



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

SCUOLA DI DOTTORATO in
**RIPRODUZIONE, PRODUZIONE, BENESSERE ANIMALE E SICUREZZA DEGLI
ALIMENTI DI ORIGINE ANIMALE
(XXIV CICLO)**

Direttore Prof. Giovanni Garippa

Indirizzo

Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale

(Coordinatore: Prof. Basilio Floris)

DIFFERENZE NEL PROFILO LIPIDICO DEL LATTE DI CAPRE DI RAZZA SARDA E MALTESE

Docente Guida

Chiar.mo Prof. Enrico De Santis

Direttore

Prof. Giovanni Garippa

Tesi di dottorato di

Dr.ssa Daniela Pittau

ANNO ACCADEMICO 2010 – 2011

INDICE

INDICE	2
PREMESSA	4
INTRODUZIONE.....	6
ORIGINE DEI LIPIDI DEL LATTE	9
Lipidi negli alimenti dei ruminanti	9
Metabolismo ruminale.....	12
Metabolismo post-ruminale.....	21
Sintesi dei lipidi del latte	24
PROFILO QUALITATIVO E QUANTITATIVO DEGLI ACIDI GRASSI NEL LATTE DEI RUMINANTI.....	29
FATTORI CHE INFLUENZANO LA COMPOSIZIONE LIPIDICA NEL LATTE	35
Alimentazione.....	35
Stadio di lattazione	38
Genetica	39
Razza	41
SCOPO DEL LAVORO.....	45
MATERIALI E METODI.....	46
Piano sperimentale della ricerca	46
Fase di ottimizzazione dei protocolli d'analisi dei lipidi del latte	46
• Protocollo di analisi dei lipidi del latte in HPLC e GC-MS.....	47
• Protocollo di analisi dei lipidi del latte con GC-FID.....	49
Fase di organizzazione degli allevamenti e campionamenti	51
Animali.....	51
Allevamenti.....	52
Gruppi sperimentali	53
Effettuazione dei campionamenti.....	54
Fase di applicazione dei protocolli d'analisi	56
Analisi statistica	58

RISULTATI ANALISI DEI LIPIDI IN HPLC E GC-MS	60
RISULTATI ANALISI DEI LIPIDI IN GC-FID.....	72
DISCUSSIONE	88
CONCLUSIONI	93
ABBREVIAZIONI.....	95
BIBLIOGRAFIA	96

PREMESSA

L'evoluzione dell'allevamento della capra nel mondo e il suo ruolo nello sviluppo agricolo e nella nutrizione umana è stata la scopo di ricerche di studio effettuate negli ultimi anni al fine di fornire stimolo e sostegno per un ulteriore miglioramento soprattutto nei paesi in via di sviluppo (Glimp e Fitzhugh, 1977; CAST, 1982; King, 1988, IDF, 2000, 2005). L'attenzione si è concentrata sul contributo e sulle potenzialità della capra da latte (Sands e McDowell, 1978; Haenlein e Sherman, 2004; Boyazoglu, 2005). L'importanza della capra e del suo allevamento nel fornire sostentamento alimentare ed economico alle fasce più deboli della società è ampiamente riconosciuta nei paesi in via di sviluppo. La specie caprina ha una spiccata versatilità nell'adattamento a diverse condizioni climatiche dell'ambiente e nella resistenza a situazioni estreme della natura. In Sardegna, l'allevamento caprino è caratteristico di molte aree marginalizzate, come le zone montuose, dove la macchia mediterranea è la vegetazione predominante. Nella nostra regione l'allevamento della capra è tipicamente di tipo estensivo, semibrado, con ricovero degli animali soprattutto nella stagione invernale. Nella stagione primaverile, generalmente, le capre vengono lasciate al pascolo brado e soltanto durante il periodo dei parti ricevono un'integrazione di fieno e concentrati. Oggi l'allevamento caprino desta molta attenzione, solo in Europa si contano circa 13 milioni di capi, e l'Italia ne possiede circa il 7% (EUROSTAT, 2010). Attualmente in Italia son presenti circa 823.600 capi, di cui il 25% in Sardegna (ISTAT 2010). Gli allevamenti presenti nell'isola sono un patrimonio consistente che sostiene spesso un'industria di trasformazione orientata verso la produzione di formaggi, capaci di soddisfare le richieste di un mercato sempre più interessato a valutare i contenuti salutistici, dietetici e di tolleranza alimentare dei prodotti a base di latte di capra. Il rinnovato

