

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e
Ambiente

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Animali

L'alimentazione delle bovine per la produzione di latte crudo
destinato alla produzione di Grana Padano DOP secondo il
disciplinare di produzione: strategie per migliorare la produzione
e la resa casearia

Relatrice:

Prof.ssa Lucia Bailoni

Laureanda/o
Giacomo
Bellisola
Matricola n.
1201875

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

INDICE

RIASSUNTO	2
ABSTRACT	3
1 INTRODUZIONE	4
1.1 Il latte	4
1.2 Il formaggio	7
1.3 Il Grana Padano D.O.P.	10
1.4 Disciplinare di produzione: focus sull'alimentazione bovine	12
2 GESTIONE DELL'ALIMENTAZIONE PER AUMENTARE LA QUALITÀ DEL LATTE E LA RESA CASEARIA	15
2.1 Introduzione	15
2.2 Gestione di insilati aziendali	16
2.2.1 Gli insilati	16
2.2.2 Qualità dell'insilato	18
2.2.3 Ruolo della microflora	21
2.3 Ruolo delle proteine nella coagulazione presamica	23
2.4 Come varia il contenuto del grasso nel latte	26
3 STRATEGIE PER AUMENTARE LA QUANTITÀ DI CASEINA NEL LATTE	28
4 FONTI ALIMENTARI ALTERNATIVE	31
4.1 Fonti proteiche alternative	31
4.2 Sostituzione della farina di estrazione di soia con fava e pisello	34
4.3 Sostituzione dell'insilato di mais con insilato di orzo	35
4.4 Sostituzione dell'insilato di mais con insilato di sorgo	36
5 CONCLUSIONI	38
6 BIBLIOGRAFIA	40
7 SITOGRAFIA	42

RIASSUNTO

In Italia più del 70% del latte bovino viene destinato alla caseificazione, con una produzione di formaggi che si attesta su circa due milioni di tonnellate all'anno (CLAL, 2022).

Negli ultimi due anni (da marzo 2020), la pandemia da Covid-19 ha avuto un impatto economico estremamente negativo per questa filiera alimentare in Italia e, per tutti i formaggi, si è assistito ad un drastico calo di produzione. In questo periodo il Grana Padano DOP ha raggiunto i valori di produzione più bassi nella storia di questa eccellenza italiana, con il prezzo che ha raggiunto il suo massimo storico.

L'obiettivo della tesi è l'analisi bibliografica sulle strategie alimentari volte a migliorare la quantità e la qualità del latte da destinare alla produzione del Grana Padano DOP, rispettando ovviamente i vincoli stabiliti dal disciplinare di produzione. In particolare, si andrà a valutare quali possono essere le scelte in grado di massimizzare a livello aziendale la produzione di Grana Padano DOP, in termini di resa casearia e ricavi economici. In particolare, saranno considerati i foraggi, che rappresentano una quota importante della razione e che devono essere di elevata qualità per garantire una buona fermentescibilità a livello ruminale e una bassa quota indigeribile: particolare attenzione andrà posta alle tecniche agronomiche, al momento ottimale per la raccolta e alle modalità di conservazione in azienda. Anche il processo di insilamento del mais deve essere ben gestito in modo da ottenere un prodotto finale con buone caratteristiche nutrizionali: una crescente attenzione si sta ponendo anche verso l'insilamento di piante alternative (insilati di cereali autunno-vernini, insilato di sorgo, di orzo ecc.) che possono sostituire parzialmente o totalmente il silomais. Una possibilità di ulteriore miglioramento della resa in Grana Padano DOP è la valutazione di fonti di proteina alternative (es. fava, pisello) alla farina di estrazione di soia, che rappresenta il più importante apportatore di proteina nelle diete.

ABSTRACT

In Italy, more than 70% of cow's milk is destined for cheese making, with a production of cheeses that amounted to about two million tons per year (CLAL, 2022).

In the last two years (from March 2020), the Covid-19 pandemic has had an extremely negative economic impact for this food chain in Italy and, for all cheeses, there has been a drastic drop in production. In this period, Grana Padano PDO reached the lowest production values in the history of this Italian excellence and with the price that reached its all-time-high.

The objective of the thesis is the bibliographic analysis of feeding strategies aimed at improving the quantity and the quality of the milk, which will be used in the production of Grana Padano PDO, obviously in compliance with the constraints established by the production regulations. It will evaluate which choices can be able to maximize the production of Grana Padano PDO at company level, in terms of dairy yield and economic revenues. In particular, forages will be considered, which represent an important portion of the ration and which must be of high quality to ensure good fermentability at the rumen level and a low level of indigestible fraction: particular attention will be paid to agronomic techniques, at the optimal time for the collection and its methods of conservation in the farm. The corn ensiling process must also be well managed in order to obtain a final product with good nutritional characteristics: more attention is also paid to the ensiling of alternative plants (autumn-winter grain silage, sorghum and barley silages, etc.) which can partially or totally replace the silomais. Another possibility to further improve the yield in Grana Padano PDO is the evaluation of alternative protein sources (i.e. Faba bean, pea) to soybean meal, which is the most important protein contributor in the diets of dairy cow.

1 INTRODUZIONE

1.1 Il latte

Il latte alimentare è definito come “il prodotto ottenuto dalla mungitura regolare, ininterrotta e completa, della mammella di animali in buono stato di salute e nutrizione” (CLAL, 2022). Nel gergo comune il termine “latte” viene associato al latte di origine bovina, ovvero il latte secreto dalle ghiandole mammarie di vacche. La produzione annua di latte vaccino in Italia si attesta a circa 12.000.000 di tonnellate annue (CLAL, 2022) ed è il latte con la maggior produzione a livello nazionale e mondiale. Il 92% del latte prodotto in Italia, infatti, è di origine bovina, mentre il 6% è latte di origine ovina, l'1% caprino e meno dell'1% bufalino.

I vari nutrienti del latte si trovano dispersi nella fase acquosa in diversi stati: vi sono delle sostanze in emulsione, in sospensione, in dispersione colloidale e in soluzione.

- Le sostanze in emulsione rappresentano la componente grassa del latte, ovvero i globuli di grasso di diverse dimensioni che, possedendo una natura idrofobica, risultano insolubili in acqua. Il latte vaccino, in media, contiene circa 3,5% di parte lipidica, di cui il 98% è costituito da trigliceridi contenenti principalmente acidi grassi saturi, 0,8% da fosfolipidi e la restante parte da steroli esterificati, colesterolo e alcune vitamine liposolubili.
- Le sostanze in sospensione rappresentano la cosiddetta “parte impura” del latte, si tratta infatti di cellule somatiche, di microrganismi e delle varie impurità solide che possono accidentalmente trovarsi nel latte.
- Le proteine, invece, si trovano in dispersione colloidale e le loro proprietà idrofile e idrofobiche rendono il latte in grado di coagulare e di iniziare il lungo processo di caseificazione per la produzione di formaggio.
- Infine, vi sono numerose sostanze nutritive che si trovano in soluzione acquosa, tra cui zuccheri (nel caso di latte vaccino lo zucchero è il lattosio), sostanze azotate non proteiche, minerali e vitamine idrosolubili.

La parte proteica del latte vaccino risulta del 3-3,5% e le proteine che la costituiscono sono riconducibili a due famiglie: le caseine e le sieroproteine.

Le sieroproteine sono proteine che sono solubili in acqua, per questo nel latte si trovano sciolte nella soluzione. Dal punto di vista chimico le sieroproteine sono proteine ricche di amminoacidi solforati e hanno una struttura terziaria globulare. Esse denaturano con il calore a 80-90°C e coagulano ad un pH di circa 5.

Le caseine, invece, sono proteine coniugate, ovvero proteine costituite non solo da una sequenza amminoacidica ma anche da un gruppo prostetico. A seconda di questo gruppo prostetico (lipidi, carboidrati, gruppi fosforici, ferro, calcio ecc.) si possono distinguere diverse classi. Le caseine del latte sono la α 1-caseina, α 2-caseina e la β -caseina e queste appartengono alla classe delle fosfoproteine (proteine coniugate con un gruppo fosforico), mentre la κ -caseina appartiene alla classe delle glicoproteine (proteine coniugate con una catena oligosaccaridica). Nel latte vaccino le caseine si trovano sotto forma di micelle caseiniche, ovvero delle grandi strutture complesse composte dall'unione di più sub-micelle, le quali derivano dall'unione della α 1-caseina, α 2-caseina, β -caseina e κ -caseina. Queste micelle caseiniche sono particelle di grandi dimensioni (diametro medio di 150-200 nm). Nella micella caseinica, le sub-micelle con più κ -caseina si dispongono nella parte esterna della micella mentre quelle che contengono meno κ -caseina si dispongono all'interno. La micella caseinica, infatti, si mantiene in sospensione colloidale perché la κ -caseina si dispone con la parte idrofobica verso l'interno e quella idrofilica verso la soluzione. Inoltre, tra di loro, queste micelle caseiniche si respingono perché possiedono una carica totale superficiale negativa.

La proprietà principale di queste micelle è la capacità coagulante, esse risultano capaci di coagulare (o per via acida o per via enzimatica) generando un coagulo da cui si possono ottenere e produrre formaggi.

- Coagulazione acida: sta alla base della produzione di latte fermentato. Per ottenere questa coagulazione deve avvenire un abbassamento di pH, che può avvenire o per fermentazione lattica o per aggiunta di un acido. La massima coagulazione si ottiene con un valore di pH di 4,6 perché esso rappresenta il punto isoelettrico delle caseine. A questo pH le micelle caseiniche, non possedendo più una carica superficiale negativa cominceranno ad attrarsi tra di loro, coagulando.
- Coagulazione enzimatica: la coagulazione avviene per opera di enzimi specifici per la κ -caseina, i quali vanno ad idrolizzare il legame tra PHE-MET della κ -

caseina staccando il caseinoglicopeptide e permettendo alle micelle caseiniche di aggregarsi in un coagulo o cagliata che inizierà ad eliminare l'acqua. Gli enzimi possono essere di origine animale, vegetale o fungina. Il caglio è di origine animale ed è un prodotto ottenuto dall'abomaso dei lattanti di bovini, caprini e ovini. Il principale enzima che possiede è la chimosina, troviamo anche la pepsina che però è aspecifico per la κ -caseina e la lipasi che conferisce al futuro formaggio un gusto piccante e pungente. Per quanto riguarda gli enzimi di origine fungina si utilizzano il *mucor miehei* e il *mucor pusillus*, entrambi con un costo molto basso e una buona stabilità. Inoltre, alcuni vegetali tra cui il fico, il carciofo, la papaya, e l'ananas possiedono degli enzimi proteolitici utilizzati per far coagulare le micelle caseiniche del latte.

