

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dip. AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI E AMBIENTE

Corso di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Animali

**Effetto dell'incrocio sull'attitudine casearia del latte
vaccino**

**Crossbreeding effects on milk coagulation properties of
dairy cows**

Relatore:

Prof. Mauro Penasa

Correlatore:

Dott.ssa Francesca Malchiodi

Laureanda: Daniela Padovan

Matricola n. 1034185

ANNO ACCADEMICO 2012-2013

Ai miei genitori

INDICE

| | |
|--|----|
| Abstract..... | 3 |
| Riassunto..... | 5 |
| 1. Introduzione..... | 7 |
| 1.1 Aspetti economici..... | 7 |
| 1.1.1 Quadro generale sul mercato del latte italiano ed europeo..... | 7 |
| 1.1.2 Principali costi di produzione degli allevamenti italiani..... | 8 |
| 1.2 Incrocio..... | 9 |
| 1.2.1 Obiettivi dell'incrocio in zootecnia..... | 9 |
| 1.2.2 Schemi di incrocio..... | 11 |
| 1.2.3 Incrocio nelle vacche da latte - Casi studio..... | 12 |
| 1.3 Lattodinamografia..... | 14 |
| 2. Obiettivi..... | 17 |
| 3. Materiali e metodi..... | 19 |
| 3.1 Dataset..... | 19 |
| 3.2 Analisi di laboratorio..... | 19 |
| 3.3 Analisi statistica..... | 20 |
| 4. Risultati e discussione..... | 21 |
| 4.1 Statistiche descrittive e analisi della varianza..... | 21 |
| 4.2 Caratteristiche qualitative del latte..... | 22 |
| 4.3 Caratteristiche coagulative del latte..... | 26 |
| 5. Conclusioni..... | 31 |
| 6. Bibliografia..... | 33 |

Abstract

The increase of inbreeding and fertility problems in the major dairy populations (e.g. Holstein-Friesian), along with the reduction of cow's longevity, are responsible for increasing costs in the dairy herds. The use of crossbreeding is an effective way to enhance the level of heterozygosity of the offspring. This reproductive system has been commonly used in poultry and pig farming, and the interest is also growing in the dairy sector. In some countries, the use of crossbreeding is a common practice, whereas in others, including Italy, is limited, but growing. In our country, the largest amount of milk is used for manufacturing cheese, and thus there is a strong interest in evaluating milk coagulation properties.

The objective of this thesis is to assess milk coagulation ability of pure Holsteins (n = 159), and Swedish Red x Holstein (n = 140) and Montbeliarde x (Swedish Red x Holstein) (n = 104) crossbred cows. Samples were collected in January and February 2013 during the evening milking on three farms located in the province of Modena (north Italy), whose milk is used for manufacturing Parmigiano-Reggiano cheese. Besides milk coagulation properties, fat, protein, casein, and lactose contents, and somatic cell count and pH, were also determined. All traits were analyzed through a linear model that included the fixed effects of herd-test date, genotype, stage of lactation and parity of the cow.

Crossbreeding had a positive effect on some milk quality traits. Milk from Swedish Red x Holstein cows showed significantly higher fat (+0.35%), protein (+0.10%) and casein (+0.07%) contents, and lower somatic cell count (-0.50) than milk from Holsteins. Regarding Montbeliarde x (Swedish Red x Holstein) cows, their milk had significantly higher protein content (+0.07%) than that of Holsteins. No statistically significant differences were found between pure Holstein and crossbred animals for milk coagulation properties, meaning that the use of crossbreeding did not impair the clotting characteristics of milk.

RIASSUNTO

L'aumento della consanguineità e dell'infertilità nelle popolazioni di vacche specializzate nella produzione di latte (es. Frisona), unitamente alla riduzione della longevità, sono causa di sempre maggiori costi per gli allevatori. L'utilizzo di piani di incrocio nella gestione della mandria è un sistema efficace per aumentare il livello di eterozigosi della progenie. Tale approccio, da tempo consolidato in avicoltura e suinicoltura, sta interessando anche gli allevamenti di vacche da latte. In alcuni Paesi, il riferimento a questo sistema riproduttivo è massiccio, mentre in altri, tra cui l'Italia, è limitato, ma in crescita. La maggior parte degli allevamenti italiani, come da tradizione, destinano il latte alla trasformazione in formaggio. Di conseguenza, nel nostro Paese vi è l'interesse a valutare l'attitudine casearia del latte prodotto.

L'obiettivo di questa tesi è di valutare le proprietà coagulative del latte, misurate attraverso analisi lattodinamografica, di 159 bovine di razza Frisona, 140 incroci Rossa Svedese x Frisona e 104 incroci Montbeliarde x (Rossa Svedese x Frisona). I campioni sono stati raccolti a gennaio e febbraio 2013 durante la mungitura della sera in tre allevamenti situati in provincia di Modena, il cui latte veniva destinato alla produzione di Parmigiano-Reggiano. Oltre all'analisi lattodinamografica, i campioni sono stati analizzati per i contenuti in grasso, proteina, caseina e lattosio, per la conta di cellule somatiche e per il pH. Tutti i caratteri sono stati elaborati statisticamente utilizzando un modello lineare che includeva gli effetti fissi dell'azienda-giorno di campionamento, del genotipo, dello stadio di lattazione e dell'ordine di parto della vacca.

Dai risultati ottenuti emerge un effetto positivo dell'incrocio su alcuni caratteri qualitativi del latte. Le vacche meticce Rossa Svedese x Frisona hanno mostrato contenuti significativamente più elevati di grasso (+0,35%), proteina (+0,10%) e caseina (+0,07%), e una più bassa conta cellulare (-0,50) rispetto alla Frisona in purezza. Per quanto concerne le meticce Montbeliarde x (Rossa Svedese x Frisona), queste sono risultate migliori della Frisona solo per il contenuto di proteina (+0,07%). Per quanto riguarda le proprietà di coagulazione del latte, non si sono riscontrate differenze statisticamente significative tra le vacche meticce e la Frisona pura, evidenziando che l'incrocio non ha pregiudicato l'attitudine casearia del latte.

1. Introduzione

1.1 Aspetti economici

1.1.1 Quadro generale sul mercato del latte italiano ed europeo

Il mercato del latte si compone di due filiere principali: una riguardante il consumo fresco, di più recente diffusione, ed una più antica, che prevede la trasformazione in prodotti caseari, ben radicata nella Pianura Padana sin dall'inizio dell'800, quando nascono i primi caseifici corporativi. Con la formazione del Mercato Comune (1957), il nostro Paese si è trovato a dover affrontare un rapido processo di modernizzazione impiantistica per poter essere competitivo all'interno della Comunità Europea. Tale processo ha portato alla diffusione di nuovi prodotti, come il latte pastorizzato o a lunga conservazione. A partire dagli anni '70, ci si è posto come obiettivo la differenziazione dell'offerta, grazie alla quale ogni impresa tende ad occupare una diversa nicchia di mercato. Pertanto, la concorrenza non è più basata solamente sul prezzo, ma anche sulle caratteristiche del prodotto (Lebro, 2006). La produzione europea (UE-27) di latte bovino nel 2011 ammontava a circa 150 milioni di tonnellate (+1,8% rispetto al 2010) (CLAL, 2013). Germania, Francia, Regno Unito, Olanda, Italia e Polonia contribuiscono complessivamente per oltre il 70% del latte raccolto (Eurostat, 2012). I prodotti ottenuti sono principalmente latte ad uso alimentare, panna per consumo diretto, yogurt, burro, formaggi, latte condensato e latte in polvere. La quota esportata è pari al 32% per il latte intero in polvere, al 31% per i formaggi (con un significativo aumento dal 2011 al 2012: +13,8%), al 25% per il latte scremato in polvere e al 12% per il burro. Si registra una costante crescita, negli anni, della produzione di formaggi in Germania, Francia e Italia, mentre nel resto dell'UE la produzione è rimasta pressoché costante (CLAL, 2013).

In Italia la produzione di latte è concentrata soprattutto nelle regioni settentrionali. Lombardia, Emilia Romagna, Veneto e Piemonte da sole consegnano il 77% del latte nazionale (CLAL, 2012). Nel 2010 la quantità totale di latte disponibile nel nostro Paese superava di poco le 13 milioni di tonnellate e di queste oltre 1,8 milioni di tonnellate erano state importate. Nel 2010 sono stati prodotti 2,7 milioni di tonnellate di latte alimentare, 1,2 milioni di tonnellate di formaggi (di cui oltre 274.000 esportate), 208.000 tonnellate di yogurt e latte fermentato, e 104.000 tonnellate di burro. Il 69,4% del latte raccolto viene utilizzato per la trasformazione in formaggio, di cui circa la metà sono prodotti tipici. Con i suoi 41 formaggi a marchio DOP (Istat, 2012), l'Italia presenta la produzione più diversificata a livello mondiale, per un valore all'ingrosso di poco meno di 3 miliardi di Euro derivati da 5,05 milioni di tonnellate di latte. La quota più consistente di formaggi DOP riguarda Parmigiano Reggiano e Grana Padano che interessano il 61% della

produzione di formaggi a marchio ed oltre il 65% del loro valore (SMEA, 2011). L'export dei prodotti DOP appare in costante ascesa (ISMEA, 2008).

1.1.2 Principali costi di produzione degli allevamenti italiani

Negli ultimi anni, l'attenzione degli allevatori si è focalizzata molto sui fattori aziendali che riducono i costi di produzione del latte (Eaglen et al., 2013). Un fattore che incide sull'andamento economico di un'azienda è la variazione del prezzo delle materie prime e dei prodotti finiti (ISMEA, 2011). Per quanto riguarda i costi, si è registrato un incremento per quasi tutte le voci:

- +8,7% per gli alimenti acquistati;
- +0,5% per le spese veterinarie, energetiche ed altre spese generali;
- +1,6% per spese generali e fondiarie;
- +2,4% per il costo del lavoro.

Sono invece in riduzione le voci riguardanti la produzione aziendale di mangimi e le quote di ammortamento di macchine e fabbricati.

La numerosità della mandria appare, tuttavia, uno dei principali fattori determinanti i costi. A tal proposito, bisogna considerare che in Italia il 50% delle aziende presentano meno di 20 vacche in stalla, mentre oltre il 60% del latte viene prodotto da allevamenti con più di 70 vacche, i quali rappresentano solo il 16% degli allevamenti italiani. Inoltre, nel 2010 è stato stimato che nel 57% degli allevamenti la produzione media era inferiore a 5,5 t/vacca, mentre circa la metà della produzione nazionale deriva dal 19,7% di aziende con una produzione media per vacca superiore alle 7,5 t. Le aziende meno produttive sono per lo più concentrate nelle zone montane, le quali beneficiano di maggiori premi per la produzione; questi ultimi portano ad una certa omogeneità del reddito riferito all'unità di prodotto. Nonostante ciò il reddito netto per ora di lavoro si colloca su livelli scarsi in montagna, ridotti in collina e buoni in pianura. Differenze di redditività sono fortemente legate anche alla destinazione del latte che viene prodotto (SMEA, 2011).