interesse per le caratteristiche salutari del latte di capra ha indirizzato la presente ricerca verso un approfondimento dello studio delle sue componenti nutrizionali e a valutare le possibili differenze qualitative delle due razze maggiormente allevate nel territorio sardo, la Sarda e la Maltese, la prima tipica del territorio isolano, dotata di una buona rusticità e capace di utilizzare al meglio le scarse risorse foraggiere e le ridotte disponibilità di acqua soprattutto nei mesi estivi, la seconda largamente diffusa nel bacino mediterraneo e caratterizzata da una buona attitudine lattifera.

Nel presente lavoro è stato approfondito lo studio sulla composizione in acidi grassi del latte di capra, valutando l'impatto della razza sul profilo lipidico del latte di capre di differente razza allevate nelle medesime condizioni.

INTRODUZIONE

Il latte di capra presenta caratteristiche qualitative e nutrizionali di rilevante interesse sia sotto l'aspetto nutrizionale che di composizione. Il latte di capra è stato ampiamente consigliato per il consumo diretto, soprattutto per categorie "sensibili" di consumatori che presentano ad esempio intolleranza alle proteine del latte vaccino. Date le ben note proprietà ipoallergeniche il latte di capra può essere utilizzato come alternativa al latte vaccino nei casi di allergia (Park, 1994; Freund, 2000; Haenlein, 2004). Tuttavia, i benefici terapeutici variano a seconda del grado di severità delle allergie. Alcuni studi hanno rivelato allergenicità anche in seguito all'utilizzo di latte di capra, pertanto il beneficio sarebbe ridotto solo a circa il 60% dei casi (El-Agamy, 2007).

La composizione chimico-fisica del latte di capra è differente rispetto a quella delle altre specie zootecniche ad attitudine lattifera. La frazione lipidica del latte di capra si distingue per la minor dimensione dei globuli di grasso rispetto a quelli della specie bovina (Attaie e Richter, 2000) e un maggior contenuto in Acidi Grassi a Corta e Media Catena (SMCFA). Questo permette di avere una maggiore superficie esposta, favorire la lipolisi, rendendo il latte di capra più facilmente digeribile (Chilliard, 2003; Haenlein, 2004). Per contro, questa peculiarità comporta maggiori problemi nella caseificazione dal momento che i globuli di grasso vengono inglobati meno facilmente all'interno del reticolo caseinico, ottenendo rese inferiori e una più rapida maturazione del formaggio (Park, 2007).

La composizione chimica e il valore nutritivo del latte di capra è influenzato da vari fattori. L'azione delle lipasi nel latte di capra è particolarmente importante per la produzione di Acidi Grassi Liberi (FFA). Il minor volume dei globuli di grasso del latte di

capra favorisce l'azione delle lipasi e la produzione di Acidi Grassi a Corta e Media Catena (SMCFA), più suscettibili rispetto a quelli a Lunga Catena (LCFA) all'azione di questi enzimi (Matsushita, 2007; Pandya and Ghodke, 2007; Strzałkowska, 2009). L'azione delle lipasi è influenzata da vari fattori quali lo stadio di lattazione, lo stato di salute della ghiandola mammaria, la nutrizione, lo stato generale dell'animale, le caratteristiche genetiche della razza di appartenenza e può avvenire già dalle prime fasi dopo la raccolta del latte (Grousclaude, 1994; Pizzillo, 2005). Gli FFA a media e corta catena sono rilasciati per azione di lipasi differenti, endogene o esogene di natura microbica (Grousclaude, 1994; Pizzillo, 2005), e potrebbero essere la causa della formazione dell'aroma ircino, un sapore particolare, spesso considerato come indesiderato (Mallatou, 2003). Secondo Eknes et al. (2009) quando i livelli di concentrazione di Acidi Grassi Liberi (FFA) del latte superano le 2.0 mmol/l, il caratteristico aroma caprino diventa più intenso e il latte inaccettabile per il consumatore.

