, B. O'Brien, B. T. O'Kennedy, and T. Guinee. (2002).** Effect of cow breed on milk coagulation properties. *Milchwissenschaft* 57: 140-143.
- Auldish M. J., Coats S., Sutherland B.J., Mayes J.J., McDowell G.H., (1996).** Effects of somatic cell count and stage of lactation on raw milk composition and the yield and quality of Cheddar cheese. *J. Dairy Res.* 63: 269-280.
- Auldish M. J., Johnston K. A., White N. J., Fitzsimons W. P., Boland M. J. (2004).** A comparison of the composition, coagulation characteristics and cheesemaking capacity of milk from Friesian and Jersey dairy cows. *Journal of Dairy Research* (2004) 71 51–57.
- Bachmann H., Kruijswijk Z., Molenaar D., Kleerebezem M., van Hylckama Vlieg J. E. T. (2009)** High-throughput cheese manufacturing model for effective cheese starter culture screening. *J. Dairy Sci.* 92:5868-5882.
- Banks J. M. (2007).** Cheese Yield in P. L. H. McSweeney. *Cheese problems solved.* WoodheadPublishing Limited.
- Banks J. M., Clapperton L. J., Muir D. D., Girdler A. K. (1986).** The influence of diet and breed of cow on the efficiency of conversion of milk constituents to curd in cheese manufacture. *J. Sci.Food Agric.* 37:461–468.
- Barbano D. M., Rasmussens R.R., Lynch J. M. (1991).** Influence of Milk Somatic Cell Count and Milk Age on Cheese Yield. *J. Dairy Sci.* 74:369-388.
- Bastian E. D., R. J. Brown. and C. A. Ernstrom. (1991).** Plasmin activity and milk coagulation. *J. Dairy Sci.* 74: 3677-3685.
- Bittante G., Cipolat-Gotet C., Cecchinato A. (2013).** Genetic parameters of different measures of

cheese yield nutrient recovery from an individual model cheese-manufacturing process. *J. Dairy Science*. 96:1-14.

Bittante G., Penasa M., Cecchinato A. (2012). Invited review: Genetics and modeling of milk coagulation properties. *J. Dairy Sci.* 95 :6843–6870.

Bonnier G., Hansson A., Jarl F. (1946). Studies in the variations of the calory content of milk. *Acta Agr. Suecana* 2. 159-169.

Bynum D. G., N. F. Olson. (1982). Influence of curd firmness at cutting on Cheddar cheese yield and recovery of milk constituents. *J. Dairy Sci.* 65:2281–2290.

Carbonati F., Ronga M. (2013). Tendenze Lattiero Caseario:Trimestrale Ismea di analisi e previsioni per i settori agroalimentari. *Bollettino n. 2/13. Ismea.*

Cassandro M., A. Comin, M. Ojala, Dal Zotto R., De Marchi M., Gallo L., Carnier P., Bittante G. (2008). Genetic parameters of milk coagulation properties and their relationships with milk yield and quality traits in Italian Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 91:371-376.

Cecchi F., Leotta R. (2002) Relazioni tra composizione chimica e parametri lattodinamografici del latte di differenti tipi genetici di bovini. *Ann. Fac. Med. Vet. Univ. Pisa*, 55 (2002), pp. 223–231.

Cecchi F., Summer A., Leotta R. (2003). Le fonti di variabilità ambientale della qualità tecnologica del latte di bovine di razza frisona. Università di Parma;

Cecchinato A., Penasa M., De Marchi M., Gallo L., Bittante G., Carnier P. (2011). Genetic parameters of coagulation properties. milk yield. quality and acidity estimated using coagulating and noncoagulating milk information in Brown Swiss and Holstein-Fresian cows. *J. Dairy Sci.* 94:4205-4213.

Cipolat-Gotet C., Cecchinato A., De Marchi M., Penasa M., Bittante G. (2012). Comparison between mechanical and near-infrared methods for assessing coagulation properties of bovine milk. *J. Dairy Sci.* 95:6806-6819.