Si riporta, a titolo di esempio, uno studio effettuato in allevamenti situati nell'emiliano per i quali il Centro Ricerche di Produzioni Animali (CRPA; De Roest et al., 2012) considera i costi sostenuti durante il 2011 per 100 kg di latte prodotto:

- aziende di pianura con media di 134 bovine e latte destinato a Parmigiano-Reggiano: 60,82 € di costo totale e 54,40 € in termini di costo netto (sottraendo ricavi di carne e contributi);
- allevamenti di montagna con media di 110 vacche e latte destinato a Parmigiano Reggiano: 61,88 € di costo totale e 53,25 € in termini di costo netto;
- aziende che producono latte alimentare oppure destinato a Grana Padano, ubicate in pianura con una consistenza media di 90 vacche: 53,89 € di costo totale e 46,99 € di costo netto.

I costi per l'allevamento bovino, ed in particolar modo quelli per l'alimentazione del bestiame, sono aumentati ad un ritmo più sostenuto rispetto a quelli agricoli. Gli alimenti incidono per la

quota preponderate sui costi totali delle aziende (ISMEA, 2010). Non vanno esclusi, tuttavia, altri fattori come la longevità, i caratteri funzionali e la resistenza alle malattie (Canavesi, 2010; De Luca e Repetti, 2010). Appaiono in costante aumento le mastiti subcliniche che, con un'elevata variazione di incidenza, influenzano l'economia degli allevamenti (Leitner et al., 2012; Santman-Berends et al., 2012). Il periodo più a rischio risulta l'inizio della lattazione: più del 67% delle mastiti si manifestano durante i primi 100 giorni successivi al parto e le pluripare sono più frequentemente colpite rispetto alle primipare. Si stima che la presenza di mastiti cliniche causi una mancata produzione di 1.200 kg di latte per lattazione, pari ad una perdita economica di circa 360-380 €. La perdita di latte pesa per il 70% sui costi derivati dalla mastite, mentre il restante 30% è dovuto a spese dirette per trattamenti farmacologici (Piano, 2010). Le mastiti cliniche riducono non solo i rendimenti produttivi ma anche quelli riproduttivi delle bovine con maggiori possibilità di eliminazione dell'animale (Moussavi et al., 2012).

Altro fattore a cui viene data attualmente molta importanza, allo scopo di rendere i costi aziendali meno gravosi, è la fertilità delle bovine. Inchaisri et al. (2010) hanno calcolato il peso economico dovuto all'aumentare dei giorni che intercorrono dalla prima inseminazione al parto. Una situazione veniva considerata "buona" quando il parto veniva raggiunto entro 362 giorni dalla prima inseminazione, momento dopo il quale ad ogni giorno in più dell'intervallo è stato attribuito un costo tra i 0,57 e i 0,70 Euro/giorno, che corrisponde ad una perdita annuale che varia dai 34 ai 231 Euro/vacca, attribuibili a perdite di produzione, mancata vendita dei vitelli e maggiori costi di gestione del parto. Ad incidere sulla fertilità sono fattori gestionali come, ad esempio, la difficoltà nel rilevare i calori (Piano, 2010) e l'aumento del deficit energetico nel post-partum che si instaura a seguito dell'aumento della produzione di latte e che provoca un rallentamento della ripresa dell'attività ovarica (Cummins et al., 2012). Anche a livello Italiano, alcune associazioni di razza si sono adoperate per inserire negli indici di selezione caratteri legati alla fertilità. Nel 2009, l'Associazione Nazionale Allevatori Frisone Italiana (ANAFI) ha inserito la fertilità nell'indice di selezione (PFT = Produttività, Funzionalità, Tipo) con un peso del 10%. Il PFT prevede un rapporto tra produzione e funzionalità di 49:51. Tali valori sono comunque ancora lontani da quelli dei Paesi nordici, dove i caratteri funzionali pesano per il 66% (Canavesi, 2010).

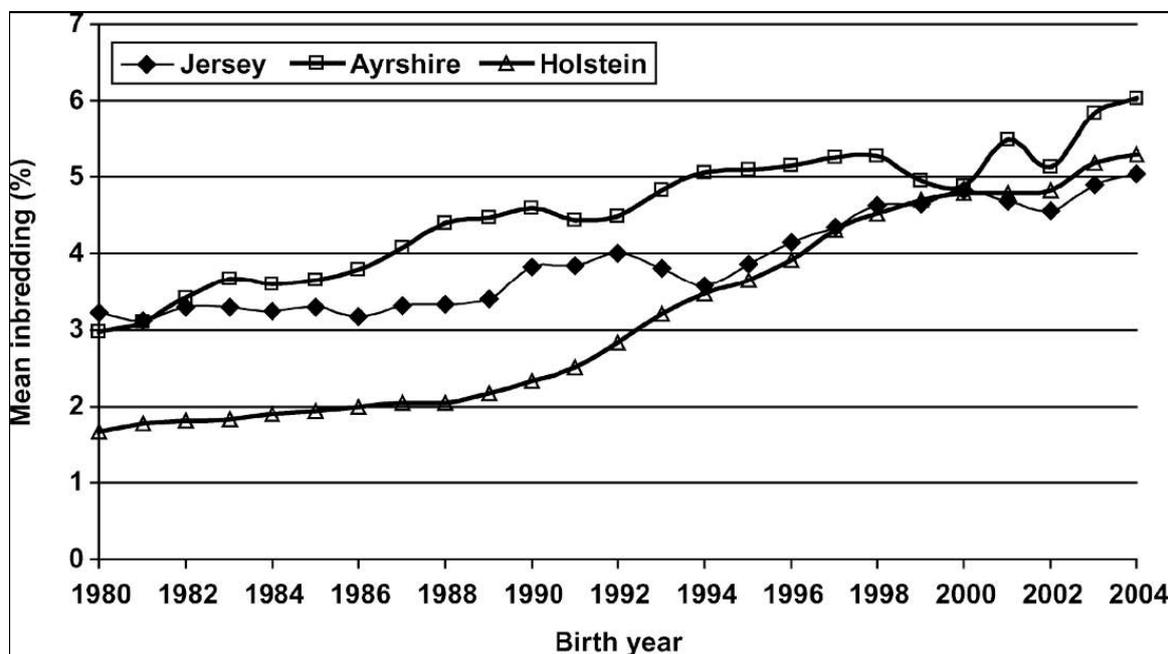
1.2 Incrocio

1.2.1 Obiettivi dell'incrocio in zootecnia

La selezione e l'incrocio sono due sistemi riproduttivi alla base degli accoppiamenti tra animali di interesse zootecnico (Kinghorn et al., 2000). Con la selezione, che può essere di tipo naturale o antropica, vengono modificate le frequenze alleliche nella popolazione, accumulando il maggior numero di geni favorevoli all'espressione dei caratteri interessati. I caratteri oggetto di

selezione sono generalmente di tipo quantitativo a variazione continua, come la produzione di latte e l'incremento medio giornaliero di peso vivo. Selezionare la popolazione verso un unico obiettivo può aumentare però la consanguineità anche in popolazioni numerose. Nella Figura 1 vengono mostrati i trend di consanguineità nelle razze Ayrshire, Holstein e Jersey tra il 1980 e il 2004 (Sewalem et al., 2006). In tutte e tre le razze si è assistito ad un aumento della consanguineità, che è stato però più spiccato per la Holstein. Nel 2003 il coefficiente di consanguineità della Holstein era del 5%, doppio rispetto a quello del 1990 (Kearney et al., 2004). L'eccessivo aumento di consanguineità porta ad un fenomeno che prende il nome di depressione da *inbreeding*, che si manifesta soprattutto sui caratteri di fertilità, salute e sopravvivenza. La depressione da *inbreeding* provoca un aumento della morte embrionale precoce, aumenta i tassi di mortalità e riduce la resistenza alle malattie. Si raccomanda di non superare livelli di consanguineità del 6,25% all'interno della mandria per non incorrere in questi problemi (Hansen, 2006). L'incrocio, per contro, produce effetti opposti a quelli descritti, rendendolo interessante nelle produzioni animali, soprattutto laddove viene richiesta efficienza riproduttiva e resistenza a stress ambientali (Cassel, 2007).

Figura 1. Trend di consanguineità nella razze Ayrshire, Holstein e Jersey (Sewalem et al., 2006).



Tramite l'incrocio vengono accoppiati soggetti il cui grado di parentela risulta inferiore rispetto alla media di popolazione, aumentando pertanto il grado di eterozigosi attesa all'interno della popolazione stessa. Si possono distinguere incroci tra soggetti appartenenti a razze diverse (incrocio inter-razziale) o a linee diverse (incrocio intra-razziale). Questo sistema riproduttivo è da tempo consolidato nelle produzioni avicole e in gran parte di quelle cunicole e suinicole, con

l'obiettivo di poter sfruttare l'effetto dell'eterosi per migliorare l'efficienza produttiva degli animali, per quanto riguarda le linee maschili, e l'efficienza riproduttiva per quanto riguarda le linee femminili (Heins, 2007). L'utilizzo dell'incrocio non esclude tuttavia la necessità di svolgere un'attività di selezione per migliorare le razze in purezza delle quali fanno parte le linee parentali, affinché si possa beneficiare di effetti positivi (Penasa et al., 2006; Sørensen, 2007). Negli allevamenti di vacche da latte l'incrocio è in genere limitato all'uso di razze da carne su vacche eccedenti il fabbisogno di produzione della rimonta. Tale pratica prende il nome di "incrocio industriale" ed ha come obiettivo quello di ottenere vitelli di maggior valore commerciale da destinare all'ingrasso (Bittante et al., 1993). Gli obiettivi dell'incrocio sono molteplici:

- ottenere caratteristiche intermedie tra due razze o linee parentali: è il caso, per esempio, dell'incrocio di toro da carne su vacche da latte che non vengono utilizzate per produrre la rimonta;
- incorporare l'effetto della selezione per beneficiare delle selezioni di altri ceppi;
- sfruttare l'eterosi diretta: l'eterosi viene definita come la deviazione (positiva o negativa) della media fenotipica dei soggetti meticcii ($A \times B$ e $B \times A$) rispetto alla media fenotipica dei soggetti (razze o linee) parentali (A e B) per il carattere considerato. Di fatto, quantifica i cosiddetti effetti genetici non additivi. Generalmente, l'eterosi esercita maggiori effetti positivi sulla resistenza alle malattie, la rusticità e sulle "caratteristiche vitali" dei soggetti meticcii, ovvero su caratteri a bassa ereditabilità;
- sfruttare l'eterosi materna: importante per i caratteri quali prolificità e sopravvivenza allo svezzamento. Tipicamente sfruttata nelle razze prolifiche (es. suini);
- sfruttare la complementarietà dei caratteri: vengono combinate in questo modo caratteristiche utili di diverse razze;
- più ampio uso delle riserve genetiche animali: maggiore flessibilità nell'individuazione e nello sviluppo di un programma di allevamento efficiente (Bittante et al., 1990, 1993; Kinghorn et al., 2000).

1.2.2 Schemi di incrocio

Gli schemi di incrocio che possono essere adottati in zootecnia sono:

- Incrocio a due vie ($A \times B$, detto anche incrocio industriale): vengono mantenute in purezza le linee parentali A e B e tutti i soggetti meticcii AB (i quali presentano il 50% di geni A e il 50% di geni B) sono destinati alla produzione.
- Incrocio continuato ($A \times AB$): individui meticcii di prima generazione accoppiati con soggetti della popolazione incrociante. Ne derivano pertanto individui con il 75% di geni A e il 25% di geni B, utilizzati per la produzione e non per la rimonta.