Gli acidi grassi maggiormente abbondanti nel latte di capra sono l'acido palmitico (16:0), l'acido miristico (14:0) e l'acido caprinico (10:0) tra gli Acidi Grassi Saturi (SFA), mentre l'acido oleico (18:1 n-9) risulta il più concentrato tra gli Insaturi (UFA) (Zan, 2006). In particolare, gli acidi grassi più caratteristici del latte dei ruminanti sono l'acido butirrico (4:0) e il caproico (6:0), volatili, solubili in acqua, che rappresentano circa il 5% del totale (Ceballos, 2009). Gli acidi grassi con catena carboniosa a numero dispari sono presenti solo in tracce. Anche la presenza degli SCFA favorisce la digestione del latte di capra. Infatti gli SCFA non seguono la via metabolica tipica degli acidi grassi con maggior numero di atomi di carbonio, che prevede il loro preventivo rilascio nel circolo linfatico sotto forma di aggregati lipoproteici (chilomicroni), ma

sono assorbiti direttamente dalla mucosa intestinale e da qui veicolati al fegato.

Un ruolo di primaria importanza è stato attribuito all'acido butirrico (4:0), cui alcuni studi riconoscono un ruolo protettivo della mucosa del colon (Ballarini, 1998; Russo, 1999; Parodi, 1999). Gli Acidi Grassi a Media Catena (MCFA) assolvono, invece, principalmente funzioni metaboliche ed energetiche, anche se all'acido laurico (12:0), miristico (14:0) e palmitico (16:0) è stato attribuito un effetto ipercolesterolemico, dovuto all'aumento del colesterolo LDL. L'acido laurico (12:0) e palmitico (16:0) sono considerati a media nocività per la salute umana, a differenza del miristico 14:0, considerato il peggiore di tutti per la sua nocività (Ulbricht, 1991). L'acido stearico (18:0), anch'esso abbondante nel latte di capra, al contrario sembra essere neutrale e non avere un effetto aterogenico, nonostante la sua natura di Acido Grasso Saturo (Mensink, 1998).

ORIGINE DEI LIPIDI DEL LATTE

I lipidi del latte possono avere diverse origini: parte degli acidi grassi ingeriti con l'alimentazione raggiunge la ghiandola mammaria senza subire modifiche; un'altra parte arriva al rumine dove subisce modifiche da parte della flora microbica o viene sottoposto al metabolismo dell'animale; un'altra parte ancora è sintetizzata *de novo* nella ghiandola mammaria. La sintesi *de novo* è limitata agli acidi grassi con una lunghezza della catena fino a 16 atomi di carbonio. Infine, il grasso del latte può contenere gli acidi grassi mobilitati dalle riserve del corpo. La frazione lipidica del latte può contenere quindi Acidi Grassi a Corta Catena (C4-C10, SCFA), a Media Catena (C12-C14, MCFA) e a Lunga Catena (> C16, LCFA). Inoltre gli acidi grassi del latte possono essere privi di doppi legami (Saturi, SFA), o presentare uno (monoinsaturi o MUFA) o più doppi legami (polinsaturi o PUFA).