Cipolat-Gotet C., Cecchinato A., De Marchi M., Bittante G. (2013). Factors affecting variation of different measures of cheese yield and milk nutrient recovery from an individual model cheese-manufacturing process. *J. Dairy Sci.* 96:1-14.

Cologna N., Dal Zotto R., Penasa M., Gallo L., Bittante G. (2009). A laboratory micro-manufacturing method for assessing individual cheese yield. *J. Anim. Sci.* 8 (suppl. 2) 393-395.

Corradini C. (1995). *Chimica e tecnologia del latte.* Milano: Tecniche Nuove spa.

- Coulon J.B., Hurtaud C., Remond B., Verité R. (1998).** Facteurs de variation de la proportion de caseines dans le protéines du lait de vache. *INRA Productions Animales*. 11:299-310.
- Dal Zotto R., De Marchi M., Cecchinato A., Penasa M., Cassandro M., Carnier P., Gallo L., Bittante G., (2008).** Reproducibility and repeatability of measures of milk coagulation properties and predictive ability of mid-infrared reflectance spectroscopy. *J. Dairy Sci.*, 91:4103-4112.
- Davoli R., Dall’Olio S., Russo V. (1990).** Effect of κ -casein genotype on the coagulation properties of milk. *J. Anim. Breed. Genet.*107:458–464.
- De Marchi M., Bittante G., Dal Zotto R., Dalvit C., Cassandro M. (2008).** Effect of Holstein Friesian and Brown Swiss breeds on quality of milk and cheese. *J. Dairy Sci.* 91:4092–4102.
- De Marchi M., Fagan C.C, O’Donnell C.P., A. Cecchinato, Dal Zotto R., Cassandro M. Penasa. M.. Bittante. G. (2009).** Prediction of coagulation properties. titrable acidity. and pH of bovine milk using mid-infrared spectroscopy. *J. Dairy Sci.*. 92:423-432.
- De Marchi M., Dal Zotto R., Cassandro M., Bittante G. (2007)** Milk Coagulation Ability of Five Dairy Cattle Breeds. *J. Dairy Sci.* 90:3986-3992 doi:10.3168/jds.2006-627.
- Emmons D. B., Ernstrom C. A., Lacroix C., Verret P. (1990).** Predictive formulas for yield of cheese from composition of milk: A review. *J. Dairy Sci.* 73:1365–1394.
- Emmons D. B. (1993).** Definition and expression of cheese yield. In: Factors affecting the yield of cheese. International Dairy Federation monogr. Special issue 9301. pp. 12-20.
- Emmons D. B., Dube C., Modler H. W. (2003).** Transfer of protein from milk to cheese. *J. Dairy Science.* 86:469-485.
- Everard C. D., O’Callaghan D. J., Mateo M. J., Castillo M., Payne F. A., O’Donne C. P. (2008).** Effects of milk composition, stir-out time and pressing duration on curd moisture and yield. *J. Dairy Sci.* 94:2673-2679.
- Ferragina A., Cipolat-Gotet C., Cecchinato A., Bittante G. (2013).** The use of Fourier-Transform Infrared Spectroscopy to predict cheese yield and nutrient recovery or whey loss traits from unprocessed bovine milk samples. *J. Dairy Sci.* 96:1-11.
- Grandison A. S., Anderson M., Ford G. D., Newell L. (1986).** Effects of variations in somatic cell count on the rennet coagulation properties of milk and on the yield, composition and quality of Cheddar cheese. *J. Dairy Res.* 53: 645-655.
- Hicks C. L., O’Leary J., Langlois R. E. (1981).** Equipment and Procedure for Manufacturing Laboratory Cheese Curd. *J. Dairy Science*64:523-525.