- Incrocio di ritorno ($B \times AB$), $B \times (B \times AB)$, e così via: questo schema perdura fino all'estinzione dei geni della popolazione incrociante.
- Meticciamento ($AB \times AB$): può dare origine, in abbinamento alla selezione, a ceppi o razze con il 50% di geni A e il 50% di geni B.
- Incrocio alternato $A \times (1/3 A \text{ e } 2/3 B)$, $B \times (2/3 A \text{ e } 1/3 B)$: le femmine meticce ottenute dalle popolazioni A e B sono utilizzate per la produzione di rimonta femminile accoppiandole alternativamente per una generazione con maschi A e per la successiva con maschi B. Dopo n generazioni si ottengono due tipi di femmine meticce: fattrici $2/3 A$ e $1/3 B$ che verranno accoppiate con maschi B, e fattrici $1/3 A$ e $2/3 B$ che saranno accoppiate con maschi A. In questo tipo di incrocio l'eterosi si stabilizza al 67%.
- Incrocio a tre vie $C \times (A \times B)$: individui di sesso femminile di prima generazione AB accoppiati ad individui di razza pura C. Ne risultano individui con 25% di geni A, 25% di geni B e 50% di geni C, utilizzati a scopi produttivi.
- Incrocio a rotazione a tre vie $A \times (1/7 A, 2/7 B \text{ e } 4/7 C)$, $B \times (4/7 A, 1/7 B \text{ e } 2/7 C)$, $C \times (2/7 A, 4/7 B \text{ e } 1/7 C)$: vengono utilizzati a rotazione maschi puri di tre popolazioni diverse su femmine meticce nate dallo stesso schema. All'equilibrio si ottengono femmine di tre tipi genetici caratterizzate da proporzioni di $1/7$, $2/7$ e $4/7$ di geni A, B e C per il primo tipo, B, C e A per il secondo e C, A e B per il terzo. Ognuna di queste femmine viene accoppiata al toro del tipo genetico con quota di geni meno presente nel proprio genotipo. Dopo n generazioni si ha un'eterosi stabilizzata dell'86%.
- Incrocio a quattro vie $(A \times B) \times (C \times D)$: accoppiamento di meticci maschi e femmine di prima generazione ottenuti da quattro popolazioni diverse accoppiate a due a due. I meticci di seconda generazione avranno il 25% di geni A, 25% di geni B, 25% di geni C e 25% di geni D. Lo scopo di tale schema è lo sfruttamento produttivo (Bittante et al., 1990).

1.2.3 Incrocio nelle vacche da latte - Casi studio

Negli ultimi anni è cresciuto l'interesse per l'incrocio fra razze specializzate da latte, volto a migliorare per lo più aspetti qualitativi del latte, caratteri funzionali e fertilità a livello aziendale. Generalmente vengono utilizzati schemi a rotazione a due o tre vie, che permettono di mantenere nelle generazioni un buon livello di eterosi (rispettivamente 67% e 86%) e che risultano essere di più facile gestione rispetto ad un incrocio a quattro vie.

Un esempio di incrocio a due vie è quello fra Jersey e Holstein, che sfrutta la superiorità produttiva della seconda razza e le caratteristiche qualitative del latte della prima (Weigel and Barlass, 2003; Freyer et al., 2008; Sørensen et al., 2008). La produzione media di latte delle vacche di razza Holstein negli Stati Uniti si attesta sui 106 q/anno al 3,67% di grasso e 3,07% di proteina (Holstein Association USA, 2013). L'elevata selezione per la quantità di latte ha portato

questa razza ad una riduzione dell'efficienza riproduttiva: aumento dell'intervallo tra i parti, aumento dei problemi sanitari e riduzione della longevità (McParland et al., 2007; Blöttner et al., 2011b). La Jersey è una razza di taglia ridotta, adattabile a diversi sistemi di allevamento, dai pascoli californiani ai sistemi estensivi di Australia e Nuova Zelanda. Si trova numerosa in Regno Unito, Australia, Canada, Danimarca, Nuova Zelanda, Sudafrica, Stati Uniti d'America e Zimbabwe. Nonostante le piccole dimensioni, la Jersey è nota per la facilità di parto. La sua peculiarità principale resta, tuttavia, la qualità del latte, oltre all'efficienza di conversione alimentare per sintetizzarlo (UK Jersey, 2013). Presenta una produzione, nei 305 giorni, di 59 q di latte, al 5,08% di grasso e 4,02% di proteina (AIA, 2009). L'incrocio tra Jersey e Holstein ha interessato notevolmente i neozelandesi, grazie ai vantaggi economici ottenibili (Heins et al., 2011) e al fatto che presenta maggiore grasso e proteina nel latte rispetto alla Holstein (Lopez-Villalobos, 2000; VanRaden e Sanders, 2003; Weigel, 2003). I punti di forza di questo incrocio rispetto alla Holstein in purezza risultano essere il minor tasso di mastite clinica, nonostante un aumento delle cellule somatiche (Heins, 2011), una maggiore vita produttiva (Heins et al., 2011; Olson et al., 2011), elevati tassi di concepimento, miglioramento dello di fertilità, longevità e redditività (Weigel and Barlass, 2003) e minori incidenze di metriti, dislocazione dell'abomaso e chetosi (Olson et al., 2011). In uno studio svolto in Minnesota è stato però riscontrato un maggior numero di capi riformati tra gli incroci rispetto ai soggetti puri, a causa della conformazione della mammella (Heins et al., 2011). Lopez-Villalobos et al. (2000), in uno studio riguardante la redditività di incroci Jersey o Ayrshire x Holstein, attribuisce invece agli incroci maggiori profitti grazie a minori tassi di sostituzione che, tra l'altro, portano ad una maggiore presenza di pluripare in azienda, con rendimenti per lattazione migliori rispetto alle primipare. Per contro, il valore degli animali meticci venduti come vitelli o manzi è risultato ridotto.

Un'altra razza utilizzata con la Holstein per piani di incrocio a due vie è la Brown Swiss. Le peculiarità di questa razza sono legate alla qualità del suo latte caratterizzato, oltre che da buoni tenori di grasso e proteine, da varianti genetiche delle proteine più favorevoli alla caseificazione, in modo particolare l'allele B della k-caseina (De Marchi et al., 2008). La produzione media per lattazione è di 69 q, con tenori di grasso e proteina rispettivamente del 3,98% e 3,56% (ANARB, 2013). Gli incroci Brown Swiss x Holstein risultano più competitivi rispetto alla Holstein pura per quanto riguarda la fertilità e non mostrano differenze significative in termini di produzione e composizione del latte (Blöttner et al., 2011a). I meticci presentano gestazioni più lunghe con vitelli alla nascita di peso superiore, ma non sono state riscontrate differenze per quanto riguarda difficoltà al parto e morti-natalità. La velocità di mungitura è inferiore per gli incroci, mentre non vi sono differenze per quanto riguarda il contenuto di cellule somatiche (Blöttner et al., 2011b).

Prove di incroci a due o tre vie sono state effettuate con le razze Montbeliarde, Normanna e con le rosse scandinave. La Montbeliarde è la seconda razza da latte in Francia ed Irlanda. La sua produzione media si attesta sui 75 q/lattazione, al 3,90% di grasso e 3,45% di proteina. Punto di

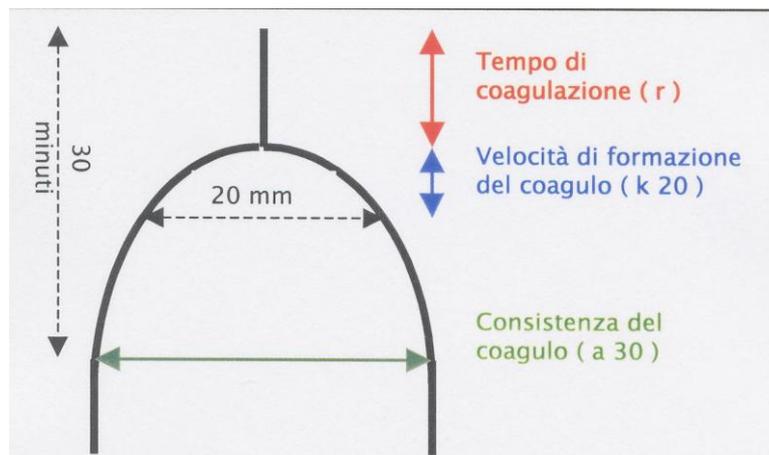
forza di questa razza è la conta delle cellule somatiche, che risulta mediamente inferiore rispetto a quella della Holstein di 50.000 unità, a parità di produzione. Inoltre, i suoi vitelli destinati all'ingrasso riescono a spuntare prezzi maggiori rispetto a quelli di razza Holstein (Montbeliarde UK, 2009). La Normanna è una razza particolarmente apprezzata per l'efficienza metabolica, la fertilità e la longevità. Presenta ottime rese di caseificazione dovute all'alta percentuale dell'allele B della k-caseina. Nel 2011 la produzione media è stata di 78 q/lattazione, al 4,30% di grasso e 3,60% di proteina (Genesi Project, 2012). Le rosse scandinave sono tra le prime razze ad essere state selezionate per fertilità, resistenza alle malattie e basso contenuto di cellule somatiche del latte, che risultano ad oggi i loro punti di forza. Le produzioni medie risultano di 87 q/lattazione, al 4,33% di grasso e 3,50% di proteina (European Red Dairy Breed Association, 2009). Incroci Montbeliarde x Holstein (MO x HO), Normanna x Holstein (NO x HO) e razze Rosse Scandinave x Holstein (RS x HO) hanno una produzione di latte inferiore rispetto ai puri Holstein (Heins et al., 2006b; Walsh et al., 2008; Malchiodi et al., 2011; Heins e Hansen, 2012). Per quanto riguarda la qualità del latte, Heins et al. (2006b) riportano produzioni inferiori in grasso e proteine in incroci MO x HO e NO x HO (in accordo con Walsh et al., 2008) ma simili alla Holstein nel caso di RS x HO, mentre Heins e Hansen (2012) hanno riscontrato produzioni di grasso e proteine inferiori per tutti e tre i tipi di incroci rispetto alla Holstein. Nello studio di Malchiodi et al. (2011), la Holstein risulta superiore alla RS x HO per il contenuto in proteine e superiore a MO x (RS x HO) per quello in grasso. Per quanto riguarda le cellule somatiche, gli incroci NO x HO hanno valori simili alle vacche Holstein, mentre tale parametro migliora negli incroci MO x HO e RS x HO (Heins e Hansen, 2012). Questi tipi di incrocio sono vantaggiosi per i caratteri di fertilità, salute e sopravvivenza delle vacche (Heins et al., 2006a; Heins e Hansen, 2012). Animali MO x HO, rispetto alle Holstein pure, presentano un maggior tasso di concepimento al primo servizio (Heins e Hansen, 2012), gestazioni più lunghe e un maggior peso del vitello alla nascita. Non si riscontrano differenze significative per quanto riguarda difficoltà al parto e morti-natalità (Heins et al., 2010) e il BCS migliora rispetto alla Holstein durante tutte le lattazioni (Walsh et al., 2008). Il punto di forza per questo tipo di incroci è, tuttavia, la sopravvivenza, intesa come numero di vacche che restano in vita per un maggior numero di lattazioni, che porta ad una maggior redditività proiettata per tutta la carriera produttiva (Heins et al., 2012).