1.2 Il formaggio

La caseificazione rappresenta il processo di trasformazione del latte in formaggio. Tutte le componenti del latte vengono concentrate e l'insieme di queste conferisce al prodotto delle caratteristiche sensoriali, di struttura e nutrizionali proprie di ciascun tipo di formaggio. Il formaggio viene prodotto tramite coagulazione acida o presamica dal latte intero, parzialmente scremato o totalmente scremato. L'intero processo di produzione del formaggio può essere sintetizzato in questi punti:

- Preparazione del latte: consiste nella correzione del titolo di grasso del latte attraverso una centrifugazione del latte o per affioramento spontaneo. Oltre alla correzione del titolo di grasso avviene il trattamento termico per pastorizzare il latte e viene effettuato in caldaie apposite, questo trattamento non è obbligatorio nel caso in cui il formaggio non preveda una stagionatura più lunga di 60 giorni. Infine, all'interno di queste caldaie viene aggiunto l'innesto, che può essere di natura batterica o microbica.
- Coagulazione: all'interno della caldaia viene inserito il caglio (liquido, solido o polvere) e viene mescolato in modo omogeneo da dei bracci meccanici. Qui il latte vi sosta per circa 30 minuti, il tempo necessario per far avvenire la coagulazione e formare la cagliata.
- Rottura della cagliata: attraverso dei coltelli o degli strumenti apposti la cagliata viene tagliata e rotta in grani di diverse dimensioni a seconda del tipo di formaggio che si vuole ottenere. I grani saranno grandi come un'arancia per formaggi a pasta molle, come un pisello per formaggi a pasta semidura e come chicchi di riso per i formaggi a pasta dura.
- Cottura: alcune produzioni prevedono la cottura, soprattutto nei formaggi duri e semiduri per eliminare o ridurre la percentuale di acqua e di umidità della cagliata.
- Estrazione della cagliata: la cagliata viene estratta e separata dal siero.
- Messa in forma: la forma viene messa in appositi stampi, di diversa forma e diverso materiale a seconda del tipo di produzione.
- Salatura: consiste nella salatura della forma che può avvenire in salamoia (acqua e sale), a secco con uno sfregamento di sale grosso, in pasta aggiungendo il sale nella cagliata o direttamente nel latte per aggiunta diretta di sale prima della coagulazione.

- **Maturazione:** periodo di sosta che il formaggio subisce dall'uscita della salamoia fino al momento in cui il formaggio viene commercializzato. Questo periodo può variare da qualche giorno a qualche anno, dipende dal prodotto che si vuole ottenere. Anche all'interno della stessa tipologia di formaggio ci possono essere diversi periodi di stagionatura che ne conferiscono caratteristiche differenti. Questa stagionatura deve avvenire in luoghi in cui le condizioni ambientali (temperatura e umidità) siano controllate e rimangano costanti. Per formaggi a breve stagionatura le temperature sono più basse (4-8°C) e l'umidità è alta (90%), mentre per i formaggi a lunga stagionatura le temperature sono più alte (15-20°C) e l'umidità è più bassa (70-80%).

Durante il processo produttivo del formaggio ricopre un ruolo fondamentale l'attitudine casearia, un parametro del latte in grado di andare a stabilire la qualità e la capacità della materia prima, ovvero il latte, di coagulare e di andare a costituire la cagliata. Questo parametro dà la possibilità di classificare il latte in base alla quantità di cagliata che sarà in grado di produrre in un determinato tempo, in modo tale da utilizzare un latte di maggior qualità che produce più cagliata e, dunque, in grado di massimizzare la resa, la produzione e il profitto dell'azienda.

L'attitudine casearia può essere definita come “la capacità del latte di reagire con un coagulante e di formare una cagliata di consistenza idonea e nei tempi ottimali per la lavorazione” (Intermizoo, 2022) ed è stato verificato che un latte con un'attitudine casearia non ottimale oltre a formare una cagliata di dimensioni e qualità inferiore produrrà un formaggio di minor qualità, con scarti e difetti e con maggiori costi di trasformazione.

La misurazione di questo parametro viene effettuata attraverso il lattodinamografo, uno strumento modulare in grado di registrare automaticamente le proprietà di coagulazione del latte destinato alla produzione di formaggio. I campioni di latte vengono inseriti in dieci pozzetti all'interno del “modulo di servizio” e, una volta riscaldati fino alla temperatura idonea, viene addizionato il caglio e vengono trasferiti nel “modulo di analisi”. Vi sono inoltre dei piccoli pendoli che vengono mossi dall'inizio della coagulazione del latte attraverso movimenti oscillanti e, tutti questi movimenti, vengono amplificati e memorizzati dal modulo di analisi che invia al computer la visualizzazione

della cosiddetta “campana di coagulazione” o lattodinamogramma. Da questa schematizzazione possiamo riconoscere i tre parametri fondamentali per andare a classificare la qualità del latte, ovvero:

- R o tempo di coagulazione: rappresenta il tempo che intercorre tra l’aggiunta del caglio e l’inizio del processo di coagulazione, ovvero il cambio di consistenza del latte in cagliata.
- K₂₀ o tempo di rassodamento: rappresenta il tempo necessario per formare una cagliata di una consistenza tale da andare a tracciare nel lattodinamogramma un’ampiezza di 20mm.
- A₃₀ o consistenza del coagulo: rappresenta l’ampiezza del lattodinamogramma trascorsi 30 minuti dall’aggiunta del caglio (figura 1).

Un latte per essere di buona qualità dovrebbe coagulare in meno di 18 minuti e avere un A₃₀ superiore a 20mm.

A seconda dei risultati da questa analisi il latte viene classificato con le lettere dalla A alla F, dove A indica un latte capace di coagulare in un tempo compreso tra i 12 e i 18 minuti mentre F indica un latte che coagula in modo insufficiente dopo 30 minuti e, dunque, non destinato alla produzione di formaggio.

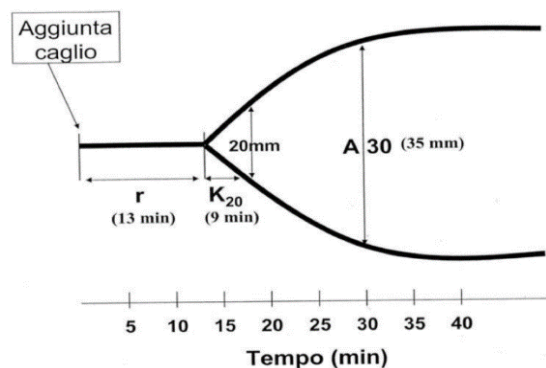


Figura 1 Lattodinamogramma fonte: Ruminantia.it

1.3 Il Grana Padano D.O.P.

Il Grana Padano D.O.P. è la prima DOP al mondo per consumi e in Italia risulta essere la DOP con maggior fatturato alla produzione con circa un miliardo di euro all'anno. Il fatturato al consumo si attesta su 1,49 miliardi di euro l'anno, secondo solamente a quello del Parmigiano Reggiano DOP.

Il Grana Padano è una delle eccellenze gastronomiche d'Italia risultando il formaggio a denominazione protetta più venduto e più consumato al mondo. La sua catena produttiva è regolamentata da un disciplinare di produzione istituito nel 1996, il quale regola tutto il processo produttivo dall'alimentazione delle bovine in lattazione fino alla sua commercializzazione. La denominazione di origine protetta GRANA PADANO si riferisce al formaggio prodotto durante tutto l'anno con latte crudo di vacca parzialmente decremato mediante affioramento naturale, a pasta cotta, duro e a lenta maturazione, usato da tavola o da grattugia, e che risponde alle condizioni ed ai requisiti stabiliti dal presente disciplinare di produzione (Granapadano.it, 2022).

La produzione di Grana Padano si attesta a più di cinque milioni di forme all'anno e risulta essere in costante aumento, registrando un aumento di produzione pari al 22,5% rispetto al 2007 (CLAL, 2022). Anche i consumi al dettaglio sono in costante aumento, i quali hanno raggiunto un massimo storico durante il periodo di lockdown causato dalla situazione pandemica di covid-19 (figura 2).

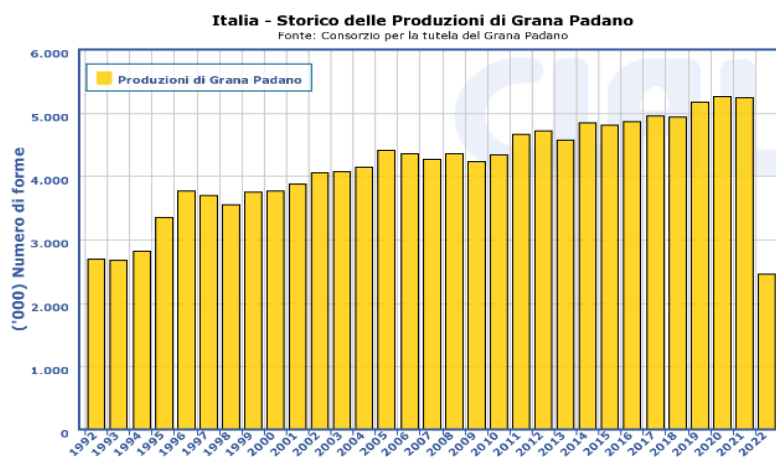


Figura 2 Storico delle produzioni di Grana Padano fonte: www.clal.it

Il costo della produzione, vista la rigidità del disciplinare di produzione, risulta essere molto elevato e negli ultimi anni si è riscontrato un aumento del prezzo al dettaglio per i consumatori.

Questo aumento del prezzo (di circa 59,8% rispetto al prezzo del 2007) è anche dovuto a delle situazioni di crisi nazionali o addirittura mondiali, basti pensare alla crisi economica derivata dall'inizio della pandemia di covid-19 e dal conflitto iniziato a marzo 2022 tra Russia e Ucraina. Proprio quest'ultimo è risultato fatale per quanto riguarda i prezzi dei prodotti agroalimentari e di tutta la sua catena, tra cui i prodotti lattiferi e caseari, nel mondo e, ovviamente, anche in Italia si è registrato un aumento notevole dei prezzi delle materie prime. Infatti, tra i paesi in cui l'Italia importa prodotti agricoli, ricoprono un importante ruolo l'Ucraina e la Russia dato che il 17% del mais e il 4% di grano importato arriva proprio da queste nazioni. La ripercussione del conflitto ha fatto innalzare i prezzi del mais del 49,8%, dei formaggi duri del 6,9%, dei formaggi semiduri del 17,3% e del burro del 63,2% (CLAL, 2022).

La situazione pandemica e il conflitto russo-ucraino ha portato il prezzo del Grana Padano ad un massimo storico (9,99 €/kg per il Grana Padano Riserva di oltre 20 mesi) che, come si può notare dalle figure 3 e 4 ha subito una vera e propria impennata.