- Hurtaud C., Rulquin H., Delaite M., Verite R. (1995).** Appreciation de l'aptitude fromagere des laits de vaches individuels. Tests d'aptitude fromagere et rendement fromager de fabrication. *Ann. Zootech.* 44:385–398.
- Inea. (2012).** *Annuario dell'agricoltura italiana*. Volume LXV. Roma: Istituto Nazionale di Economia Italiana.
- Ikonen T., Ruottinen O., Syvaioja E.-L., Saarinen K., Pahkala E., Ojala M. (1999).** Effect of milk coagulation properties of herd bulk milks on yield and composition of Emmental cheese. *Agric. Food Sci. Finl.* 8:411–422.
- Kefford B., Christian M.P., Sutherland B.J., Mayes J.J., Grainger C. (1995).** Seasonal influences on Cheddar cheese manufacture: Influence of diet quality and stage of lactation. *J. Dairy Res.* 62:529–537.
- Kennelly J.J., Glimm D.R. (1998).** The biological potential to alter the composition of milk. *Can. J. of Animal Sci.* 78 (suppl):23-56.
- Kreuzer M., Siebenthala.M., Kaufmann A., Ratzer H., Jakob E., Sutterb F. (1996).** Determination of the relative efficacy to enhance milk rennetinf properties of alteration in dietary energy, breed and stage of lactation. *Milchwissenschaft*, 51: 11, 633-637.
- Lacroix C., Verret. P., Emmons. D.B. (1993).** Design of experiments and statistical treatment of yield data. In: *Proc IDF Seminar*. Cork (Ireland). 1993. pp. 128-150.
- Macheboeuf D., J. B. Coulon, P. D'Hour. (1993).** Effect of breed. protein genetic variants and feeding on cow's milk coagulation properties. *J. Dairy Res.* 60: 43-54.
- Malacarne, M., Summer A., Fossa E., Formaggioni P., Franceschi P., Pecorari M., Mariani P. (2006).** Composition, coagulation properties and Parmigiano-Reggiano cheese yield of Italian Brown and Italian Friesian herd milks. *J. Dairy Res.* 73: 171-177.
- Mariani P., M. Pecorari, and E. Fossa. (1984).** Le caratteristiche di coagulazione del latte delle razze Bruna e Frisona nella produzione del formaggio Parmigiano-Reggiano. Pages 319–327 in *Atti del XVI Congresso Nazionale della Società Italiana di Buiatria (SIB)*. SIB, Modena, Italy.
- Mariani P., P. Serventi, and E. Fossa. (1997).** Contenuto di caseina, varianti genetiche ed attitudine tecnologico casearia del latte delle vacche di razza Bruna nella produzione del formaggio grana. *Allegato La Razza Bruna Italiana* 2: 8-14.
- Martin B., Pomiès D., Pradel P., Verdier-Metz I., Rèmond B. (2009).** Yield and sensory properties of cheese made with milk from Holstein or Montbèliarde cows milked twice or once daily. *J. Dairy Sci.* 92 :4730–4737.