1.3 Lattodinamografia

L'attitudine casearia del latte può essere misurata mediante lattodinamografia (Aleandri et al., 1989), che simula la coagulazione presamica. La coagulazione passa attraverso 3 fasi: la prima è la reazione enzimatica vera e propria che consiste nel distacco delle glicoproteine dalla k-caseina, la seconda è il passaggio del latte dallo stato di sol a quello di gel e durante la terza fase il gel assume una consistenza sempre maggiore in quanto aumenta il numero dei legami

intermicellari. Le micelle (struttura principale sulla quale si forma il gel; Lucey, 2002) si avvicinano e il coagulo si contrae espellendo siero (sineresi) (Del Prato, 2001). Le proprietà di coagulazione del latte sono espresse come r : tempo di coagulazione presamica, ovvero l'intervallo di tempo che intercorre tra l'aggiunta del caglio e la formazione del coagulo; k_{20} : il tempo che intercorre dall'inizio della coagulazione al momento in cui l'apertura della campana raggiunge i 20 mm; e a_{30} : consistenza del coagulo dopo 30 minuti dall'aggiunta del caglio (Bittante et al., 2012).

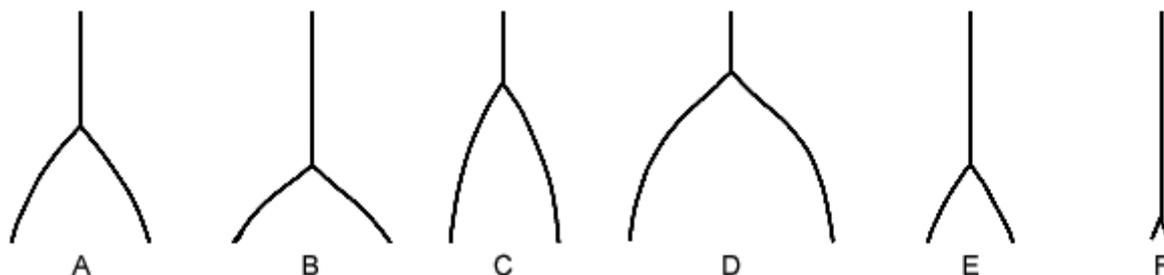
Figura 2. Parametri lattodinamografici.



Tali parametri forniscono utili informazioni per la valutazione tecnologica complessiva del latte destinato alla caseificazione (Mariani et al., 1997; Cassandro et al., 2008; Cecchinato et al., 2011). In base alla capacità di coagulazione vengono definiti 8 tipi di latte:

- A: comportamento ottimale;
- B: latte tipico di bovine a fine lattazione, presenta una coagulazione lenta seguita da un rapido rassodamento della cagliata che raggiunge in breve tempo un'elevata consistenza;
- C: tipico di bovine a inizio lattazione. La fase iniziale è rapida ma con formazione del coagulo lenta che non raggiunge una sufficiente consistenza;
- D: latte con elevato contenuto di caseina o lievemente acido. Le fasi di coagulazione hanno andamento veloce raggiungendo elevate consistenze del coagulo;
- E: latte con scarsa reattività al caglio. Si riscontra in bovine mastitiche o con carichi elevati di cellule somatiche, o in latte ipoacido;
- F: vi è solo un accenno di flocculazione. Si presenta in bovine mastitiche con elevati carichi cellulari e/o marcata ipoacidità;
- DD: caratteristiche accentuate del tipo D, tipiche del latte iperacido o molto maturo;
- FF: il latte non coagula.

Figura 3. Tracciati lattodinamografici dei diversi tipi di coagulazione di latte vaccino.



Le proprietà di coagulazione risultano influenzate da molteplici fattori, tra cui la concentrazione delle diverse proteine del latte (Ikonen et al., 1998; Wedholm et al., 2006; Hallen, 2008; Jõudu et al., 2008; Pärna et al., 2012), lo stadio di lattazione, la razza e, in minor misura, l'ordine di parto (Macheboeuf et al., 1993; Cecchi et al., 2000a,b).

Il latte di Holstein risulta meno idoneo alla caseificazione rispetto a quello della Jersey (Cecchi et al., 2000a) e presenta una minore frequenza di latti non coagulati rispetto alla Finnish Ayrshire (Ikonen, 2000; Tyrisevä et al., 2004). De Marchi et al. (2007) hanno evidenziato che le razze non specializzate da latte (es. Rendena) mostrano attitudine casearia migliore rispetto a quelle cosmopolite. La superiorità della Brown Swiss rispetto alla Holstein per quanto riguarda la caseificazione è confermata da Cecchinato et al. (2011) e da De Marchi et al. (2008). Il latte di razze Montbeliarde e Normanna presenta tempi di coagulazione più brevi e un rassodamento della cagliata migliore rispetto alla Holstein, caratteristiche associate ad una maggiore frequenza dell'allele B della k-caseina, e ad un aumento delle concentrazioni di proteina e caseina (Auldust et al., 2002). Macheboeuf et al. (1993) non hanno evidenziato differenze significative nel tempo di coagulazione tra Holstein, Montbeliarde e Tarentaise, ma queste ultime due razze, in particolare la Montbeliarde, presentano k_{20} e a_{30} migliori.

2. Obiettivi

Nel mondo e, più recentemente, anche in Italia, è cresciuto l'interesse per l'incrocio tra razze bovine da latte, al fine di sfruttare i benefici dell'eterosi. La scelta di adottare l'incrocio come sistema riproduttivo in azienda ha l'obiettivo principale di far fronte a problemi riguardanti gli aspetti funzionali degli animali allevati, ma anche di migliorare, ad esempio, i tenori di grasso e proteina. Le peculiarità produttive italiane, per le quali un'elevata quota del latte raccolto è destinato alla trasformazione in formaggio, destano notevole interesse nei riguardi dell'attitudine casearia del latte e a come sia possibile migliorarla.

Nelle letteratura scientifica, emergono pochi studi riguardanti la capacità di coagulazione del latte proveniente da bovine meticce. Pertanto, l'obiettivo di questa tesi è di confrontare le proprietà coagulative del latte di vacche di razza Frisona con quelle di vacche meticce Rossa Svedese x Frisona e Montbeliarde x (Rossa Svedese x Frisona) in aziende che destinano il latte alla produzione di Parmigiano-Reggiano.

3. Materiali e metodi

3.1 Dataset

Il campionamento è stato svolto tra gennaio e febbraio 2013 durante la mungitura della sera in 3 allevamenti della provincia di Modena, il cui latte viene destinato alla produzione di Parmigiano Reggiano. In totale sono stati raccolti 403 campioni appartenenti a vacche pure di razza Frisona (FR; n = 159) e bovine meticce Rossa Svedese (RS) x FR (n = 140) e Montbéliarde (MO) x (RS x FR) (n = 104). Il latte è stato raccolto nel corso di 7 uscite complessive e, in ciascuna uscita, è stato campionato un numero rappresentativo di animali per genotipo, ordine di parto e stadio di lattazione. Sono state prelevate due aliquote omogenee per ogni bovina.

3.2 Analisi di laboratorio

Una volta portato il latte della prima aliquota alla temperatura di 32-33°C, si è proceduto alla misurazione del pH, tramite piaccametro, e alla conta delle cellule somatiche (SCC) tramite *Fossomatic FC Counter* (Foss Electric A/S, Hillerød, Danimarca). Successivamente, lo stesso campione è stato analizzato con *MilkoScan FT6000* (Foss Electric A/S, Hillerød, Danimarca) per la determinazione dei parametri qualitativi del latte: grasso, proteina, caseina e lattosio.

La seconda aliquota di latte è stata utilizzata per l'analisi lattodinamografica, effettuata tramite il *Formagraph* (Foss Electric A/S, Hillerød, Danimarca), strumento meccanico provvisto di pendoli in acciaio che vengono immersi in pozzetti contenenti latte e che rilevano il cambiamento di consistenza della materia prima. In sostanza, il *Formagraph* rileva la resistenza (sempre maggiore) opposta al moto di ognuno dei pendoli immersi nei pozzetti di latte durante la coagulazione, definendo un tracciato tromboelastografico (tipica forma a campana) che descrive 3 parametri: il tempo di coagulazione (r , minuti), definito come il tempo che intercorre tra l'aggiunta del caglio e l'apertura del tracciato, ovvero la formazione del primo flocculo (inizio della coagulazione); il tempo di rassodamento del coagulo (k_{20} , minuti), che rappresenta il tempo necessario al coagulo per raggiungere una resistenza meccanica tale da determinare un'ampiezza del tracciato di 20 mm; e la consistenza del coagulo (a_{30} , mm), che definisce l'ampiezza del tracciato dopo 30 minuti dall'aggiunta del caglio. L'analisi lattodinamografica prevede l'inserimento di 10 mL di latte in ognuno dei 10 pozzetti e il riscaldamento a 35°C per 15 minuti all'interno del modulo di servizio dello strumento. A questo punto si procede alla preparazione di una soluzione coagulante composta da 298 μ l di caglio (Hansen Standard 160, con 80 \pm 5% di chimosina e 20 \pm 5% di pepsina; Pacovis Amrein AG, Berna, Svizzera) portati a volume di 35 ml con acqua

distillata (diluizione all'1,6% p/V) per ottenere 0,051 IMCU (International Milk Clotting Units)/mL. Ogni pozzetto viene addizionato con 200 µl della soluzione appena descritta e, subito dopo, inserito all'interno del modulo di registrazione del *Formagraph*. L'analisi, che dura complessivamente 60 minuti e che permette di processare 10 campioni per corsa, è stata svolta in doppio per ogni bovina.

3.3 Analisi statistica

Per l'analisi dei dati, le vacche di ordine di parto uguale o superiore al terzo sono state raggruppate in un'unica classe di pluripare. I giorni di lattazione sono stati suddivisi in 5 classi: una prima classe di 55 giorni, 3 classi centrali di 60 giorni ciascuna e un'ultima classe aperta nella quale rientravano tutte le bovine oltre i 240 giorni di lattazione. La classe più numerosa, con 111 animali, era la seconda (tra i 60 e i 120 giorni di lattazione), mentre quella meno numerosa, con 59 animali, era l'ultima. I dati sono stati sottoposti ad *editing* per controllare la presenza di eventuali dati incongruenti. Al termine di tale processo, è stato eliminato un solo record, relativo ad un valore di grasso superiore al 11%. Al fine di ottenere una distribuzione normale e poter rendere possibile l'applicazione del modello lineare, i valori di SCC sono stati sottoposti a trasformata logaritmica, ottenendo un punteggio di cellule somatiche (SCS), secondo la formula di Ali and Shook (1980): $SCS = 3 + \log_2(SCC/100.000)$. Come menzionato in precedenza, per ogni campione di latte (vacca) si disponeva di 2 letture con *Formagraph*. Pertanto, per ogni parametro lattodinamografico è stata considerata la media grezza delle due misurazioni. Nel caso in cui una delle due letture risultava "latte non coagulato", è stata presa in considerazione solo la misura disponibile. Infine, in presenza di campioni che in entrambe le determinazioni non avevano coagulato entro i 60 minuti, r e k_{20} sono stati considerati mancanti, mentre per i campioni che non avevano coagulato entro i 30 minuti a_{30} era pari a zero.