LIPIDI NEGLI ALIMENTI DEI RUMINANTI

La maggior parte dei nutrienti utilizzati dai ruminanti sono di origine vegetale. Le piante e le loro parti svolgono un ruolo fondamentale nell'approvvigionamento delle sostanze nutritive (Elgersma, 2006). La frazione lipidica presente nell'erba e nelle foglie presenta valori compresi tra 30 e 100 g/kg di sostanza secca, gran parte contenuto nei cloroplasti (Bauchart, 1984). Differenze nel profilo lipidico sono da attribuire alla specie vegetale, allo stato di crescita della pianta, alla temperatura e all'intensità della luce (Hawke, 1973), ma i principali acidi grassi presenti nell'erba sono l'acido linoleico, l' α -linolenico e il palmitico che costituiscono approssimativamente il 95% del totale (Hawke, 1973). L'erba fresca contiene inoltre un'elevata percentuale di acido α -linolenico (50%-75%) del contenuto totale di acidi grassi. Le concentrazioni di acido α -

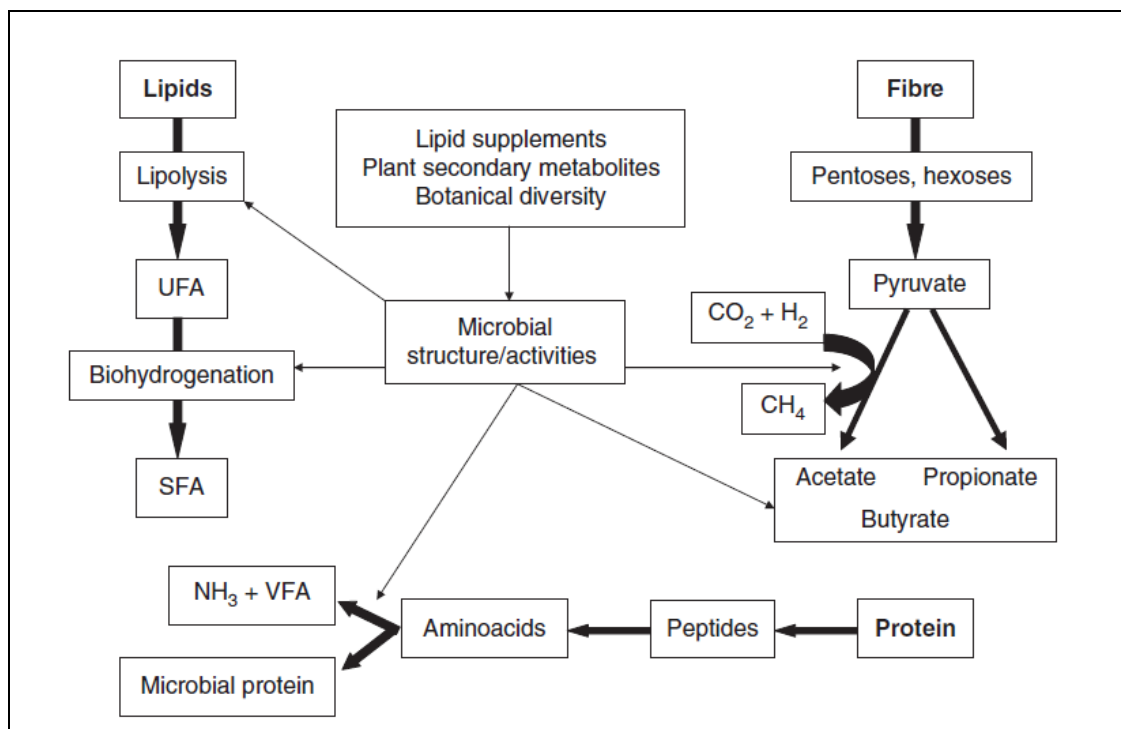
linolenico possono variare secondo il tipo di pianta, lo stadio di maturazione, le differenze genetiche (Elgersma, 2003 a, b) e per fattori ambientali come le variazioni stagionali e di luce (Dewhurst and King, 1998). È stato osservato come somministrando alle vacche differenti coltivazioni di piante a diversa concentrazione di acido α -linolenico si determini un lineare incremento della produzione di CLA nel latte (Elgersma, 2003a). Differenti strategie possono essere elaborate in base a questi criteri per incrementare acidi grassi ad azione benefica nei prodotti alimentari originati dai ruminanti.