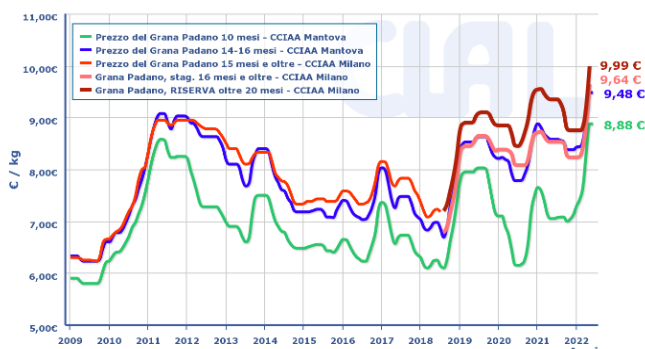


Figura 3 Storico prezzi Grana Padano fonte: www.clal.it

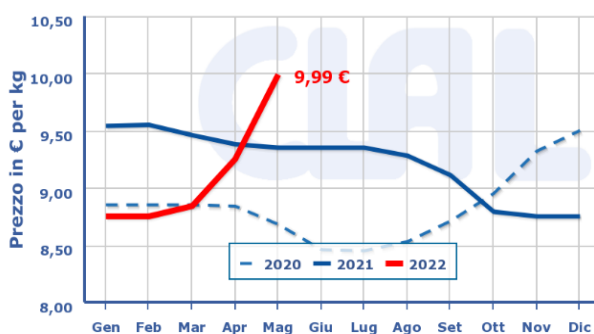


Figura 4 Prezzo Grana Padano Riserva 20 mesi fonte: www.clal.it

1.4 Disciplinare di produzione: focus sull'alimentazione bovine

Il disciplinare di produzione, negli articoli 3 e 4, pone l'attenzione prevalentemente sulla gestione delle colture aziendali destinate all'alimentazione delle bovine e ai vari foraggi e mangimi che sono ammessi per la produzione di latte crudo destinato alla produzione di Grana Padano DOP.

- Articolo 3 Disciplinare di produzione (Ispettorisanitari.it, 2022):

La zona di produzione e di grattugiatura del GRANA PADANO D.O.P. è il territorio delle province di Alessandria, Asti, Biella, Cuneo, Novara, Torino, Verbania, Vercelli, Bergamo, Brescia, Como, Cremona, Lecco, Lodi, Mantova a sinistra del Po, Milano, Monza, Pavia, Sondrio, Varese, Trento, Padova, Rovigo, Treviso, Venezia, Verona, Vicenza, Bologna a destra del Reno, Ferrara, Forlì Cesena, Piacenza, Ravenna e Rimini, nonché i seguenti comuni della provincia di Bolzano: Anterivo, Lauregno, Proves, Senale-S. Felice e Trodena.

- Articolo 4 Disciplinare di produzione (Ispettorisanitari.it, 2022):

Il formaggio GRANA PADANO D.O.P. è prodotto a partire da latte crudo di vacca proveniente da vacche munte due volte al giorno e che, ad esclusione del latte prodotto nell'area del Trentingrana, non si avvalga delle deroghe previste dalla vigente normativa sanitaria per quanto riguarda la carica batterica totale e il tenore di cellule somatiche. La raccolta del latte deve avvenire entro le ventiquattro ore dall'inizio della prima mungitura.

L'alimentazione base delle bovine da latte è costituita da foraggi verdi o conservati, e viene applicata alle vacche in lattazione, agli animali in asciutta ed alle manze oltre i 7 mesi di età. L'alimentazione delle vacche da latte si basa sulla utilizzazione di alimenti ottenuti dalle coltivazioni aziendali o nell'ambito del territorio di produzione del latte del GRANA PADANO D.O.P., come individuato all'articolo 3.

Nella razione giornaliera non meno del 50% della sostanza secca deve essere apportata da foraggi con un rapporto foraggi/mangimi, riferito alla sostanza secca, non inferiore a 1. Almeno il 75% della sostanza secca dei foraggi della razione giornaliera deve provenire da alimenti prodotti nel territorio di produzione del latte, così come individuato all'art. 3.

I foraggi ammessi sono:

- *Foraggi freschi*: foraggi freschi da prati stabili od artificiali o sfalciati. Le essenze foraggere idonee sono: erbe di prato stabile polifita, di medica, trifoglio; erbai singoli od associati composti da loietto, segale, avena, orzo, granturchino, frumento, sorgo da ricaccio, mais, panico, erba mazzolina, festuca, fleolo, lupinella, pisello, veccia e favino.
- *Fieni*: ottenuti dall'essiccamento in campo, con tecniche di aeroessiccazione o per disidratazione, delle essenze foraggere utilizzabili come foraggi verdi.
- *Paglie*: di cereali quali frumento, orzo, avena, segale, triticale.
- *Insilati*, non ammessi per la produzione della tipologia Trentingrana: - trinciato di mais; - fieni silo.

I mangimi ammessi sono:

Di seguito è riportato l'elenco delle materie prime per mangimi, raggruppate per categorie, ammesse ad integrazione dei foraggi, nell'alimentazione delle vacche in lattazione, degli animali in asciutta e delle manze oltre i 7 mesi di età destinate alla produzione del latte per la trasformazione in formaggio GRANA PADANO DOP.

- *Cereali e loro derivati*: Mais, orzo, frumento, sorgo, avena, segale, triticale: granelle, sfarinati e relativi derivati sia essiccati che insilati, compresi gli schiacciati, i derivati trattati termicamente come fiocchi, gli estrusi, i micronizzati. Pastoni di mais: spiga integrale del mais sfarinata in Pastone integrale di mais o in Pastone di pannocchia; granella umida sfarinata in Pastoni di farina umida.
- *Semi oleaginosi loro derivati*: soia, cotone, girasole, lino: granelle, sfarinati e relativi derivati, quali farine di estrazione expeller, sottoposti anche a trattamenti termici.
- *Tuberi disidratati*: Patata e relativi derivati.
- *Foraggi disidratati*: Essenze foraggere: paglia di cereali, tutolo di mais, pianta integrale di mais, tal quali, trinciati, sfarinati o pellettati.
- *Derivati dall'industria dello zucchero*: Polpe secche esauste, polpe secche semizuccherine, polpe melassate. Melasso e/o derivati solo come adiuvanti tecnologici ed appetibilizzanti pari ad un valore massimo del 2,5% della sostanza secca della razione giornaliera.

- *Semi di leguminose, carrube*: Pisello proteico, fave, favino: granelle, sfarinati e relativi derivati. Carrube: essiccate e relativi derivati.
- *Grassi*: Grassi di origine vegetale con numero di iodio non superiore a 70, acidi grassi da oli di origine vegetale con acidi grassi tal quali o salificati. Sono ammessi olii di pesce come supporti per “additivi” e “premiscele”.
- *Minerali*: Sali minerali autorizzati dalla vigente legislazione.
- *Additivi*: Vitamine, oligoelementi, amminoacidi (rumino-protetti), aromatizzanti, antiossidanti, autorizzati dalla vigente legislazione. Antiossidanti ed aromatizzanti sono ammessi solo quelli naturali o natural-identici.
- *Varie*: È ammesso l'utilizzo di lievito di birra inattivato come supporto nelle “premiscele”.

2 GESTIONE DELL'ALIMENTAZIONE PER AUMENTARE LA QUALITÀ DEL LATTE E LA RESA CASEARIA

2.1 Introduzione

Numerosi studi e ricerche hanno dimostrato la possibilità di modificare la composizione chimica del latte, a livelli centesimali, per aumentare in particolare il contenuto di proteine e di grasso. In Italia, dove circa dieci milioni di tonnellate di latte vengono utilizzate ogni anno per la produzione di formaggi (CLAL, 2022), diviene fondamentale saper controllare e modificare le proprietà tecnologiche del latte per massimizzare la trasformazione in formaggio. Pertanto, la definizione di “qualità del latte” non si limita solo alla sua composizione chimica o alla sua sicurezza igienico-sanitaria ma deve tenere conto anche degli aspetti che interessano la trasformazione casearia.

Il rapporto tra qualità del latte e proprietà reologiche (capacità di coagulazione e forza del coagulo) risulta fondamentale per la produzione di formaggi DOP a media e lunga stagionatura, dove le perdite per maturazione e i difetti di stagionatura devono essere ridotti il più possibile.

L'influenza dell'alimentazione sulla qualità tecnologica del latte, e quindi sulla sua attitudine alla trasformazione casearia può essere ricondotta a due aspetti principali (Summer et al., 2002):

- requisiti igienico-sanitari: cellule somatiche, carica batterica;
- proprietà chimiche-reologiche: capacità di coagulazione, forza del coagulo, resa casearia;

Mentre per i requisiti igienico-sanitari esistono normative vigenti (per esempio la legge 1 gennaio 1998 in recepimento direttiva CEE 46/92 per le caratteristiche igieniche del latte e il Decreto 11 maggio 1998 n.241 per i limiti di contenuto di aflatossina B1), le proprietà tecnologiche e reologiche del latte non sono soggette a controlli normativi ma devono essere di interesse al fine di massimizzare la resa e la produzione di un'azienda.

L'effetto dell'alimentazione sul contenuto dei macroelementi dipende dalla strategia alimentare dell'azienda, dalle caratteristiche chimiche e fisiche degli alimenti e dalla loro qualità igienico-sanitaria.

2.2 Gestione di insilati aziendali

2.2.1 Gli insilati

Gli insilati sono prodotti ottenuti dalla conservazione anaerobica di foraggio che si realizza per acidificazione della massa vegetale causata da microrganismi anaerobi. Essendo una conservazione anaerobica si impedisce ai microrganismi aerobi di colonizzare il foraggio e di sviluppare sostanze potenzialmente tossiche per gli animali ai quali il prodotto è destinato (Wikipedia, 2022). Questa tecnica di conservazione offre un vantaggio zootecnico ed aziendale non solo perché offre una buona possibilità di stoccaggio del mais ma anche per l'incremento del rendimento energetico di questo cereali per unità di superficie coltivata (Summer et al., 2002).

Nonostante la capacità di impedire ai microrganismi di colonizzare dovuta alla assenza di ossigeno, i foraggi insilati possono essere i responsabili dell'inquinamento batterico del latte da clostridi. Per minimizzare i difetti caseari causati dai clostridi bisogna porre una grande attenzione sul processo di insilamento e di conservazione della massa vegetale.

L'insilamento è una tecnica di conservazione che consiste nello stoccaggio di foraggi o cereali in contenitori chiusi o silos all'aperto costituiti da piattaforme di calcestruzzo dove il foraggio trinciato viene compattato e ricoperto da un telo di materiale plastico ed isolante. Questa tecnica offre all'azienda la possibilità di ottenere un alimento facile da introdurre nelle razioni, molto appetibile e chimicamente stabile durante tutto l'anno, sostituendo il foraggio verde e quello essiccato.