I dati sono stati analizzati tramite la procedura GLM del pacchetto statistico SAS (SAS, 2008), utilizzando il seguente modello lineare:

$$y_{ijklm} = \mu + \text{HTD}_i + \text{DIM}_j + \text{Ordine di parto}_k + \text{Genotipo}_l + e_{ijklm},$$

dove y_{ijklm} è la variabile dipendente; μ è la media generale; HTD_i è l'effetto fisso dell' i esima azienda-giorno di campionamento ($i =$ da 1 a 7); DIM_j è l'effetto fisso della j esima classe di stadio di lattazione ($j =$ da 1 a 5); Ordine di parto_k è l'effetto fisso del k esimo ordine di parto ($k =$ da 1 a 3); Genotipo_l è l'effetto fisso dell' l esimo genotipo [$l =$ FR, RS x FR, MO x (RS x FR)]; e_{ijklm} è l'effetto casuale dell'errore, $N \sim (0, \sigma_e^2)$. Sono stati effettuati dei contrasti ortogonali tra le medie stimate per l'effetto del genotipo per ciascun carattere, considerando i seguenti contrasti: FR vs. RS x FR, FR vs. MO x (RS x FR).

4. Risultati e discussione

4.1 Statistiche descrittive e analisi della varianza

Le statistiche descrittive per i caratteri qualitativi e le proprietà di coagulazione del latte sono riportate in Tabella 1. Le medie di grasso e proteine sono risultate rispettivamente di 4,06% e 3,70%, superiori alle medie nazionali della razza Frisona, pari al 3,64% di grasso e 3,31% di proteine (AIA, 2012). Le caseine si sono attestate su un valore di 2,70% e la media di SCS è risultata di 2,55. Il valore medio della conta delle cellule somatiche (SCC) non superava i limiti di 400.000 cellule/ml imposti dal “Pacchetto Igiene” (regolamento (CE) n. 853/2004, Gazzetta ufficiale dell’Unione Europea L. 139 del 30 aprile 2004). Il latte analizzato ha coagulato mediamente in 21,82 minuti con un k_{20} di 5,12 minuti e un a_{30} di 29,73 mm.

Tabella 1. Statistiche descrittive per i caratteri qualitativi e le capacità coagulative del latte.

| Carattere | N | Media | DS | Minimo | Massimo |
|------------------------------|-----|--------|--------|--------|---------|
| Parametri qualitativi | | | | | |
| Grasso (%) | 402 | 4,06 | 0,87 | 1,68 | 8,43 |
| Proteine (%) | 403 | 3,70 | 0,30 | 2,66 | 4,45 |
| Caseine (%) | 403 | 2,70 | 0,27 | 1,75 | 3,35 |
| Lattosio (%) | 403 | 5,00 | 0,27 | 3,65 | 5,52 |
| SCC (x 1.000/ml) | 403 | 181,37 | 344,92 | 5,00 | 3.325 |
| SCS | 403 | 2,55 | 1,84 | -1,32 | 8,06 |
| Parametri lattodinamografici | | | | | |
| r (min) | 398 | 21,82 | 8,29 | 9,45 | 59,00 |
| k_{20} (min) | 386 | 5,12 | 2,49 | 1,65 | 17,00 |
| a_{30} (mm) | 403 | 29,73 | 17,15 | 0,00 | 63,28 |

DS = deviazione standard; SCC = conta di cellule somatiche; SCS = punteggio di cellule somatiche; r = tempo di coagulazione del latte; k_{20} = tempo di rassodamento del coagulo; a_{30} = consistenza del coagulo.

Tabella 2. Analisi della varianza per i caratteri qualitativi del latte.

| | Grasso (%) | | Proteine (%) | | Caseine (%) | | Lattosio (%) | | SCS | | |
|-----------------|------------|----------|--------------|----------|-------------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| R^2 | 0,14 | | 0,51 | | 0,39 | | 0,30 | | 0,14 | | |
| RMSE | 0,82 | | 0,22 | | 0,21 | | 0,23 | | 1,74 | | |
| Effetti | g.d.l. | Valore-F | Valore-P | Valore-F | Valore-P | Valore-F | Valore-P | Valore-F | Valore-P | Valore-F | Valore-P |
| HTD | 6 | 1,99 | n.s. | 2,17 | <0,05 | 3,85 | <0,001 | 1,4 | n.s. | 3,42 | <0,01 |
| DIM | 4 | 7,08 | <0,001 | 78,58 | <0,001 | 42,43 | <0,001 | 17,52 | <0,001 | 9,14 | <0,001 |
| Ordine di parto | 2 | 1,17 | n.s. | 2,67 | n.s. | 4,34 | <0,05 | 17,17 | <0,001 | 4,68 | <0,01 |
| Genotipo | 2 | 6,66 | <0,01 | 8,01 | <0,001 | 4,06 | <0,05 | 9,32 | <0,001 | 2,69 | n.s. |

SCS = punteggio di cellule somatiche; R^2 = coefficiente di determinazione; RMSE = errore quadratico medio; g.d.l. = gradi di libertà; n.s. = non significativo; HTD = azienda-giorno di campionamento; DIM = stadio di lattazione.

Lo stadio di lattazione è risultato altamente significativo ($P < 0,001$) nello spiegare la variabilità di tutti i caratteri oggetto di studio (Tabella 2). L'ordine di parto e l'azienda-giorno di campionamento hanno influenzato significativamente ($P < 0,05$) il contenuto in caseine e SCS. Il genotipo è risultato un fattore importante per tutti i caratteri analizzati, tranne SCS.

Tabella 3. Analisi della varianza per il tempo di coagulazione (r), il tempo di rassodamento (k_{20}) e la consistenza del coagulo (a_{30}).

| | | r (min) | | k_{20} (min) | | a_{30} (mm) | |
|-----------------|--------|----------|----------|----------------|----------|---------------|----------|
| R ² | | 0,23 | | 0,09 | | 0,17 | |
| RMSE | | 7,38 | | 2,43 | | 15,86 | |
| Effetti | g.d.l. | Valore-F | Valore-P | Valore-F | Valore-P | Valore-F | Valore-P |
| HTD | 6 | 0,52 | n.s. | 0,58 | n.s. | 0,45 | n.s. |
| DIM | 4 | 24,09 | <0,001 | 5,49 | <0,001 | 17,16 | <0,001 |
| Ordine di parto | 2 | 0,59 | n.s. | 1,22 | n.s. | 1,16 | n.s. |
| Genotipo | 2 | 0,36 | n.s. | 0,79 | n.s. | 0,04 | n.s. |

R² = coefficiente di determinazione; RMSE = errore quadratico medio; g.d.l. = gradi di libertà; n.s. = non significativo; HTD = azienda-giorno di campionamento; DIM = stadio di lattazione.

I parametri r , k_{20} e a_{30} sono stati influenzati in modo altamente significativo ($P < 0,001$) dallo stadio di lattazione (Tabella 3), in accordo con quanto riportato da altri autori (Ikonen et al., 2004; Cipolat-Gotet et al., 2012). Non si sono registrati invece effetti significativi dell'ordine di parto e dell'azienda-giorno di campionamento sull'attitudine casearia del latte. Per quest'ultimo effetto, la non significatività potrebbe essere legata al fatto che le tre aziende oggetto di studio hanno management e sistema di alimentazione molto simili. Il genotipo non ha influenzato significativamente i parametri lattodinamografici. Questo risultato è in disaccordo con molti lavori riportati in letteratura, che hanno dimostrato l'importanza della razza sulle capacità coagulative del latte (Tyrisevä et al., 2004; De Marchi et al., 2007; Bittante et al., 2012).

4.2 Caratteristiche qualitative del latte

In Tabella 4 si osserva l'effetto dell'ordine di parto sulle caratteristiche qualitative del latte. I valori di cellule somatiche aumentano all'aumentare del numero di lattazioni, in accordo con Atakan (2011) e Heins e Hansen (2012), mentre i tenori di grasso e proteine non sono influenzati dall'ordine di parto. Si assiste, invece, ad una riduzione significativa del contenuto di caseine e di lattosio nelle pluripare rispetto alle primipare.

Tabella 4. Medie stimate dei caratteri qualitativi del latte per l'effetto ordine di parto. Le medie contrassegnate da lettere diverse entro riga differiscono significativamente ($P<0,05$).

| Carattere | Ordine di parto | | |
|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | Primipare | Secondipare | Terzipare e oltre |
| Grasso (%) | 4,20 | 4,08 | 4,02 |
| Proteine (%) | 3,78 | 3,75 | 3,71 |
| Caseine (%) | 2,79 ^a | 2,72 ^{ab} | 2,70 ^b |
| Lattosio (%) | 5,08 ^a | 4,92 ^b | 4,91 ^b |
| SCS | 2,23 ^b | 2,82 ^a | 2,87 ^a |

SCS = punteggio di cellule somatiche.

Tabella 5. Medie stimate dei caratteri qualitativi del latte per l'effetto stadio di lattazione. Le medie contrassegnate da lettere entro riga differiscono significativamente ($P<0,05$).

| Carattere | Stadio di lattazione | | | | |
|--------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | 5-60 giorni | 61-120 giorni | 121-180 giorni | 181-240 giorni | >240 giorni |
| Grasso (%) | 3,86 ^b | 3,88 ^b | 4,07 ^b | 4,17 ^{ab} | 4,52 ^a |
| Proteine (%) | 3,45 ^e | 3,59 ^d | 3,78 ^c | 3,90 ^b | 4,02 ^a |
| Caseine (%) | 2,53 ^d | 2,62 ^c | 2,75 ^b | 2,85 ^{ab} | 2,94 ^a |
| Lattosio (%) | 5,10 ^a | 5,05 ^{ab} | 4,97 ^{bc} | 4,94 ^c | 4,79 ^d |
| SCS | 1,92 ^b | 2,08 ^b | 2,87 ^a | 2,93 ^a | 3,40 ^a |

SCS = punteggio di cellule somatiche.

I contenuti di grasso, proteine e caseine aumentano con l'avanzare della lattazione, come il contenuto di cellule somatiche (Tabella 5). Infatti, man mano che ci si allontana dal picco di lattazione, che dovrebbe attestarsi sui 60-80 giorni dal parto, le componenti solide vengono a concentrarsi in un volume inferiore di latte prodotto. Per il lattosio, invece, si nota una diminuzione della concentrazione al progredire della lattazione, probabilmente spiegabile dalla progressiva diminuzione di produzione latte.

L'incrocio RS x FR presenta tenori di grasso significativamente più elevati ($P<0,001$) rispetto alla Frisona pura (Figura 4), in disaccordo con quanto riportato da Malchiodi et al. (2011), che non hanno osservato valori significativamente diversi tra i medesimi genotipi. Sono state osservate differenze ($P<0,01$) anche tra i due tipi di incrocio. A tale fenomeno potrebbe essere associato un effetto positivo della RS che, mediamente, presenta percentuali di grasso superiori alla Holstein (European Red Dairy Breed Association, 2009). L'incrocio MO x (RS x FR), invece, non presenta differenze significative per il contenuto di grasso rispetto alla FR, in accordo con Malchiodi et al. (2011).