- Melilli C., Lynch J. M., Carpino S., Barbano D. M., Licitra G., Cappa A. (2002).** An empirical method for prediction of cheese yield. *J. Dairy Sci.* 85:2699-2704
- McMahon, D. J., G. H. Richardson, and R. J. Brown. (1984).** Enzymic milk coagulation: Role of equations involving coagulation time and curd firmness in describing coagulation. *J. Dairy Sci.* 67: 1185-1193.
- Othmane M.H., Carriedo J.A., de la Fuente Crespo L.F., San Primitivo F. (2002)** An individual laboratory cheese-making method for selection in dairy ewes. *Small Ruminant Research* 45:67–73.
- Othmane M. H., De La Fuente L. F., San Primitivo F.(2003).** Individual cheese yield as a selection goal in milking ewes: Experiences and prospects in the Churra breed. In : Gabiñ a D . (ed.), Sanna S.(ed.). *Breeding programmes for improving the quality and safety of products. New traits. tools. rules and organization?. Zaragoza : CIHEAM. 2003. p. 115-123 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n . 55).*
- Okigbo L. M., Richardson G. H., Brown R. J., Emstrom C. A. (1985).** Variation in coagulation properties of milk of individual cows. *J. Dairy Sci.* 68:822.
- Pieri R. (2011).** Il mercato del latte: Rapporto 2011. Milano: Franco Angeli srl.
- Pieri R. (2012).** Il mercato del latte: Rapporto 2012. Milano: Franco Angeli srl.
- Pomies D., Martin B., Chilliard Y., Pradel P., Remond B. (2007).** Once-a-day milking of Holstein and Montbeliarde cows for 7 weeks in mid-lactation. *Animal* 1:1497-1505.
- Salvadori del Prato O. (2009).** I minicaseifici aziendali, Bologna: Edagricole editore.
- Sapru A., Barbano D. M., Yun J., Klei L. R., Oltenacu P. A., Badler D. K. (1997).** Cheddar Cheese: influence of milking frequency and stage of lactation on composition and yield. *J. Dairy Sci.* 80:437-446.
- Seminario CRPV.** Aggiornamento sulle novità del pacchetto latte e sulla situazione delle quote. Bologna. 3 dicembre 2012.
- Stefanon B., Summer A., Mariani P. (2002).** In atti da Fattori alimentari. condizioni di allevamento e qualità del latte bovino. 1° congresso nazionale del Mastitis Council Italia. Reggio Emilia. Italia. 19-20 settembre.
- Summer A., Formaggioni P., Tosi F., Fossa E., Mariani P. (1999).** Effects of the hot-humid climate on rennet-coagulation properties of milk produced during summer months of 1998 and relationship with the housing systems in the rearing of Italian Friesian cows. *Ann. Fac. Med. Vet. Univ. Parma.* 19:167-179.

- Summer A., Franceschi P., Bollini A., Formaggioni P., Tosi F., Mariani P. (2003).** Seasonal variations of milk characteristics and cheesemaking losses in the manufacture of Parmigiano-Reggiano cheese. *Vet. Res. Commun.* 27(Suppl. 1): 663-666.
- Sutton J.D. (1989).** Altering milk composition by feeding. *J Dairy Sci* 72:2801-2814.
- Verdier-Metz, I., J. B. Coulon, and P. Pradel. (2001).** Relationship between milk fat and protein contents and cheese yield. *Anim. Res.*50:365–371.
- Verdier-Metz I., Coulon J. B., Pradel P., Viallon C., Berdague J. L. (1998).** Effect of forage conservation (hay or silage) and cow breed on the coagulation properties of milks and on the characteristics of ripened cheeses. *J. Dairy Res.* 65: 9-21.
- Verdier I., Coulon J.B., Pradel P., Berdague J.L. (1995).** Effect of forage type and cow breed on the characteristics of matured Saint-Nectaire cheeses. *Lait.* 75: 523-533.
- Vicario D. 2005.** Contenuto di cellule somatiche del latte: sviluppo di procedure per la valutazione genetica di candidati riproduttori di razza Pezzata Rossa Italiana e considerazioni selettive. Academic Diss. Univ. Padua. Padua. Italy.
- Wedholm A., Larsen L. B., Lindmark-Mansson H., Karlsson A.H., Andre'n A. (2006).** Effect of protein composition on the cheese-making properties of milk from individual dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3296-3305.
- Zannoni M., Annibaldi S. (1981).** Standardization of the renneting ability of milk by formagraph - Note I. *Sci.Tec. Latt.* 32(2):79.

Sitografia:

AIA, Associazione Italiana Allevatori, www.aia.it

CLAL.IT, www.clal.it

ISMEA, Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo alimentare, www.ismeaservizi.it

ISTAT, Istituto Nazionale di Statistica, www.istat.it

EUROSTAT, Ufficio Statistico dell'Unione Europea, www.eurostat.ec.europa.eu

THE DAIRY SITE, www.thedairysite.com