La massa vegetale è contenuta in un ambiente anaerobico e l'ossigeno presente naturalmente nella massa vegetale viene consumato nel primo periodo di maturazione da batteri aerobi presenti nelle piante. Questa fase deve essere la più breve possibile per ridurre al minimo il consumo di zuccheri. Successivamente segue una fase fermentativa principale dove i batteri lattici fermentano gli zuccheri del foraggio in acido lattico e acetico abbassando il pH fino a 4,5 circa. La durata di questa fase è di circa 1-2 settimane a seconda del grado di trinciatura e di sostanza secca. Infine, quando la massa insilata si stabilizza in assenza di ossigeno, le cariche microbiche diminuiscono e le attività enzimatiche cessano. Qui alcuni batteri lattici etero fermentativi (ad esempio il *Lactobacillus buchneri*) trasformano parte dell'acido lattico in acido acetico, etanolo,

CO₂ e 1,2 propandiolo. All'apertura dei silos, però, il fronte di taglio della massa vegetale entra in contatto con l'aria e questo comporta lo sviluppo di microrganismi aerobi dannosi come lieviti e muffe che deteriorano l'insilato.

La raccolta e lo stoccaggio è meccanizzato attraverso l'impiego di macchine trinciatrici semoventi, macchine agricole dotate di una testata di taglio per lo sfalcio del foraggio e di un rotore trinciante che sminuzza la massa vegetale umida. La massa, una volta trinciata, viene trasferita nei silos e compattata nei tempi più rapidi possibili. Un buon insilato deve possedere:

- pH < 4;
- azoto ammoniacale < 5-10% dell'azoto totale;
- acido propionico e butirrico assenti;
- sostanza secca > 25%
- acido lattico abbondante;
- azoto solubile > 50% dell'azoto totale (Borreani et al., 2015).

Ogni foraggio possiede un'attitudine di insilamento diversa, a seconda delle caratteristiche fisiche e chimiche. Un foraggio possiede un'alta attitudine all'insilamento quando il contenuto di zuccheri fermentescibili è alto e quando è basso il contenuto di proteine.

Il cereale che viene maggiormente sottoposto a questa tecnica di conservazione è il mais, in quanto risulta di facile conservazione in trincea, ha un'alta produttività per ettaro di terreno, ha un ciclo colturale completamente meccanizzato e risulta semplice somministrarlo in razioni unifeed. Inoltre, può essere insilata la pianta intera, il miscuglio di granella e tutolo (il cosiddetto pastone integrale) o solamente la granella umida.

2.2.2 Qualità dell'insilato

La determinazione di qualità di un insilato risulta essere molto più complicata rispetto a quella dei mangimi e dei concentrati in quanto può essere suddivisa in qualità nutrizionale e qualità fermentativa. Infatti, una qualità di conservazione elevata non implica necessariamente un'elevata qualità nutrizionale o viceversa (Borreani et al., 2015). Per qualità nutrizionale intendiamo la qualità del foraggio al momento della raccolta, mentre per qualità fermentativa indichiamo tutti i parametri delle fermentazioni e del mantenimento della condizione di anaerobiosi durante tutto il periodo di conservazione.

- Qualità fermentativa: non esiste un reale parametro in grado di classificare la qualità dell'insilato perché è influenzata dal grado di anaerobiosi e dal tenore di sostanza secca (SS) del foraggio.

Il primo parametro da valutare è il pH che rappresenta il grado di acidità della massa vegetale e più il valore è basso maggiore sarà il suo contenuto di acido lattico. I livelli più bassi di pH si riscontrano nel mais dove si possono raggiungere valori pari a 3,3-3,5.

Il profilo fermentativo del silomais si riferisce al contenuto di acido lattico e acido acetico in rapporti differenti che caratterizzano la dominanza di un gruppo fisiologico di batteri lattici. L'acido lattico può variare da circa 100 g/kg SS in insilati con SS inferiore al 27% con fermentazioni dominate da batteri omolattici fino ai 40 g/kg SS in insilati secchi (con una SS maggiore del 35%) con le fermentazioni dominate da batteri eterolattici obbligati. Questi batteri producono grandi quantità di acido acetico fino a 30 g/kg SS e, mentre un tempo era ritenuto un acido dannoso in termini di qualità, oggi si ritiene svolga un ruolo importante per l'inibizione di lieviti e per la sintesi di grasso nel latte essendo un suo precursore.

La presenza di acido butirrico, invece, è sempre considerata negativamente in quanto indica uno sviluppo e una colonizzazione di clostridi. In genere il suo valore ottimale non deve superare 1 g/kg SS.

La qualità fermentativa, inoltre, viene totalmente compromessa all'apertura del silo, quando la massa insilata entra a contatto con l'aria e, dunque, ad ossigeno.

- Qualità nutrizionale: questa qualità può variare molto in base allo stato di maturazione della pianta alla raccolta, all'ibrido coltivato, agli andamenti e alle avversità climatiche.

Per il silomais, che ricopre un ruolo primario per le razioni in Pianura Padana, l'amido e l'NDF digeribile rappresentano le principali componenti energetiche. Bisogna considerare inoltre che tutti i fattori che determinano una riduzione della quantità di carboidrati (zuccheri, amido ecc.) o di fibre digeribili (NDF) implicano un maggior costo per l'azienda, la quale deve integrare cereali o mangimi per bilanciare la razione.

Lo stress idrico della coltura rappresenta uno degli aspetti principali legati alla produttività e alla qualità di un trinciato in quanto è emerso che questo stress influisce negativamente sulla produzione di granella e ad un aumento delle componenti fibrose indigeribili (Borreani et al., 2015).

Le fermentazioni anomale durante l'insilamento riducono notevolmente la quantità di zuccheri e acidi organici disponibili nel rumine, riducono la quota digeribile dell'amido e aumentano il contenuto di fibra indigeribile. Dunque, la qualità di raccolta e del processo di insilamento risulta fondamentali per evitare ricadute economiche sul bilancio aziendale e sul benessere e salute degli animali.

A titolo esemplificativo si riporta in figura 5 il report di analisi di un insilato di mais. Le analisi sono state effettuate presso il Laboratorio NIRs-XRF del dipartimento MAPS.

A causa degli effetti negativi di queste micotossine sulla salute degli animali e per evitare perdite economiche, risulta fondamentale monitorare la contaminazione dell'insilato con la tecnologia NIR. L'uso del NIR permette di ottenere un'analisi rapida dell'alimento e di garantire una maggiore sicurezza sanitaria e alimentare nell'azienda. Il NIR consiste in una spettroscopia che sfrutta le proprietà fisiche della materia e l'interazione che questa ha con le radiazioni del vicino infrarosso. Il tempo impiegato per ogni analisi varia da pochi secondi a pochi minuti, permettendo di effettuare indagini per numeri elevati di campioni in tempi molto brevi.

Come si osserva dalla figura 5 la spettroscopia NIR permette di ottenere un'analisi di tutte le componenti di un alimento, in questo caso di un insilato di mais. L'insilato di mais preso in considerazione ha ottenuto dei valori normali e non presenta particolari

compromissioni. In particolare, si osserva che l'insilato presenta il 60% di umidità, il 7,09% sulla SS di proteina e il 2,43% sulla SS di lipidi, valori normali di un insilato di mais. Anche la quantità di amido risulta sufficiente, 29,20% sulla SS, così come la percentuale di fibra digeribile, parzialmente digeribile e non digeribile. Dall'analisi NIR è stata verificata anche la quantità normale di acido lattico, acetico e butirrico (5,129% SS, 1,11% SS e 0,191% SS), parametri che indicano una corretta attività fermentativa dei microrganismi presenti nell'insilato. Anche il pH risulta nella media con il 3,96. La giusta quantità di questi acidi e di pH indica, dunque, la corretta gestione del processo di insilamento, dalla raccolta alla fermentazione anaerobica all'interno dei silos. Le aflatoossine totali, prodotte da alcune specie di microfunghi e che si possono sviluppare durante la coltivazione, raccolto o stoccaggio, risultano minori del 1% rendendo il silomais analizzato adatto per l'alimentazione delle bovine. Le aflatoossine più importanti per la loro tossicità e facilità di diffusione sono le aflatoossine B1, B2, G1, G2 e M1.

L'aflatoossina M1 può essere presente nel latte proveniente da bovine alimentate con mangimi contaminati da aflatoossina B1 e può essere presente anche dopo la trasformazione casearia nel formaggio. I limiti di aflatoossina M1 sono stati stabiliti in base alla concentrazione che ha nel latte. Il limite massimo nel latte, fissato dalla normativa europea, è di 0,050 µg e, qualora il valore sia superiore, il latte non può essere commercializzato né consumato dall'uomo. La presenza di aflatoossina M1 nel latte implica la presenza della tossina anche nel formaggio trasformato, dunque anche nel Grana Padano DOP. Il limite di aflatoossina M1 posto nei formaggi è di 250 ng/kg.

	T.Q.	S.S.
Umidità, %	61,91	
Sostanza Secca, %	38,09	
Proteina Grezza, %	2,70	7,09
Lipidi Grezzi, %	0,93	2,43
Ceneri, %	1,7	4,5
Amido, %	11,12	29,20
aNDFom, %	16,44	43,17
NDFD, % dell'NDF tot.		55,7
NDF Indigeribile, %		18,6
ADF -Fibra acido deterosa-, %	10,12	26,57
ADL Lignina AD-, %	1,01	2,66
Emicellulose, %	6,32	16,60
ADF/aNDFom % dell'aNDFom		61,5
NFC, %	16,31	42,81
Ammoniaca, mg/Kg	84	220
N amm./N tot, %	1,6	
Ac. Lattico, %	1,954	5,129
Ac. Acetico, %	0,42	1,11
Ac. Butirrico, %	0,073	0,191
pH, met. potenziometrico	3,96	
Alcoli primari tot, gr/Kg		7,31
UFL/kg granella intera	0,32	0,83
UFC/kg granella intera	0,30	0,78
UFL/kg granella schiacciata	0,33	0,86
UFC/kg granella schiacciata	0,31	0,81
Frazione A+B1, %PG		53,5
Aflatoossine totali		< 1,0

Figura 5 Analisi NIR insilato di mais

2.2.3 Ruolo della microflora

I batteri lattici sono anaerobi facoltativi e si possono dividere in tre gruppi fisiologici. I batteri lattici omofermentativi obbligati sono quelli che fermentano il glucosio o il fruttosio in acido lattico senza la produzione di CO₂. Gli eterofermentativi possono essere facoltativi o obbligati; quelli facoltativi fermentano gli esosi e i pentosi in acido lattico e acetico senza produrre CO₂ mentre quelli obbligati fermentano gli esosi e pentosi in acido lattico, acetico e altri acidi organici e alcoli, producendo CO₂ (*Lactobacillus buchneri* e *Lactobacillus brevis*).