Figura 4. Medie stimate della percentuale di grasso in latte di Frisona (FR) *versus* incroci Rossa Svedese x Frisona (RS x FR) e Montbeliarde (MO) x (RS x FR).

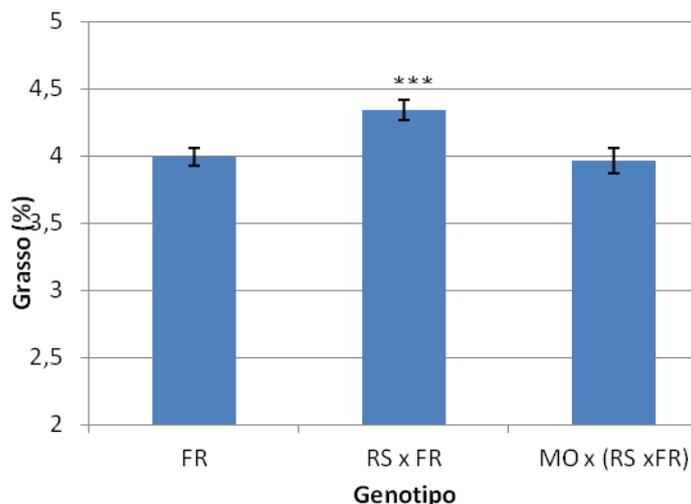
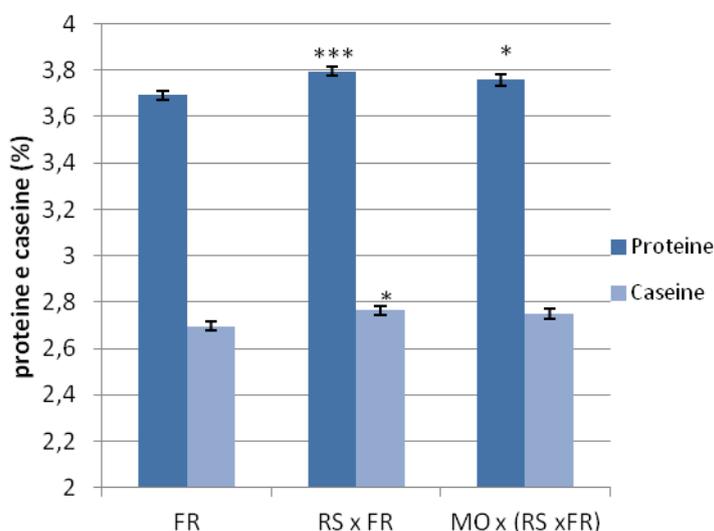


Figura 5. Medie stimate della percentuale di proteine e caseine in latte di Frisona (FR) *versus* incroci Rossa Svedese x Frisona (RS x FR) e Montbeliarde (MO) x (RS x FR).



L'incrocio RS x FR migliora le caratteristiche qualitative del latte, sia in termini di contenuto di proteine che di caseine, rispetto alla FR (Figura 5). Anche l'incrocio MO x (RS x FR) aumenta il tenore in proteine, in accordo con Malchiodi et al. (2011) sullo stesso incrocio e con Walsh et al. (2008) su incroci MO x FR. Pertanto, l'incrocio di prima generazione sembra avvantaggiarsi dei tenori più elevati di proteine del latte della RS (European Red Dairy Breed Association, 2009) e, in misura minore, anche del contenuto in caseine. Tale vantaggio viene a ridursi nella seconda generazione, sebbene anche la MO presenti un latte più ricco di proteine e caseine della Frisona (Martin et al., 2009).

Figura 6. Medie stimate della percentuale di lattosio in latte di Frisona (FR) *versus* incroci Rossa Svedese x Frisona (RS x FR) e Montbeliarde (MO) x (RS x FR).

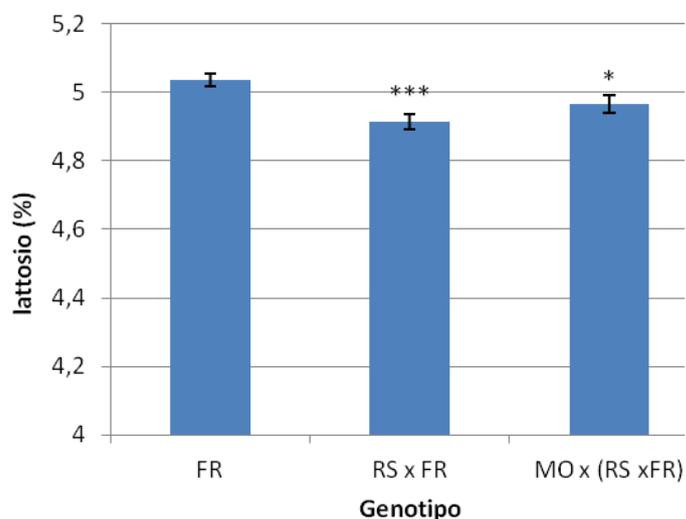
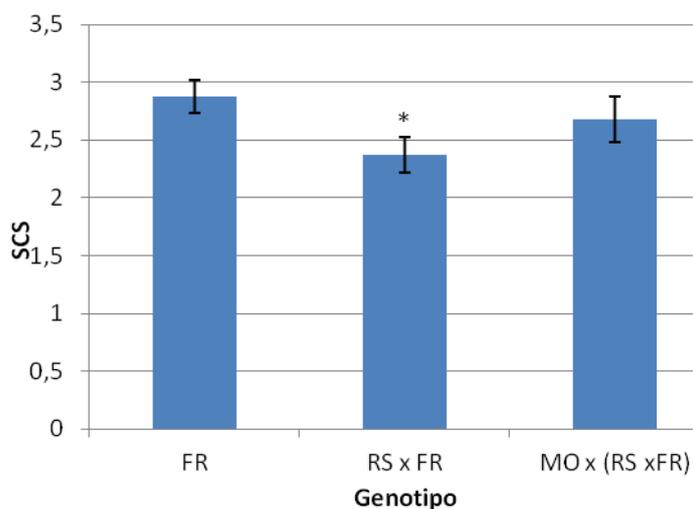


Figura 7. Medie stimate del punteggio di cellule somatiche (SCS) del latte di Frisona (FR) *versus* incroci Rossa Svedese x Frisona (RS x FR) e Montbeliarde (MO) x (RS x FR).



Gli incroci studiati presentano un contenuto di lattosio inferiore rispetto alla FR (Figura 6). La percentuale di lattosio è correlata positivamente con la produzione di latte, e negativamente con le percentuali di grasso, proteina e con il contenuto di cellule somatiche (Miglior et al., 2007). Ciò potrebbe spiegare come le bovine meticce, meno produttive della FR, presentino quantità inferiori di questo componente. In Figura 7 si osserva come l'incrocio di prima generazione RS x FR produca latte con un più basso contenuto di cellule somatiche rispetto alla FR in purezza, mentre non sussistono differenze significative tra le meticce MO x (RS x FR) e la FR. Montbeliarde e razze scandinave sembrano razze interessanti nei piani di incroci per migliorare gli indicatori associati

alla salute della mammella (Heins e Hansen, 2012). Per quanto riguarda la Montbeliarde, Atakan (2011) e Walsh et al. (2007), registrano in purezza valori di cellule somatiche inferiori alla Holstein, mentre non sussistono differenze significative tra bovine meticce MO x Holstein e vacche pure Holstein (Walsh et al., 2007; Malchiodi et al., 2011).

4.3 Caratteristiche coagulative del latte

Dalle Tabelle 6 e 7 si osserva come l'ordine di parto non abbia avuto influenza sulle proprietà coagulative del latte, mentre lo stadio di lattazione ha avuto un forte effetto sull'attitudine casearia, in accordo con Tyrisevä et al. (2004) e Bittante et al. (2012). Con l'avanzare della lattazione (dopo il picco) si osserva un aumento del tempo che il latte impiega a formare il primo flocculo (r) e a raggiungere i 20 mm di consistenza (k_{20}), mentre diminuisce la consistenza del coagulo a 30 minuti (a_{30}) (Tabella 7).

Tabella 6. Medie stimate delle proprietà di coagulazione del latte per l'effetto ordine di parto. Le medie contrassegnate da lettere diverse entro riga differiscono significativamente ($P < 0,05$).

| Carattere | Ordine di parto | | |
|----------------|-----------------|-------------|-------------------|
| | Primipare | Secondipare | Terzipare e oltre |
| r (min) | 22,20 | 23,11 | 22,25 |
| k_{20} (min) | 4,92 | 5,37 | 5,38 |
| a_{30} (mm) | 30,41 | 27,40 | 28,10 |

Tabella 7. Medie stimate delle proprietà di coagulazione del latte per l'effetto stadio di lattazione. Le medie contrassegnate da lettere diverse entro riga differiscono significativamente ($P < 0,05$).

| Carattere | Stadio di lattazione | | | | |
|----------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 5-60 giorni | 61-120 giorni | 121-180 giorni | 181-240 giorni | >240 giorni |
| r (min) | 15,94 ^c | 20,60 ^b | 25,01 ^a | 25,74 ^a | 25,31 ^a |
| k_{20} (min) | 4,13 ^b | 5,07 ^{ab} | 5,51 ^a | 5,82 ^a | 5,58 ^a |
| a_{30} (mm) | 40,84 ^a | 31,33 ^b | 24,20 ^c | 22,92 ^c | 23,9 ^c |

r = tempo di coagulazione del latte; k_{20} = tempo di rassodamento del coagulo; a_{30} = consistenza del coagulo.

In disaccordo con questa tesi, Cipolat-Gotet et al. (2012) hanno osservato un effetto significativo dell'ordine di parto, segnando un peggioramento di alcuni parametri all'aumentare del numero di lattazioni. Sia per quanto riguarda l'effetto dello stadio di lattazione, che per quello dell'ordine di parto, il peggioramento osservato potrebbe essere attribuito in parte all'aumento della produzione (al picco e in ordini di parto superiori al secondo).

Nonostante il miglioramento di alcuni aspetti qualitativi, non si osservano differenze statisticamente significative tra le proprietà coagulative del latte di Frisona (FR) rispetto a quello degli incroci (Figure 8, 9 e 10).

Figura 8. Medie stimate del tempo di coagulazione (r) del latte di Frisona (FR) *versus* incroci Rossa Svedese x Frisona (RS x FR) e Montbeliarde (MO) x (RS x FR).

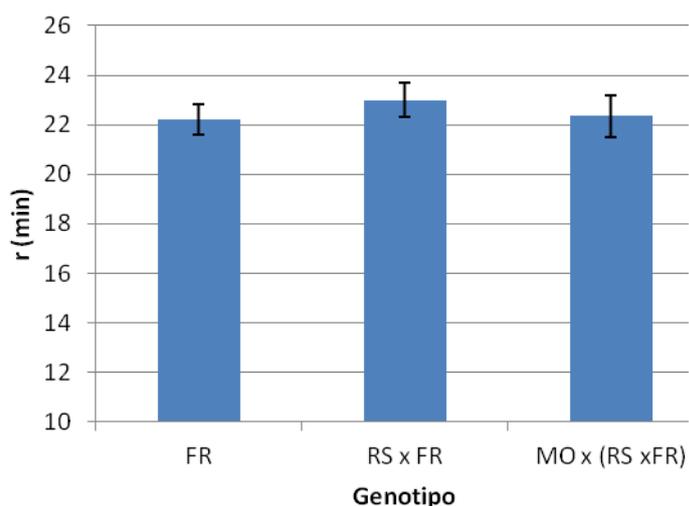


Figura 9. Medie stimate della consistenza del coagulo (a_{30}) del latte di Frisona (FR) *versus* incroci Rossa Svedese x Frisona (RS x FR) e Montbeliarde (MO) x (RS x FR).