I lipidi delle piante non sono comunque delle entità statiche, ma continuamente soggette a degradazione lipidica, come normale processo della vita della pianta, e all'azione delle lipasi presenti. Infatti il primo stadio di lipolisi degli alimenti dei ruminanti non avviene ad opera dei microrganismi ruminali, ma ad opera delle lipasi vegetali (Lee, 2003 a, b). L'entità di attività delle lipasi vegetali può variare in condizioni particolari di stress, come temperature elevate, carenza di ossigeno, situazioni presenti in seguito all'ingestione da parte dei ruminanti (Elgersma, 2006).

Nonostante l'attività microbica ruminale, con un incremento dell'apporto alimentare di PUFA aumenta anche il contenuto di PUFA della carne e del latte dei ruminanti (Dewhurst, 2006; Scollan, 2006). Diverse strategie nutrizionali sono state utilizzate, come l'alimentazione con foraggio, la fornitura di oli vegetali o di semi oleosi, prodotti del mare o fonti di grassi protetti. Additivi antimicrobici nei mangimi (ad es. monensin) possono influenzare la composizione della flora microbica ruminale. In effetti, le strategie alimentari che coinvolgono la composizione in FA della dieta spesso modificano le reazioni di bioidrogenazione batterica. Gli UFA hanno un effetto antimicrobico più forte rispetto a quelli saturi (Harfoot e Hazlewood, 1997) e diversi

PUFA hanno riportato una differente tossicità nei confronti dei microrganismi del ruminale (Maia, 2007; Zhang, 2008). Pertanto, un'integrazione di lipidi alimentari può portare a un cambiamento nella popolazione microbica ruminale. Una qualsiasi strategia alimentare per essere utile, non deve compromettere la fermentazione ruminale e, contemporaneamente, l'apporto di sostanza secca e la produzione e/o le prestazioni dell'animale. Spesso, gli studi riportano gli effetti di diverse strategie nutrizionali sul metabolismo lipidico, ma nessuna informazione è stata finora trovata per modificare con una particolare strategia l'intero processo ruminale (Figura 1).

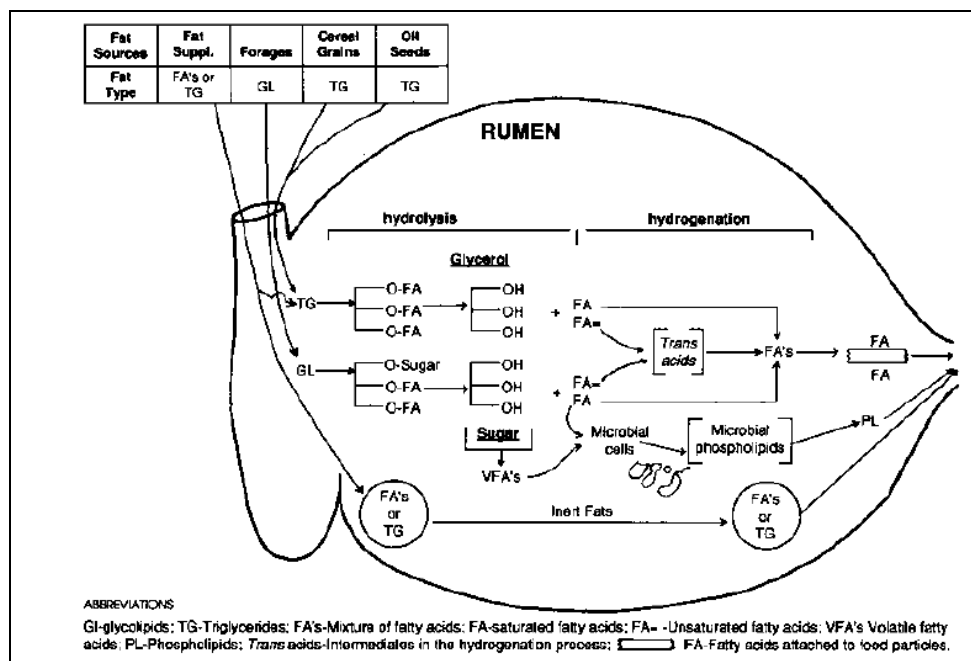
Figura 1 - Vie metaboliche degli alimenti e interazioni con i microrganismi ruminanti UFA = unsaturated fatty acid; SFA = saturated fatty acid; VFA = volatile fatty acid (Lourenco M, 2010).