I vantaggi delle fermentazioni facoltative sono che da una parte la produzione di acido lattico determina un abbassamento di pH più veloce e l'assenza di anidride carbonica evita le ulteriori perdite di sostanza secca durante la fase fermentativa. La produzione di acido acetico che ha proprietà antimicotiche riduce il numero di lieviti nella massa vegetale e dunque rende l'insilato stabile durante tutto il processo di conservazione.

Gli enterobatteri si sviluppano durante le prime fasi della fermentazione e utilizzano gli stessi zuccheri dei batteri lattici per produrre acetato, etanolo e alcuni ceppi anche endotossine. Questi enterobatteri sono in grado di deaminare gli aminoacidi e dunque sono i responsabili della comparsa di ammoniaca nell'insilato.

I lieviti e le muffe sono microrganismi che risultano molto dannosi durante la fase di consumo dell'insilato. Si sviluppano a valori di pH molto acidi e per via aerobica, quindi in caso di infiltrazioni d'aria e, se i silos non sono gestiti efficientemente, convertono l'acido lattico a CO₂ e H₂O determinando un forte innalzamento di pH che permette la loro proliferazione e lo sviluppo di muffe filamentose. Questa situazione porta ad una degradazione dell'insilato fino alla comparsa di ampie zone di prodotto putrescente, ricco di prodotti tossici, tra cui le micotossine.

I clostridi sono i batteri più dannosi per un insilato perché si sviluppano in ambienti anaerobici e con pH molto acidi. Una volta sviluppati riescono a degradare gli zuccheri e l'acido lattico prodotto dai batteri lattici. Trasformando l'acido lattico in acido butirrico e CO₂ determinano un innalzamento del pH dell'insilato portandolo alla degradazione totale. La specie con la principale responsabilità di inquinamento del latte è il *Clostridium tyrobutyricum*, un batterio che si trova nel terreno e che si sviluppa in condizioni anaerobiche ad un pH ottimale di 5,8 e ad una temperatura di 37°C. Inoltre, le spore

clostridiche che vengono ingerite dagli animali vengono escrete con le feci contaminando anche la zona di stabulazione delle bovine e, dunque, bisogna porre attenzione durante la fase di pulizia delle mammelle (Borreani et al., 2019).

I clostridi risultano determinanti anche per problemi legati al processo di caseificazione, in quanto durante la maturazione del formaggio possono produrre acido butirrico, acetico, idrogeno e anidride carbonica. Questi ultimi gas sono la causa del cosiddetto “gonfiore tardivo” della forma, uno dei principali difetti dei formaggi stagionati. Questo difetto può portare ad un forte deprezzamento della forma o addirittura dall’esclusione del marchio di autenticità.

Proprio per queste problematiche, alcuni Consorzi di Tutela hanno vietato l’utilizzo di insilati come alimento per la produzione di latte destinato alla caseificazione, come nel caso del Parmigiano Reggiano DOP. Altri Consorzi, come nel caso del Grana Padano DOP, hanno preferito correggere e innovare il processo tecnologico permettendo l’impiego di enzimi (il lisozima) in grado di lisare le cellule vegetative del *Clostridium tyrobutyricum*.

2.3 Ruolo delle proteine nella coagulazione presamica

L'effetto che ha l'alimentazione sul contenuto dei macroelementi del latte (proteine e grassi prevalentemente) è di importanza primaria in quanto si possono andare a modificare le loro quantità per massimizzare la resa e, di conseguenza, la produzione. Il macroelemento che più va a incidere sulle qualità tecnologiche del latte per la produzione di formaggio sono le proteine, le caseine e le proteine solubili. Le proteine solubili sono importanti per l'elevato valore biologico del latte, mentre le caseine sono fondamentali per il rendimento caseario.

Il contenuto di proteine e di grasso nel latte è aumentato negli ultimi decenni grazie al miglioramento genetico delle bovine italiane e ad una maggiore attenzione agli aspetti alimentari e igienici. Infatti, l'analisi del polimorfismo delle proteine del latte è ormai a base della selezione genetica dei riproduttori, principalmente per le razze da latte ad alta produzione e meno alle razze locali autoctone (Summer et al., 2022). Questa selezione genetica aumenta la qualità del latte ed è anche compatibile con le esigenze dei prodotti naturali, non trasformati geneticamente.

Il rapporto caseine/proteine totali risulta essere determinante per andare a massimizzare la resa casearia e si possono distinguere più situazioni in cui questo rapporto diminuisce. Questo varia in base allo stadio di lattazione della bovina, risulta minore subito dopo il parto e alla fine della lattazione, dunque nei momenti di minor produttività di latte. Anche il numero di lattazione, dunque l'età della bovina, influisce molto su questo rapporto (figura 6). Questa diminuzione è dovuta alla minor capacità di sintesi di caseina da parte del tessuto mammario e all'aumento di permeabilità dei tessuti, che si verifica soprattutto in caso di precedenti mastiti.

Anche le condizioni della mammella risultano determinanti per la variazione di questo rapporto. È stato verificato che una condizione non ottimale della mammella provoca una sintesi inferiore di caseina, di un maggior afflusso di proteine plasmatiche nel latte e di un aumento della sintesi di plasmina, un enzima che degrada la caseina (Formaggioni et

al., 2012). Inoltre, il rapporto caseina/proteina totale diminuisce per valori di SCC (conta di cellule somatiche) superiori a 200.000-400.000 unità/ml (figura 7).

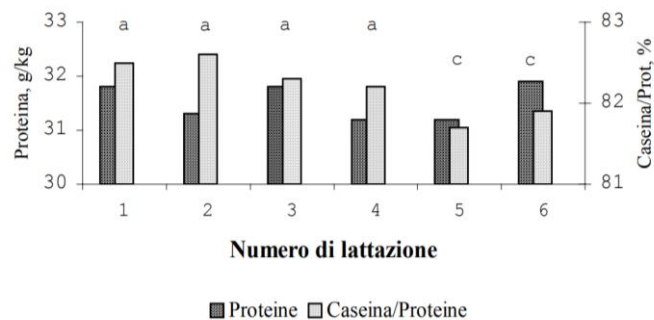


Figura 6 Numero di lattazione e rapporto caseina/proteine totale fonte: Summer et al., 2002

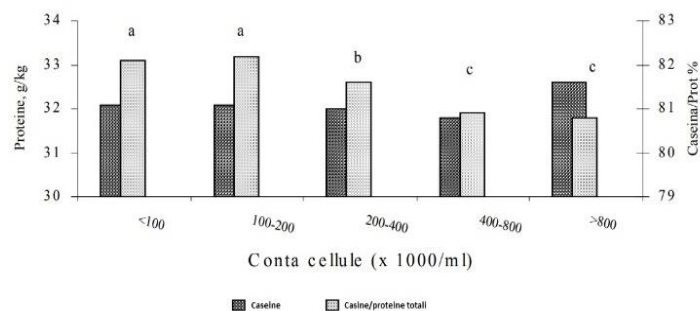


Figura 7 Conta delle cellule somatiche nel latte e rapporto caseina/proteina totale fonte: Summer et al., 2002

La proteina secreta nel latte è influenzata positivamente dalla concentrazione energetica della dieta [11] e dalla quantità di amido presente in razione. L'amido a bassa degradabilità ruminale, come il mais, ha la capacità di aumentare la produzione di latte e di aumentare il contenuto di proteina totale. Inoltre, modifica il rapporto fra le frazioni caseiniche andando ad aumentare la quantità di α 1-caseina e di α 2-caseina.

Uno studio (Auld et al., 2000), che ha preso in considerazione una mandria di bovine al pascolo in primavera ed in estate, ha dimostrato che le bovine che avevano la possibilità di ingerire foraggio *ad libitum* producevano una quantità molto più elevata di α s-caseina, β -caseina e κ -caseina rispetto ai capi con una quantità limitata di ingestione, indipendentemente dalla stagione.

Per quanto riguarda i formaggi, l'attitudine alla coagulazione rappresenta il requisito base per massimizzare la produzione. Il latte che presenta un'attitudine ottimale alla caseificazione è in grado di assicurare il raggiungimento degli obiettivi del processo di

coagulazione: è un latte che massimizza la resa di formaggio e che ottiene una massa caseosa uniformemente disidratata. Questo latte deve possedere un'ottima reattività con il caglio, deve avere un'alta velocità di rassodamento e una rapida sineresi della cagliata.

Anche l'acidità influenza molto l'attitudine di un latte a caseificare, in modo diretto o indiretto. Diretto perché fa diminuire la stabilità delle micelle caseiniche per permetterne il coagulo e indirettamente perché aiuta a liberare gli ioni Ca^{+} dai composti solubili e colloidali.

I latti più ricchi di caseina, di norma, originano cagliate dotate di maggior consistenza. Come si vede dalla figura 8 un latte con il 2,0% di caseina genera una cagliata con una forza di coagulo bassa e, all'aumentare della quantità di caseina, questa forza aumenta proporzionalmente (Powell et al., 1983).

In particolare, per la produzione di Grana Padano DOP, il ruolo della caseina risulta fondamentale per ottenere un coagulo con più consistenza e che spurga più rapidamente, per ottenere un prodotto con un idoneo gradiente di umidità.

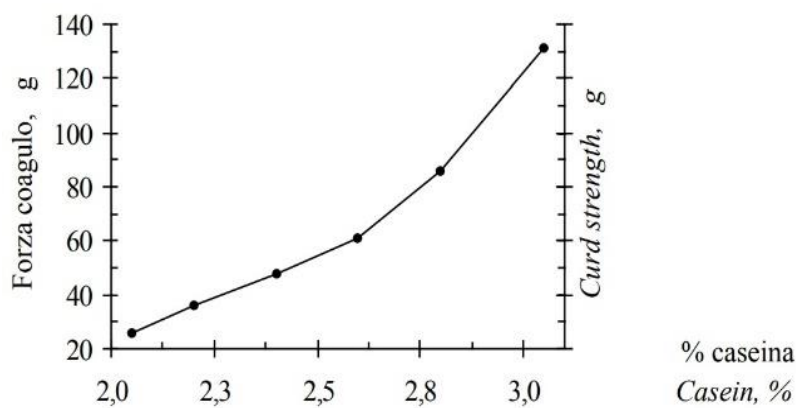


Figura 8 Contenuto in caseina del latte e forza del coagulo presamico fonte: Summer et al., 2002

2.4 Come varia il contenuto del grasso nel latte

Come per le proteine, anche il contenuto di grassi nel latte è influenzato dall'alimentazione, soprattutto perché quest'ultima influisce sul profilo degli acidi grassi esterificati nei trigliceridi. La quantità di grasso nel latte è dovuta dalla presenza di foraggi a fibra lunga, che favorisce la fermentazione acetica ruminale, e dall'integrazione nella razione di fonti lipidiche come oli vegetali o oli di pesce.