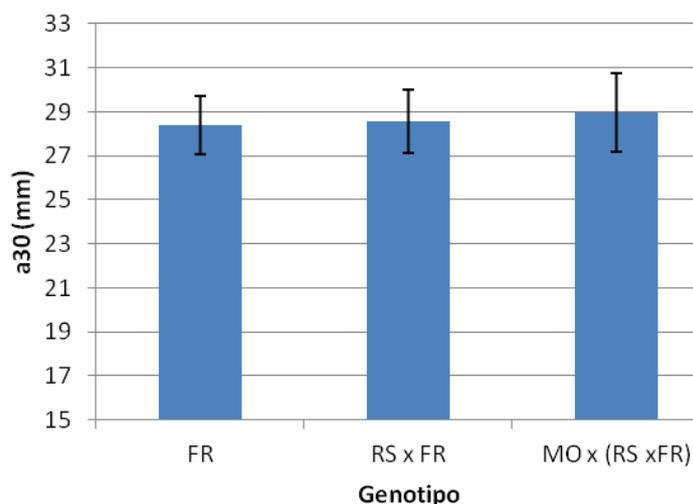
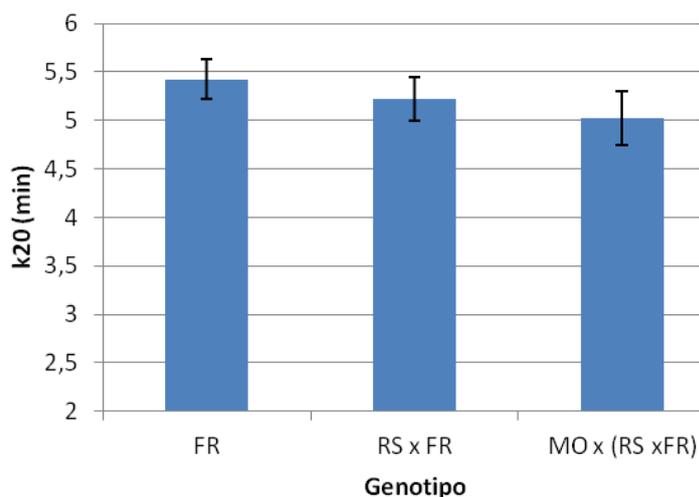


Figura 10. Medie stimate del tempo di rassodamento (k_{20}) del latte di Frisona (FR) *versus* incroci Rossa Svedesex Frisona (RS x FR) e Montbeliarde (MO) x (RS x FR).



Il tempo di coagulazione (r) risulta sempre superiore a 22 minuti, raggiunge valori più elevati (circa 23 minuti) nei meticci RS x FR e si riporta a valori simili alla Frisona nei meticci MO x (RS x FR). La consistenza del coagulo, praticamente uguale per FR e RS x FR, aumenta leggermente nel genotipo MO x (RS x FR), per il quale si osservano valori di circa 29 mm. Considerando un tempo dell'analisi di 30 minuti, i campioni che non hanno ancora iniziato la formazione del primo flocculo risultano essere in totale 52 su 403. La FR presenta l'11,3% di campioni non coagulati (in linea con *Cassandro et al.*, 2008 che registra un valore del 9,7%), RS x FR il 15%, mentre l'incrocio MO x (RS x FR) il 12,5%. Anche *Tyrisevä et al.* (2004) confermano la scarsa attitudine casearia del latte di Frisona distinguendo però latti non coagulati (1,3%) e latti con cagliate a 30 minuti di consistenza inferiore a 20 mm (12%). Nello stesso studio, si osserva come la capacità di coagulazione del latte della Finnish Ayrshire (razza scandinava) sia peggiore rispetto a quello della Holstein con un 8,6% di latti non coagulati e un 30% di latti con scarse consistenze del coagulo (stessa tendenza riscontrata da *Ikonen et al.*, 1998; 2004). A confermare la ridotta attitudine casearia del latte di razze scandinave sono *Wedholm et al.* (2006) che mostrano valori di circa il 30% di latti individuali con problemi di coagulazione in razze Rossa e Bianca Svedese e Holstein Svedesi e Danesi. Pertanto, nel presente lavoro di tesi, l'incrocio di prima generazione è costituito da due razze che presentano una scarsa attitudine alla caseificazione, in modo particolare per quanto riguarda la RS. Dai risultati, infatti, emerge come vi sia un lieve peggioramento dei parametri r e k_{20} per quanto riguarda la RS x FR. Al contrario, la razza MO in purezza risulta produrre un latte con parametri lattodinamografici migliori rispetto alla Frisona (*Auldust et al.*, 2002; *Martin et al.*, 2009), grazie ad una maggiore frequenza dell'allele B della k -caseina, a maggiori contenuti di proteine e caseine e a dimensioni inferiori delle micelle di caseina (*Auldust et al.*, 2002). Nella presente tesi, infatti, pur non evidenziando differenze

statisticamente significative, è possibile osservare come la consistenza della cagliata e la velocità di rassodamento siano favorevoli per l'incrocio MO x (RS x FR).

5. Conclusioni

Molti autori hanno dimostrato come l'effetto razza sia uno dei principali fattori che condiziona l'attitudine alla caseificazione del latte. Considerata la crescente curiosità per l'incrocio tra razze bovine da latte, nasce l'interesse a valutare le performance delle vacche meticce sulla qualità della materia prima. In questa tesi sono state confrontate le capacità coagulative del latte, attraverso *Formagraph*, di vacche di razza Frisona comparate ad incroci Rossa Svedese x Frisona e Montbeliarde x (Rossa Svedese x Frisona). Il genotipo RS x FR migliora le caratteristiche qualitative del latte come il contenuto di grasso, proteine e caseine, e riduce il contenuto di cellule somatiche. L'incrocio di seconda generazione MO x (RS x FR) mantiene la percentuale più alta di proteine, rispetto alla Frisona, che si osserva nella prima generazione, tuttavia perde il vantaggio qualitativo per gli altri parametri analizzati. Nonostante il miglioramento qualitativo del latte dei meticci (più accentuato nell'incrocio RS x FR) rispetto alla FR, le caratteristiche coagulative non manifestano differenze significative nei tre diversi genotipi. Ad influenzare fortemente i parametri lattodinamografici è stato lo stadio di lattazione, mentre non sono stati evidenziati effetti significativi dell'ordine di parto e dell'azienda-giorno di campionamento. Dai risultati di questa tesi emerge come l'uso di tori di razza Rossa Svedese e Montbeliarde non influisca negativamente sulle capacità di caseificazione del latte rispetto ai riproduttori di razza Frisona, e determini un miglioramento qualitativo del latte, soprattutto nel caso dei meticci di prima generazione (RS x FR).

6. Bibliografia

- Aleandri A., Schneider J. C., and Buttazzoni G. L., 1989. Evaluation of Milk for Cheese Production Based on Milk Characteristics and Formagraph Measures. *J. Dairy Sci.* 72:1967-1975.
- Ali A. K. A., Shook G.E. 1980. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. *J. Dairy Sci.* 63:487-490.
- Auldism M., Mullins C., O'Brien B., O'Kennedy B. T., Guinee T., 2002. Effect of cow breed on milk coagulation properties. *Agrar-Verlag Allgäu, Kempten, ALLEMAGNE (1946) (Revue)*, 2002, vol. 57, no3, pp. 140-143. *Milchwissenschaft* ISSN 0026-3788.
- Atakan KOÇ, 2011. A study of the reproductive performance, milk yield, milk constituents, and somatic cell count of Holstein-Friesian and Montbeliarde cows. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 2011; 35(5): 295-302.
- Bittante G., I. Andrighetto, M. Ramanzin, 1990. *Fondamenti di zootecnica*, Padova. Liviana editrice. ISBN: 978-88-494-7040-6.
- Bittante G., I. Andrighetto, M. Ramanzin, 1993. *Tecniche di produzione animale*, Padova. Liviana editrice. ISBN: 88-494-7083-5.
- Bittante G., Penasa M., and Cecchinato A., 2012. Invited review: Genetics and modeling of milk coagulation properties. *J. Dairy Sci.* 95 :1–28.
- Blöttner S., Heins B. J., Wensch-Dorendorf M., Hansen L. B. and Swalve H. H., 2011a. Brown Swissxholstein crossbreds compared with pure Holsteins for calving traits, body weight, backfat thickness, fertility, and body measurements. *J. Dairy Sci.* 94:1058-1068.
- Blöttner S., Heins B. J., Wensch-Dorendorf M., Hansen L. B. and Swalve H. H., 2011b. Short communication: A comparison between purebred Holstein and Brown SwissxHolstein cows for milk production, somatic cell score, milking speed, and udder measurements in the first 3 lactations. *J. Dairy Sci.* 94:5212-5216.
- Canavesi Fabiola, 2010. Anafi aggiorna il Pft inserita la fertilità. *Informatore zootecnico* n. 4/2010.
- Cassandro M., Comin A., Ojala M., Dal Zotto R., De Marchi M., Gallo L., Carnier P., and 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.
- Cassel Bennet, 2007. Mechanisms of Inbreeding Depression and Heterosis for Profitable Dairying. *Petersen Symposium W. E., 2007. Crossbreeding of Dairy Cattle: The Science and the Impact*, 2. 4th Biennial, Aprile, 2007;

- Cecchi F., Leotta R., Cianci D., 2000a. Le fonti di variabilità della qualità chimica e tecnologica del latte bovino di diversi tipi genetici.
- Cecchi F., Summer A., Leotta R., 2000b. Le fonti di variabilità ambientale della qualità tecnologica del latte di bovine di razza Frisona.
- 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-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 94 :4205–4213.
- Cipolat-Gotet C., Checchinato 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.
- Cummins S. B., Lonergan P., Evans A. C. O., Berry D. P., Evans R. D., Blutner S. T., 2012. Genetic merit for fertility traits in Holstein cows: I. Production characteristics and reproductive efficiency in a pasture-based system. *J. Dairy Sci.* 95:1310–1322.
- De Luca A. e Repetti O., 2010. Fertilità della bovina non è solo una questione genetica. *Informatore zootecnico* n. 4/2010.
- 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., Dal Zotto R., Cassandro M., Bittante G., 2007. Milk Coagulation Ability of Five Dairy Cattle Breeds. *J. Dairy Sci.* 90: 3986-3992.
- Del Prato Salvadori O., 2001. Trattato di tecnologia casearia. ISBN 88-206-4110-0
- De Roest K., Menghi A., Corradini E., 2012. Costi di produzione e di trasformazione del latte in Emilia Romagna. *Opuscolo C.R.P.A. Notizie* 2.70 - N. 5/2012.
- Eaglen S. A. E., Coffey M. P., Woolliams J. A., Wall E., 2013. Direct and maternal genetic relationships between calving ease, gestation length, milk production, fertility, type, and lifespan of Holstein-Friesian primiparous cows. *J. Dairy Sci.* 96:4015–4025.
- Eurostat pocketbooks edition 2012. Agriculture, fishery and forestry statistics. Main results 2010-11. ISSN 1977-2262.
- Freyer G., Konig S., Fischer B., Bergfeld U. and Cassell B. G., 2008. Invited Review: Crossbreeding in Dairy Cattle From a German Perspective of the Past and Today. *J. Dairy Sci.* 91:3725-3743.
- Glantz M., Lindmark Mansson H., Stålhammar H. Bårström L.-O., Fröjelin M., Knutsson A., Teluk C., Paulsson M., 2009. Effects of animal selection on milk composition and processability. *J. Dairy Sci.* 92:4589-4603.