METABOLISMO RUMINALE

Nei ruminanti gli stadi iniziali della digestione lipidica sono più complessi rispetto ai non ruminanti. Prima che il digesto raggiunga l'intestino avviene un intenso metabolismo lipidico che ha un importante impatto sulla disponibilità degli acidi grassi destinati ad essere utilizzati da tessuti e organi dell'animale. Nel rumine è presente un ampio gruppo di microrganismi che ottengono l'energia per la loro crescita sotto forma di ATP dalla fermentazione degli zuccheri (Figura 1). In questo ambiente anaerobico, i prodotti principali delle vie metaboliche che generano ATP sono Acidi Grassi Volatili (VFA), come acetato, propionato e butirrato, e altri prodotti sotto forma di gas, come CO₂ e CH₄ (Russell e Wallace, 1997). Gli studi sul metabolismo lipidico ruminale hanno evidenziato i due principali processi cui sono sottoposti i lipidi della dieta a contatto con le popolazioni microbiche: la lipolisi e la bioidrogenazione (Harfoot, 1978; Jenkins, 1993) (Figura 2).

Figura 2 - Processi metabolici del rumine (Bauman, 2003).



Lipolisi

La *lipolisi* comporta il rilascio di acidi grassi dagli esteri contenuti nella frazione lipidica della razione consentendo così la successiva bioidrogenazione, cioè la riduzione del numero di doppi legami presenti lungo la catena carboniosa. Gli acidi grassi assorbiti dal rumine o catabolizzati ad Acidi Grassi Volatili (VFA) e anidride carbonica, sono in quantità minime. I lipidi che raggiungono il duodeno sono composti da acidi grassi sia di origine alimentare che microbica, poiché i microrganismi possono sintetizzare acidi grassi *ex-novo* a partire dai carboidrati. I microrganismi ruminali sono capaci di sintetizzare i propri acidi grassi, perciò la loro presenza nel rumine è molto varia (Garton, 1977).

Gli esteri lipidici contenuti nell'alimento sono idrolizzati dalle lipasi microbiche ruminali, che causano il rilascio degli acidi grassi costitutivi (Jenkins 1993). Tra i vari microrganismi ruminali, i batteri sono considerati la specie maggiormente attiva nel processo di Lipolisi. Tra le specie batteriche più attive in grado di utilizzare triacilglicerolo come substrato è stata osservata *Anaerovibrio lipolytica* (Hobson e Mann, 1961; Henderson, 1968). La sua attività di lipasi è stata studiata in dettaglio con i metodi disponibili dal 1970 (Henderson, 1971; Henderson e Hodgkiss, 1973). *Anaerovibrio lipolytica* presenta un'esterasi di membrana ed una lipasi (Harfoot, 1978). La lipasi idrolizza completamente i trigliceridi ad acidi grassi liberi (FFA) e glicerolo, con piccoli accumuli di mono e di gliceridi (Harfoot, 1978). Il glicerolo viene quindi fermentato rapidamente ad acido propionico. L'attività esterasica è di entità inferiore (Fay, 1990). L'attività di *A. lipolytica* potrebbe essere dominante nel rumine di animali che ricevono principalmente un'alimentazione a base di concentrati e oli vegetali, dove i lipidi più abbondanti sono sotto forma di trigliceridi e prevale l'attività della lipasi