Per quanto riguarda la fibra, si è verificato che diete con un basso apporto di foraggi implicano un latte con una quantità bassa di grasso. Questo è dovuto da una minor produzione di acetato nel rumine e, dunque, ad una carenza nella ghiandola mammaria dei precursori per la sintesi di acidi grassi a corta e media catena (Ashed et al., 1997). Si è verificato che questa minore produzione di acetato è dovuta da una minore presenza di fibra fermentescibile e da una diminuzione di pH ruminale che arriva sotto il 6,2 (valore minimo per la corretta attività della microflora ruminale). Questa depressione del contenuto di grasso nel latte è dovuta anche dalla presenza eccessiva di concentrati (Beauchemin et al., 1997) e, questa situazione, può essere evitata aggiungendo nella dieta sostanze ad azione tampone sul pH ruminale.

Inoltre, il latte vaccino è ricco di un acido grasso polinsaturo appartenente alla famiglia degli omega 6, l'acido linoleico coniugato (CLA). Esso è un isomero dell'acido linoleico e si differisce da quest'ultimo dalla posizione dei due doppi legami nel decimo e dodicesimo carbonio. Il CLA è un acido grasso essenziale per l'uomo, in quanto l'organismo umano non possiede gli enzimi necessari alla sua sintesi. Questi enzimi sono ricchi nel rumine dei ruminanti perché qui, data la presenza di specifici microrganismi, avviene la reazione di bioidrogenazione per la sua sintesi.

È stato osservato (Parodi, 1999) che due isomeri posizionali dell'acido linoleico coniugato (CLA) presenti nel latte (il *trans*10, *cis*12 C18:2 e il *cis*9, *trans*11 C18:2) hanno attività anticancerogena, antiaterogena e antidiabetica. L'isomero *trans*10, *cis*12 C18:2 è il precursore dell'acido monoenoico *trans*10 C18:1 il quale implica un'inibizione dell'attività della steroil-CoA desaturasi che causa una diminuzione della sintesi degli acidi grassi nella ghiandola mammaria. La diminuzione del pH causa invece una diminuzione della sintesi di acido vaccenico nel rumine e ad un aumento dell'isomero *trans*10 C18:1, con gli effetti elencati precedentemente. Altri fattori che possono influire

sul contenuto di CLA nel grasso del latte sono il pascolo, la stagione e la maturazione del foraggio, il quale può contenere diverse quantità di glicolipidi e fosfolipidi e quindi di acidi grassi insaturi.

Nel latte si possono aumentare i livelli di acidi grassi della serie omega 3 attraverso l'integrazione nella dieta di olio di pesce, ricco di acidi grassi polinsaturi omega 3. Questo però implica ad un'alterazione nel sapore del latte e, dunque, non può essere utilizzato per la produzione di formaggio DOP. Spesso si utilizza l'olio di lino in ragione per integrare omega 3, in quanto è una grande fonte di ALA (acido alfa-linoleico). Esso è un grasso essenziale appartenente alla famiglia degli omega 3 e, la sua presenza, determina un aumento degli acidi grassi essenziali e ad un incremento di acidi grassi funzionali come l'acido linoleico coniugato nei lipidi del latte e della carne. Nel caso delle vacche da latte, la concentrazione di acido alfa-linoleico aumenta linearmente con l'aumento del contenuto di olio di lino nella dieta, fino a livelli di inclusione del 3-4% della sostanza secca ingerita. Per dosi superiori si è verificata una diminuzione della digeribilità della frazione fibrosa della dieta con perdite di capacità produttiva e di qualità del latte. In particolare, si è verificata una diminuzione della percentuale del grasso.

3 STRATEGIE PER AUMENTARE LA QUANTITÀ DI CASEINA NEL LATTE

Proprio perché più del 60% del latte prodotto in Italia viene utilizzato per la trasformazione casearia, a livello economico è molto importante potenziare la capacità del latte nel processo di coagulazione per avere una resa più alta possibile. Quando il latte viene trasformato per la produzione di Grana Padano DOP, per ogni grammo di caseina presente nel latte si possono ottenere tre grammi di formaggio stagionato. Proprio per l'importanza che ha in termini di produzione ed economico la caseina e in misura minore il grasso, uno degli obiettivi delle aziende moderne è quello di aumentare la frazione proteica e lipidica del latte.

La quantità di latte prodotta da una bovina risulta più elevata nel periodo invernale, ma è l'alimentazione che può influire maggiormente sul contenuto di proteine e lipidi. In particolare, durante il primo periodo di lattazione è possibile incrementare la produzione di latte ma risulta difficile aumentare la sua quantità di caseina mentre, 100-150 giorni dopo il parto, la produzione di latte può ancora essere aumentata ma in questo caso risulta più semplice aumentare significativamente la sua quantità di caseina (Formigoni et al., 2007). Per aumentare questa quantità risulta fondamentale la disponibilità di energia e di aminoacidi essenziali nella razione, proprio perché influiscono direttamente sulla sintesi di caseina. Generalmente aumentare la quota energetica di una razione, a patto che non sia sotto forma di lipidi, influisce direttamente sulla quantità di caseina sintetizzata e questo è dovuto a diversi fattori:

- all'aumento dell'energia a disposizione dell'animale e dalla maggior assunzione di mangime a scapito della quantità di NDF della dieta;
- una maggior velocità di transito ruminale che migliora la disponibilità intestinale di nutrienti;
- un maggior flusso sanguigno e una maggiore disponibilità di nutrienti nella ghiandola mammaria;
- un aumento di attività di sintesi delle cellule mammarie dovuto da ormoni (come il GH e il IGF-1), che sono influenzati positivamente da una maggior assunzione di energia, e da una maggior quantità di nutrienti (come glucosio, aminoacidi e peptidi ecc.);

- vengono utilizzati meno amminoacidi per la sintesi di glucosio, i quali causano una maggiore disponibilità di amminoacidi a livelli della ghiandola mammaria;
- una maggiore quantità di glucosio per la sintesi del lattosio.

Uno studio del 2004 [18] ha verificato la correlazione tra la disponibilità di glucosio intestinale e la capacità di sintesi di amminoacidi nella ghiandola mammaria in bovine in lattazione che si trovano a cento giorni dopo il parto. Un'infusione duodenale di 963g di glucosio ha aumentato la produzione di latte e di caseine tra il 9-12% mentre, una quantità superiore di glucosio, ha diminuito sia la quantità di latte prodotta sia la quantità di caseina. Questo probabilmente è dovuto ad un'inibizione della sintesi di lattosio. Per ottenere una maggiore produzione di latte e di caseina, dunque, bisogna formulare una razione che apporti nell'intestino una quantità di glucosio pari al 8% della sostanza secca (Rulquin et al., 2004).

Anche i carboidrati altamente fermentescibili, in particolare l'amido, aumentano la produzione di caseina ma tendono a diminuire la quantità di grasso presente nel latte, a causa di una minore disponibilità di acetato e, dunque, di una minor attività di sintesi di acidi grassi nella ghiandola mammaria. Uno studio di Formigoni e Fusaro del 2007 (Formigoni e Fusaro, 2007) ha verificato che un aumento di amido che fermenta nel ruminale provoca una minore attività della flora ruminale e si è concluso che la concentrazione di amido che deve essere presente in razione deve essere compresa tra il 16-17 e il 21-22%. Anche se l'amido è correlato positivamente ad una maggior produzione di caseina si devono tenere in conto alcune problematiche che possono scaturire, prima fra tutte l'acidosi ruminale.

L'amido non può essere sostituito da carboidrati strutturali anche se questi ultimi sono altamente fermentescibili. Quando l'amido viene sostituito, per esempio, con polpe di agrumi o con bucce di soia la qualità e la resa del latte diminuisce. Al contrario, quando viene sostituita la fibra meno fermentescibile con una fibra altamente fermentescibile la qualità e la resa del latte aumenta. Anche la sostituzione di silomais con polpe di bietola pressate può aumentare la resa casearia senza andare ad alterare la qualità del latte, se il contenuto di amido della dieta non varia.

In conclusione, la quantità di amido in una dieta deve essere la più elevata possibile e dovrebbero essere aggiunte in razione fonti facilmente degradabili di fibre come i foraggi.

Anche la quantità di fonti di azoto, come le proteine, sono fondamentali per una maggior produzione di latte. In particolare, questo apporto di azoto mira a:

- soddisfare il fabbisogno di azoto della microflora ruminale per aumentarne la crescita;
- soddisfare il fabbisogno animale di proteine metabolizzabili;
- garantire la quantità e la qualità degli amminoacidi essenziali che, in caso contrario, limiterebbero la produzione e la resa del latte;
- aumentare la conversione dell'azoto della dieta in proteine del latte;

Un eccessivo apporto di azoto, anche se non porta ad una diminuzione della quantità di proteine nel latte, provoca una grande quantità di azoto escreto sotto forma di urea. Infatti, soddisfare il fabbisogno di proteine metabolizzabili è essenziale per aumentare la resa proteica del latte, che è fortemente correlata ad una maggior produzione di latte (Recktenwald, 2006). La miglior resa a livello di produzione e di quantità proteica nel latte si ottiene con razioni con il 16-17% di proteina grezza sulla SS e il 10,2-12,2% di proteine degradabili a livello ruminale.

La resa massima di proteine nel latte si ha quando gli amminoacidi limitanti lisina e metionina sono tra di loro in rapporto 3:1 e quando corrispondono tra il 2,5-7,5% del totale delle proteine metabolizzabili (National Research Council, 2001).

In conclusione, a condizione che la dieta contenga un numero sufficiente di carboidrati degradabili, la concentrazione proteica è in grado di massimizzare la resa del latte e la ritenzione di azoto, mentre un'eccessiva somministrazione provoca effetti negativi come l'escrezione di urea. Una dieta con un'ottimale composizione di amminoacidi comporterà ad una maggior conversione di azoto e alla massima produzione e massima resa del latte, dunque ad un profitto maggiore dell'azienda.