- Hallen Elin, 2008. Coagulation Properties of Milk, Association with Milk Protein Composition and Genetic Polymorphism. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala 2008, ISSN 1652-6880.
- Hansen L. B., 2006. Monitoring the worldwide genetic supply for dairy cattle with emphasis on managing crossbreeding and inbreeding, 8th world Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 13-18, 2006, Belo Horizonte, MG, Brazil. University of Minnesota.
- Heins B., 2007. Impact of on Old Tecnology on Profitable Dairyng in the 21st Century. Petersen Symposium W. E., 2007. Crossbreeding of Dairy Cattle: The Science and the Impact, 2. 4th Biennial, Aprile, 2007.
- Heins B. J. and Hansen L. B., 2012. Short communication: Fertility, somatic cell score, and Production of NormandexHolstein, MontbeliardexHolstein, and Scandinavian RedxHolstein crossbreds versus pure Holsteins during their first 5 lactations. J. Dairy Sci. 95:918-924.
- Heins B. J., Hansen L. B. and De Vries A., 2012. Survival, lifetime production, and profitability of Normande × Holstein, Montbéliarde × Holstein, and Scandinavian Red × Holstein crossbreds versus pure Holsteins. J. Dairy Sci. 95 :1011–1021.
- Heins B. J., Hansen L. B., Hazel A. R., Seykora A. J., Johnson D. G. And Linn J. G., 2010. Birth traits of pure Holstein calves versus Montbeliarde-sired crossbred calves. J. Dairy Sci. 93:2293-2299.
- Heins B. J., Hansen L. B., Seykora A. J., Hazel A. R. Johnson D. G. And Linn J. G., 2011. Short communication: JerseyxHolstein crossbred compared with pure Holsteins for production, mastitis, and body measurements during the first 3 lactations. J. Dairy Sci. 94:501-506.
- Heins B. J., Hansen L. B. and Seykora A. J., 2006a. Fertility and Survival of Pure Holsteins Versus Crossbreds of Holstein with Normande, Montbeliarde, and Scandinavian Red. J. Dairy Sci. 89:4944-4951.
- Heins B. J., Hansen L. B. and Seykora A. J., 2006b. Production of Pure Holsteins Versus Crossbreds of Holstein with Normande, Montbeliarde, and Scandinavian Red. J. Dairy Sci. 89:2799-2804.
- Ikonen T. 2000. Possibilities of Genetic Improvement of Milk Coagulation Properties of DairyCows. Helsinki 2000, ISSN 1236-9837.
- Ikonen T., Ahlfors K., Kempe R., Ojala M., Ruottinen O., 1998. Genetic Parameters for the Milk Coagulation Properties and Prevalence of Noncoagulating Milk in Finnish Dairy Cows. J Dairy Sci 82:205–214.
- Ikonen T., Morri S., Tyrisevä A. M., Ruottinen O., Ojala M., 2004. Genetic and Phenotypic Correlations Between Milk Coagulation Properties, Milk Production Traits, Somatic Cell Count, Casein Content, and pH of Milk. J Dairy Sci. 87:458–467.

- Inchaisri C., Jorritsma R., Vos P. L. A. M., Van der Weijden G. C., Hogeveen H., 2010. Economic consequences of reproductive performance in dairy cattle. *ScienceDirect, Theriogenology* 74 (2010) 835–846.
- Jõudu Ivi, Henno Merike, Kaart Tanel, Pussa Tõnu, Kärt Olav, 2008. The effect of milk protein contents on the rennet coagulation properties of milk from individual dairy cows. *International Dairy Journal* 18 (2008) 964–967.
- Kearney J. F., E. Wall, B. Villanueva and M. P. Coffey, 2004. Inbreeding Trends and Application of Optimized Selection in the UK Holstein Population. *J. Dairy Sci.* 87:3503–3509.
- Kinghorn B. P., Van der Werf J. H. J. , Ryan M, 2000. *Animal Breeding - Use of New Technologies. The Post Graduate Foundation in Veterinary Science of the University of Sydney.* ISBN 0 646 38713.
- Lebro Giuseppe, 2006. *Settore lattiero caseario.*
- Leitner, G., Koren, O., Jacoby S., Merin, U. and Silanikove, N., 2012. Options for Handling Chronic Subclinical Mastitis During Lactation in Modern Dairy Farms. *Israel Journal of Veterinary Medicine* Vol. 67 (3) September 2012.
- Lopez-Villalobos N., Garrick D. J., Holmes C.W., Blair H. T. And Spelman R. J., 2000. Profitabilities of Some Mating Systems for Dairy Herds in New Zealand. *J. Dairy Sci.* 83:144-153.
- Lucey J. A., 2002. ADSA Foundation Scholar Award Formation and Physical Properties of Milk Protein Gels. *J. Dairy Sci.* 85:281–294.
- Macheboeuf D., Coulon J.-B., D'Hour P, 1993. Effect of breed, protein genetic variants and feeding on cows' milk coagulation properties. *J. Of Dairy Research* (1993) 60, pp. 43-54.
- Malchiodi F., Penasa M., Tiezzi F. and Bittante G., 2011. Milk Yield Traits, Somatic Cell Score, Milking Time and Age at Calving of Pure Holstein Versus Crossbred Cows. *Agriculturae Conspectus Scientificus* Vol. 76 (2011) No. 3 (259-261).
- Mariani P., Summer A., Zanzucchi G., and Fieni S., 1997. Relazione tra la consistenza del coagulo-valutata con differenti criteri mediante Formagraph-e il contenuto in caseina del latte.
- Martin B., Pomiès D., Pradel P., Verdier-Metz I., and Rémond B., 2009. Yield and sensory properties of cheese made with milk from Holstein or Montbéliarde cows milked twice or once daily. *J. Dairy Sci.* 92 :4730–4737.
- Mc Parland S., J. F. Kearney, M. Rath and D. P. Berry, 2007. Inbreeding Effects on Milk Production, Calving Performance, Fertility and Conformation in Irish Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 90:4411–4419.

- Miglior F., Sewalem A., Jamrozik J., Bohmanova J., Lefebvre D. M., and Moore R. K., 2007. Genetic Analysis of Milk Urea Nitrogen and Lactose and Their Relationships with Other Production Traits in Canadian Holstein Cattle. *J Dairy Sci.* 90:2468–2479.
- Moussavi A. H., Mesgaran M. D., Gilbert R. O., 2012. Effect of mastitis during the first lactation on production and reproduction performance of Holstein cows. *Tropical Animal Health and Production*, 44:1567-1573.
- Olson K. M., cassell B. G., Hanigan M. D. And Pearson R. E., 2011. Short communication: Interaction of energy balance, feed efficiency, early lactation health events, and fertility in first-lactation Holstein, Jersey, and reciprocal F₁ crossbred cows. *J. Dairy Sci.* 94:507-511.
- Pärna E., Kaart T., Kiiman H., Bulitko T. and Viinalass H., 2012. Milk Protein Genotype Associations with Milk Coagulation and Quality Traits. Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia Bio-Competence Centre of Healthy Dairy Products, Tartu, Estonia.
- Penasa M., Dal Zotto R., Cecchinato A., Cassandro M., Bittante G., 2006. L'incrocio tra razze da latte migliora le performance bovine. *Supplemento a L'Informatore Agrario* 39/2006.
- Piano F., 2010. Migliaia di euro per capo i costi della mastite bovina. *Informatore zootecnico* n. 7/2010.
- Santman-Berends I. M. G. A., Olde Riekerink R. G. M., Van Schaik G., Lam T. J. G. M., 2012. Incidence of subclinical mastitis in Dutch dairy heifers in the first 100 days in lactation and associated risk factors. *J. Dairy Sci.* 95:2476–2484.
- Sewalem A., Kistemaker G. J., Miglior F., and Van Doormaal B. J., 2006. Analysis of Inbreeding and Its Relationship with Functional Longevity in Canadian Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 89:2210-2216.
- SMEA, 2011. Il mercato del latte, Rapporto 2011. ISBN 978-88-568-4758-1.
- Sørensen M. K., 2007. Crossbreeding – An Important Part of Sustainable Breeding in Dairy Cattle and Possibilities for Implementation. *Petersen Symposium W. E., 2007. Crossbreeding of Dairy Cattle: The Science and the Impact*, 2. 4th Biennial, Aprile, 2007.
- Sørensen M. K., Norberg E., Pedersen J. And Christensen L. G., 2008. Invited Review: Crossbreeding in Dairy Cattle: A Danish Perspective. *J. Dairy Sci.* 91:4116-4128.
- Tyrisevä A.-M., Vahlsten T., Ruottinen O. Ojala M., 2004. Noncoagulation of Milk in Finnish Ayrshire and Holstein-Friesian Cows and Effect of Herds on Milk Coagulation Ability. *J. Dairy Sci.* 87:3958–3966.
- Vallas M., Bovenhuis H., Kaart T., Pärna K., Kiiman H., Pärna E., 2010. Genetic parameters for milk coagulation properties in Estonian Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93:3789-3796.
- VanRaden P. M. And Sanders A, H., 2003. Economic Merit of Crossbred and Purebred US Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 86: 1036-1044.

- Walsh S., Buckley F., Pierce K., Byrne N., Patton J. and Dillon P., 2008. Effects of Breed and Feeding System on Milk Production, Body Weight, Body Condition Score, Reproductive Performance, and Postpartum Ovarian Function. J. Dairy Sci. 91:4401-4413.
- Wedholm A., Larsen L. B., Lindmark-Månsson H., Karlsson A. H., Andrén A., 2006. Effect of Protein Composition on the Cheese-Making Properties of Milk from Individual Dairy Cows. J. Dairy Sci. 89:3296-3305.
- Weigel K. A., and Barlass, K. A., 2003. Results of a Producer Survey Regarding Crossbreeding on US Dairy Farms. Dairy Sci. 86:4148-4154.

Siti internet:

- www.aia.it
- www.anafi.it
- www.anarb.it
- www.clal.it
- www.crupa.it
- www.genesiproject.it
- www.holsteinusa.com
- www.ismea.it
- www.istat.it
- www.montbeliardeuk.co.uk
- www.red-dairy.com
- www.ukjersey.com

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti coloro che hanno contribuito alla realizzazione di questa tesi ed in particolare gli allevatori che hanno permesso la raccolta dei campioni.