microbica (Dawson, 1977). *A. lipolytica*, però, non è capace di idrolizzare i galattolipidi e fosfolipidi (Henderson, 1971), maggiormente abbondanti nel foraggio consumato dagli animali al pascolo (Harfoot, 1981). Fosfolipidi e galattolipidi sembrano essere idrolizzati dalla specie *Butyrivibrio* e affini (Hazlewood e Dawson, 1975 e 1979), che, invece, non riesce a rompere il legame estere dei trigliceridi. La spp. *Butyrivibrio* sembra possedere tutti gli enzimi tipicamente attivi nel rumine a contenuto misto: fosfolipasi A, fosfolipasi C, lisofosfolipasi e fosfodiesterasi (Harfoot e Hazlewood, 1997). Il *Butyrivibrio* spp. possiede anche la capacità di bio-idrogenare gli UFA (Harfoot e Hazlewood, 1997). In particolare, poiché il *Butyrivibrio* S2 è un organismo auxotrofo per gli acidi grassi, necessita della lipasi per crescere e utilizza il processo di bioidrogenazione per contrastare l'effetto tossico correlato dai PUFA non esterificati rilasciati dalla lipasi (Maia, 2007). I batteri con attività esterasica non sono necessariamente capaci di idrolizzare gli esteri lipidici. Hespell and O'Bryan-Shah (Hespell, 1988) hanno trovato un'ampia varietà di batteri con attività esterasica, inclusi 30 ceppi di *B. fibrisolvens*, ma solo pochi sono in grado di idrolizzare gli Acidi Grassi a Lunga Catena (LCFA).

I tessuti del foraggio consumato dagli animali al pascolo sono comunque ricchi di galattolipasi e fosfolipasi proprie, che rimangono attive nel rumine dopo essere state ingerite fino a 5 ore, che contribuiscono all'attività degli enzimi batterici (Omar Faruque, 1974). Ciò è stato confermato anche da recenti studi, dove è stata osservata un'efficace attività (fino al 60%) delle lipasi presenti nelle piante persino dopo 8 ore di incubazione del tessuto vegetale (Lee, 2002; Van Ranst, 2009). Nel processo lipolitico deve essere ancora approfondito anche il possibile ruolo dei protozoi presenti a livello ruminale (Devillard, 2006; Yàñez-Ruiz, 2006). Sono state identificate inoltre molte

sequenze geniche presenti nel contenuto ruminale che codificano per enzimi con attività esterasica con preferenza per i PUFA a catena lunga, alcuni espresse nel genoma di *Escherichia coli* (Liu, 2009).

L'entità dell'idrolisi è generalmente elevata, ma può essere diminuita o rallentata, quando il livello di grassi alimentari è elevato (Beam, 2000) o in presenza di un basso pH ruminale o di ionofori, che inibiscono l'attività e la crescita batterica (Van Nevel e Demeyer, 1995, 1996 b; Demeyer e Doreau, 1999).