4 FONTI ALIMENTARI ALTERNATIVE

4.1 Fonti proteiche alternative

Per quel che riguarda le fonti proteiche che vengono maggiormente utilizzate in ambito zootecnico, soprattutto per la produzione di formaggi DOP come il Grana Padano, la più comune negli allevamenti italiani è la farina di estrazione di soia. Si tratta di un sottoprodotto derivato dall'estrazione per via chimica dell'olio dai semi di soia e contiene il 44 o 48% di proteina grezza sul t.q., caratteristica che la porta ad essere la fonte proteica più utilizzata negli allevamenti da carne e da latte. Nelle aziende intensive risulta molto difficile la sostituzione della farina di estrazione di soia con altre fonti proteiche alternative, soprattutto per quanto riguarda il rapporto costo/produzione. Nonostante questo, è possibile massimizzare l'uso di foraggi di leguminose di alta qualità come l'insilato di erba medica per ottenere una razione molto simile a quella basata sulla farina di estrazione di soia.

Uno studio di Brito e Broderick (Brito e Broderick, 2006) ha messo in relazione l'utilizzo della farina di soia con una grande quantità di insilato di erba medica. Le bovine alimentate con il 51% di insilato di medica, 2,95% di farina di estrazione di soia e 43,3% di pastone di mais hanno ottenuto una produzione di latte media di 41,5 kg/d rispetto ad una produzione di 39,5 kg/d di bovine alimentate con il 10% di insilato di medica, il 16,1% di farina di estrazione di soia, 40% di insilato di mais e il 30,5% di pastone di mais. Questo studio ha voluto indicare l'importanza di aumentare il più possibile l'approvvigionamento di materie prime proteiche, compatibilmente alla propria realtà aziendale. Questa autosufficienza di prodotti proteici, però, risulta difficilmente realizzabile nell'azienda zootecnica.

Altre fonti proteiche che possono essere utilizzate da disciplinare per la produzione di Grana Padano DOP possono essere la farina di estrazione di girasole e il pisello proteico, mentre altri alimenti come la farina di estrazione di colza non possono essere utilizzate per la produzione di formaggi stagionati DOP. Come si può notare dalla figura 9, il costo per ogni punto proteina della farina di estrazione di soia (prendendo in considerazione solamente alimenti per la produzione di formaggio DOP) risulta essere il più basso, seguito successivamente dal pisello proteico e dalla farina di estrazione di girasole. Questa classificazione, però, penalizza il pisello proteico perché esso, oltre ad essere una

grande fonte proteica, è anche una grande fonte di amido. Oltre alla classificazione per prezzo bisogna soffermarsi anche sulla qualità proteica della proteina stessa, in particolare sul suo profilo amminoacidico. Come elencato precedentemente la lisina e la metionina risultano essere gli amminoacidi maggiormente limitanti per la produzione di latte e, dunque, queste fonti alternative devono essere classificate anche per il rapporto tra il prezzo degli amminoacidi limitanti e il costo al kg del prodotto (figura 10 e 11).

Alla luce di questi dati si può notare che, nonostante il basso costo per punto proteina della farina di estrazione di girasole, il girasole risulta scarsamente utilizzato perché ha un costo troppo alto per ogni kg di lisina, considerato il suo scarso tenore in amminoacido. Anche il pisello proteico, che potrebbe essere utilizzato senza problemi come sostitutivo della farina di estrazione di soia, risulta avere dei costi troppo elevati, sia per la minor quantità di proteine sia per il suo profilo amminoacidico, rendendolo quasi impossibile da utilizzare nelle aziende da latte intensive. La farina di estrazione di colza, invece, risulta essere una grande fonte proteica e con una buona qualità amminoacidica ma essa può essere utilizzata solamente per la produzione di latte per il consumo diretto e non per la produzione di formaggi stagionati DOP, in quanto vietata dai disciplinari di produzione di Grana Padano DOP e di Parmigiano Reggiano DOP.

In conclusione, è fondamentale andare a massimizzare la quota foraggera con foraggi di alta qualità e di elevato tenore proteico, mentre bisogna porre attenzione non solo sulla quantità proteica delle materie prime per la formulazione di mangimi ma soprattutto sulla qualità della proteina e sul suo profilo amminoacidico.

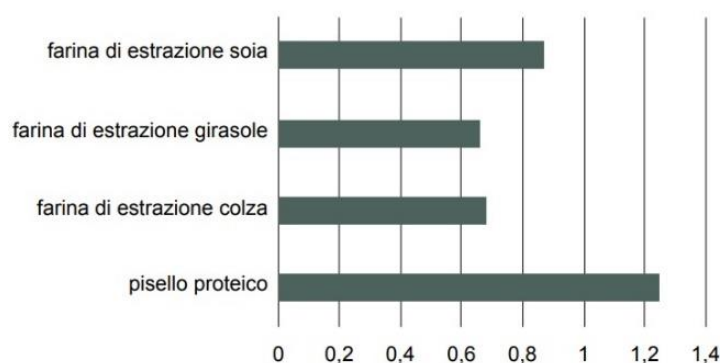


Figura 9 Costo punto proteina euro/kg Fonte: Colombini, 2015

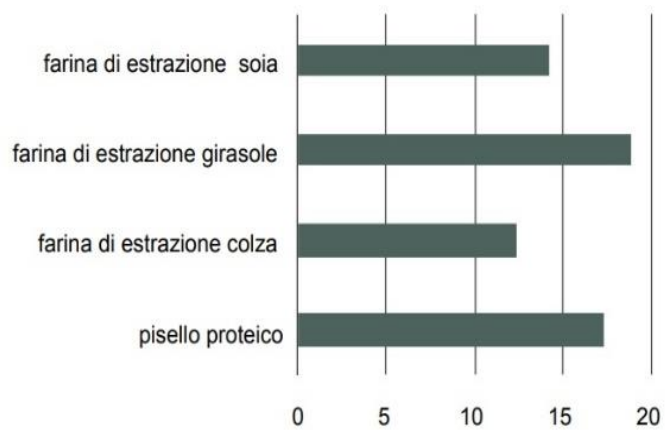


Figura 10 Costo punto lisina euro/kg Fonte: Colombini, 2015

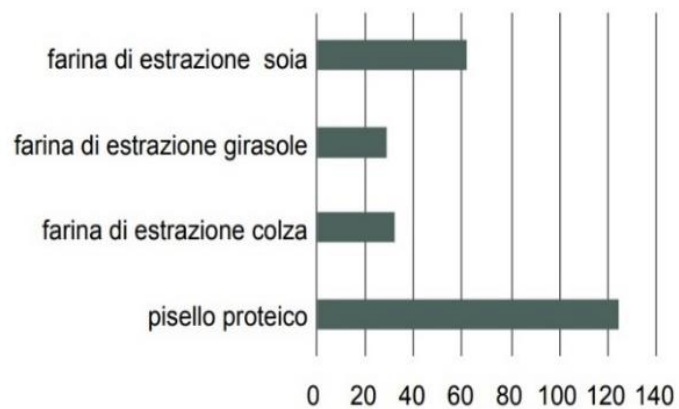


Figura 11 Costo punto metionina euro/kg Fonte: Colombini, 2015

4.2 Sostituzione della farina di estrazione di soia con fava e pisello

La possibile sostituzione della farina di soia con farina di fava e pisello è stata verificata da uno studio di Mordenti (Mordenti et al., 2007) dove sono stati presi in considerazione due gruppi omogenei di 119 vacche da latte. L'alimentazione di base dei due gruppi era la medesima, cambiava solamente nell'aggiunta del concentrato. Nel primo gruppo veniva addizionato il 10% di farina di estrazione di soia mentre nel secondo il 10,1% di fava e di pisello.

La sostituzione della soia con fava e pisello ha causato una riduzione del 3,5% di assunzione di sostanza secca (-0,83 kg/capo/d) e la riduzione di produzione di latte del 3,9% (-1,29 kg/capo/d). Nonostante questa diminuzione di ingestione e di produzione, la sostituzione delle fonti proteiche non ha avuto effetto sulla qualità del latte. Inoltre, il gruppo alimentato con la dieta addizionata con fava e pisello, ha prodotto un latte con una quantità maggiore di grasso ($P < 0,01$) e di caseina ($P < 0,05$) verificato in caldaia. Ciò ha portato ad una quantità maggiore di formaggio prodotto da 100kg di latte nelle prime 32 ore. Dopo un anno di stagionatura, però, le differenze nella resa non risultano più significative (tabella 1).

	Farina di soia	Fava e pisello	P
Resa a 32 ore	8,44%	8,61%	$P < 0,01$
Resa a 1 anno	7,49%	7,62%	NS $P > 0,05$

Tabella 1 Resa a 32 ore e 1 anno delle due diete
Fonte: Mordenti et al., 2007

I risultati di questa ricerca hanno dimostrato che è possibile sostituire la farina di estrazione di soia con fava e pisello nella dieta di bovine da latte. In particolare, la riduzione di assunzione e di produzione di latte è compensata dal maggiore contenuto di grasso e caseine del latte che induce ad una resa casearia maggiore nelle prime 32 ore.

4.3 Sostituzione dell'insilato di mais con insilato di orzo

Considerando che la coltura di mais necessita di grandi quantità di acqua, la sua produzione in zone dove questa disponibilità è limitata risulta essere molto difficile. Per questo uno studio di Migliorati *et al.* ha verificato la possibilità di sostituire l'insilato di mais con l'insilato di orzo. In particolare, hanno verificato la differenza di produzione e di qualità del latte e di resa casearia di Grana Padano DOP di 16 mesi. L'insilato di mais è stato sostituito parzialmente (prova 1) e totalmente (prova 2) con quello di orzo.

I risultati di questo studio hanno dimostrato che non vi sono effetti della dieta sulla produzione di latte, della sua qualità, della conta di cellule somatiche, del pH e dell'acidità titolabile. Inoltre, non sono stati osservati effetti nemmeno nel contenuto di proteine e di lattosio né a differenze di attitudine casearia, tempo di coagulazione (R), tempo di rassodamento del coagulo (K20) e consistenza del coagulo (A30). L'unico valore che è aumentato è il contenuto lipidico nelle diete con insilato di orzo ma, nonostante questo, la differenza di resa a Grana Padano DOP risulta pressoché la medesima (tabelle 2 e 3).

1 prova (sost. parziale)	Insilato di mais	Insilato di orzo	P
Resa a 3 mesi (%)	8,16%	8,06%	ns
Resa a 6 mesi (%)	7,84%	7,78%	ns
Resa a 12 mesi (%)	7,73%	7,54%	ns

Tabella 2 Resa a 3,6,12 mesi di Grana Padano DOP con sostituzione parziale di insilato di orzo
Fonte: Migliorati *et al.*, 2017

2 prova (sost. totale)	Insilato di mais	Insilato di orzo	P
Resa a 3 mesi (%)	7,87%	8,06%	ns
Resa a 6 mesi (%)	7,44%	7,66%	ns
Resa a 12 mesi (%)	7,30%	7,54%	ns

Tabella 3 Resa a 3,6,12 mesi di Grana Padano DOP con sostituzione totale di insilato di orzo
Fonte: Migliorati *et al.*, 2017

In conclusione, la sostituzione di insilato di orzo all'insilato di mais non altera né la produzione di latte né la sua qualità e le sue proprietà casearie. In nessuna delle due prove, che prevedevano una sostituzione totale o parziale, si sono registrate differenze significative di resa casearia di Grana Padano DOP. La sostituzione di insilato di mais con quello di orzo risulta economicamente vantaggiosa solamente nelle zone con scarsa disponibilità di acqua, mentre il mais rimane comunque la miglior scelta aziendale in termini di quantità e produttività per la produzione di latte crudo destinato al Grana Padano DOP.

4.4 Sostituzione dell'insilato di mais con insilato di sorgo

Come nel caso dell'orzo, nelle zone dove risulta complicata la coltura del mais per scarse risorse irrigue o per zone poco fertili, l'utilizzo di insilato di mais può essere sostituito dal sorgo. Il sorgo, sotto forma di insilato, risulta essere una valida alternativa al silomais nelle razioni di vacche da latte anche per la produzione di latte destinato a formaggi DOP come il Grana Padano. Si tratta del cereale più simile al mais e si possono distinguere due principali varietà in base al contenuto in tannini: chiari (basso contenuto di tannini) e colorati (contenuto di tannini variabile). In zootecnia vengono usati principalmente i chiari, in quanto risultano molto più digeribili. Il sorgo è meno suscettibile agli attacchi fungini e, di conseguenza, anche alla contaminazione da micotossine.

Per sostituire il silomais con il sorgo bisogna considerare che il primo apporta amido e pdNDF in rapporto 1:1 e, dunque, bisogna scegliere dei sorghi con caratteristiche simili di amido e di fibra degradabile per poter ottenere gli stessi risultati. I sorghi BMR sono quelli con la più elevata digeribilità (più del 50% rispetto ai sorghi comuni da foraggio) grazie al loro basso contenuto di lignina e con un elevato tenore di proteine e carboidrati non strutturali.

I risultati della sostituzione del silosorgo al silomais sono stati descritti da Lanzas *et al.* nel 2007, nei quali si è verificato che la produzione di latte di bovine alimentate con silosorgo non risulta differente dalla quantità prodotta da bovine alimentate a silomais. Oltre alla quantità di latte prodotta, non sono stati alterati nemmeno i valori di grasso e di proteina nel latte (tabella 4).

		Silomais	Silosorgo	ES	P
Latte	kg/d	32,6	33,1	0,45	ns
Grasso	%	4,16	4,16	0,05	ns
Proteine	%	3,42	3,40	0,02	ns
Lattosio	%	5,10	5,10	0,01	ns
Caseina	%	2,69	2,67	0,01	ns
Urea	mg/dL	19,9	21,5	0,21	P<0,001

Tabella 4 Risultati sostituzione silomais con silosorgo
Fonte: Lanzas *et al.*, 2007

Il sorgo, dunque, può sostituire il mais senza particolari inconvenienti purché la razione sia equilibrata in termini di amido fermentescibile e di fibra degradabile. È importante anche porre attenzione alla tecnica di molitura per evitare una granulometria difforme ed eccessiva e l'utilizzo di trattamenti termici per elevare o standardizzare la digeribilità dell'amido del sorgo. In conclusione, gli allevatori possono sostituire l'insilato di mais con quello di sorgo, dal momento che la moderna genetica ha permesso la commercializzazione di varietà di sorghi molto performanti per l'alimentazione delle bovine per la produzione di latte.

5 CONCLUSIONI

Dall'analisi bibliografica delle fonti, si è potuto verificare che animali alimentati con diete differenti producono latte di diversa qualità, quantità e con un profilo dei macronutrienti differente. Questa diversa composizione del latte ha un impatto notevole nel settore caseario, soprattutto in termini di produzione di qualità del prodotto ottenuto. Come verificato, il macronutriente che maggiormente influisce sulla resa e sulla quantità di formaggio ottenuta è la caseina, una proteina che nel latte si trova in forma colloidale. La massima resa casearia e la massima produzione si ottiene con il latte più ricco di caseina, mentre la quantità di grasso influisce meno sulla trasformazione in formaggio.

La quantità di caseina massima si ottiene con diete ad alta quota energetica, purché essa non sia di natura lipidica, e bilanciate sia in termini di proteine sia in termini di digeribilità. La quantità, ma soprattutto la qualità del foraggio risulta fondamentale in termini di benessere, salute e produzione delle bovine. È stato verificato che grandi quantità di amido portano ad una maggior disponibilità di nutrienti nella ghiandola mammaria e al minor utilizzo di amminoacidi per la sintesi di glucosio, i quali vengono utilizzati invece per la sintesi proteica del latte. È stato verificato che la maggiore produzione di latte e di caseina si ottiene quando la razione apporta all'intestino una quantità di glucosio pari al 8% della sostanza secca. La parte proteica della razione deve essere di alta qualità e con un'ottimale composizione amminoacidica. È stato verificato che le diete contenenti 16-17% sulla SS di proteine e con un rapporto di lisina/metionina di 3:1 producono la massima quantità di caseina. In conclusione, a patto che la dieta contenga un numero sufficiente di carboidrati ad alta digeribilità, la concentrazione proteica è in grado di massimizzare la resa casearia e la qualità del latte per la trasformazione in Grana Padano DOP e valori ottimali della composizione amminoacidica producono la maggior quantità di latte.

Inoltre, è stata verificata la possibilità di sostituire il più tradizionale insilato di mais, il quale richiede alte risorse irrigue, con insilati di orzo o sorgo. I risultati ottenuti hanno verificato che non vi sono differenze sostanziali nell'utilizzo di questi tre insilati in termini di qualità e quantità di latte né differenze di resa e produzione durante la trasformazione casearia.

Anche la farina di estrazione di soia, che a livello italiano risulta la fonte proteica maggiormente utilizzata, può essere sostituita da fonti alternative, tra le quali la farina di fava e pisello. Questa sostituzione causa una minore produzione di latte ma una migliore resa casearia, ottenendo un latte con una quantità maggiore di caseina e grasso. Inoltre, può essere sostituita utilizzando grandi quantità di insilato di erba medica. In particolare, le bovine alimentate con il 51% di insilato di erba medica, 2,95% di farina di estrazione di soia e 43,3% di pastone di mais producono il 5,06% di latte in più.

In conclusione, la razione giornaliera deve essere di alta qualità, sia in termini energetici sia proteici e amminoacidici. Risulta fondamentale bilanciare i nutrienti perché l'eccessiva somministrazione di macronutrienti provoca effetti indesiderati alla qualità del latte e al benessere animale.

6 BIBLIOGRAFIA

- Auldism M.J., Thomson N.A., Mackle T.R., Hil J.P. e Prosser C.G. 2000 Effects of pasture allowance on the yield and composition of milk from cows of different β -lactoglobulin phenotypes. *Journal Dairy Science*, 83:2069-2074
- Ashes J.R., Gulati S.K. e Scott T.W. 1997 New approaches to changing milk composition. Potential to alter the content and composition of milk fat through nutrition. *Journal Dairy Science*, 80:2204-2212
- Beauchemin K.A., Rode,L.M. e Yang,W.Z. 1997 Effects of non structural carbohydrates and source of cereal grain in high concentrate diets of dairy cows. *Journal Dairy Science*, 80:1640-1650
- Borreani G., Ferrero F. e Tabacco E. 2019 Come ridurre il contenuto di spore nel latte. *Grana Padano Insieme* 01 GEN/MAR 2019
- Borreani G., Tabacco E., Gallo A., Masoero F. e Stroppa A. 2015 Gestire gli insilati aziendali di mais per la filiera di Grana Padano DOP. Consorzio Tutela Grana Padano <http://www.granapadano.it>
- Brito A.F. e Broderick G.A. 2006 Effects of different protein supplements on milk production and nutrient utilization in lactating dairy cows. *Journal Dairy Science* 2006-558
- Colombini S. 2015 Concentrati Le materie prime alternative. *Informatore Zootecnico* n.7/2015: 32-35
- Formigoni A. e Biagi G. 2007 Is there a feeding strategy to increase milk casein content?. *Journal of Animal Science* Vol 6, 231-234, 2007
- Fusaro, Brogna N., Palmonari A., Biagi G., Sniffen C.J. e Formigoni A. 2008 Effects of genetics and water management on corn plant NDF digestibility. *Journal Dairy Science*, 2008, 86, pp. 271 – 271
- Lanzas C., Fox D.G. e Pell A.N. 2007 Digestion kinetics of dried cereal grains. *Animal Feed Science and Technology: Volume 136*, 265-280

- Migliorati L., Boselli L., Pirlo G., Moschini M. e Masoero F.. 2017 Corn silage replacement with barley silage in dairy cows' diet does not change milk quality, cheese quality and yield. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2017; 97:3396-3401
- Mordenti A.L., Merendi F., Fustini M. e Formigoni A.. 2007 Effects of different protein plants in cows diet on milk for Parmigiano Reggiano production. *Journal Dairy Science* 6(suppl. 1):463-465
- National Research Council. 2001 Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition, 2001
- Parodi P.W.. 1999 Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *Journal Dairy Science*, 82:1339-1349
- Powell R.L.e Norman H.D., 1983 The effect of certain characteristics of milk on its rennetability and on the rate of syneresis. *Journal Dairy Sci* 66:148-154
- Recktenwald E.B.. 2006 Examining nitrogen efficiency in lactating dairy cattle using corn silage based diets. *Proceedings Cornell Nutrition Conference*: 205-217
- Rulquin H., Rigout S., Lemosquet S. e Bach A.. 2004 Infusion of glucose directs circulating amino acids to the mammary gland in well-fed dairy cows. *Journal Dairy Science* 87:340-349
- Stefanon B., Summer A. e Mariani P.. 2002. Fattori alimentari, condizioni di allevamento e qualità del latte bovino. Intervento presentato al convegno 1° Congresso Nazionale Mastitis Council Italia tenutosi a Reggio Emilia nel 19-20 settembre. pp. 141-171
- Summe A., Malacarne M., Sandri S., Formaggioni P., Mariani P. e Franceschi P.. 2012 Effects of somatic cell count on the gross composition, protein fractions and mineral content of individual ewe's milk. *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(97), pp. 16377-16381, 4 December 2012

7 SITOGRAFIA

Attitudine casearia del latte, 2022 www.intermizoo.it/

Disciplinare di produzione Grana Padano DOP www.granapadano.it

Insilato, 2022 www.wikipedia.org

Italia: prezzi del latte, 2022 www.clal.it

Regio decreto 9 maggio 1929 n. 994. Art. 15, 1929 www.ispettorisanitari.it