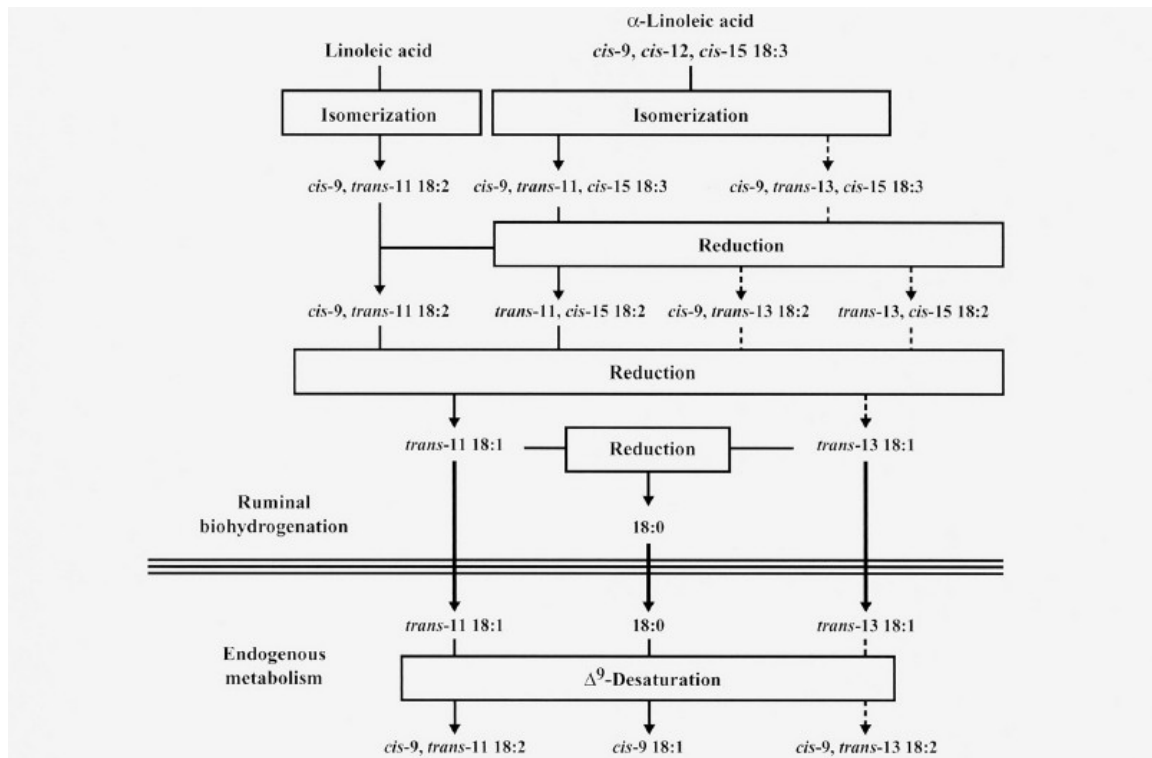
Bioidrogenazione

Successivamente interviene il processo di *bioidrogenazione*, per cui gli Acidi Grassi Insaturi (UFA) liberi nel contenuto ruminale sono rapidamente idrogenati alla forma satura da parte dei microrganismi. I principali substrati sono l'acido linoleico (LA, *cis9,cis12-18:2*) e l' α -linolenico (ALA, *cis9,cis12,cis15-18:3*), idrogenati nella misura del 70-95% e 85-100% rispettivamente (Doreau e Ferlay, 1994; Beam, 2000) (Figura 3). ALA è l'acido grasso più abbondante nei glicolipidi e fosfolipidi dell'erba e di altri foraggi, mentre LA, sotto forma di trigliceridi, è prevalente negli animali alimentati con concentrati e altri integratori lipidici.

Il metabolismo dell'acido linoleico nel rumine comporta la formazione transitoria del CLA, soprattutto *cis9,trans11-18:2* o acido rumenico (RA), che viene prima convertito in acido vaccenico (*trans11-18:1*), e infine in acido stearico (18:0). L'acido α -linolenico è metabolizzato in modo simile, anche se, la presenza di tre doppi legami da ridurre rende il percorso leggermente più complicato (Harfoot Hazlewood, 1997; Jenkins, 2008). Il principale 18:3 intermedio derivato dall'isomerizzazione dell'acido α -linolenico nel digesto ruminale misto è il triene coniugato, *cis9,trans11,cis15-18:3* (Wąsowska, 2006), una delle possibili conformazioni proposta anche da Wilde e

Dawson (1966). Altri prodotti intermedi individuati sono gli acidi grassi *trans9,trans11,cis15-18:3* e il *trans11,cis15-18:2*. Anche i trieni coniugati possono avere implicazioni altrettanto importanti per la salute umana quanto il CLA (Tsuzuki, 2004), anche se sono stati fatti meno lavori sugli acidi grassi C18 trienoici rispetto ai C18 dienoici. Solitamente il *cis9,trans11-18:2* è l'isomero del CLA predominante trovato nel rumine e nel latte, ma sono presenti molti altri, come il *trans9,trans11-18:2* solitamente più abbondante (Shingfield, 2003; Palmquist, 2005; Chilliard, 2007). Un altro importante isomero intermedio è il *trans10,cis12*, che può originare da un'alimentazione con alto contenuto in amido o una supplementazione di olio di pesce o vegetale (Bauman e Griinari, 2001; Shingfield e Griinari, 2007). Alte concentrazioni di *trans10-18:1* nel digesto si riflettono nel contenuto in acidi grassi che arriva ai tessuti dell'animale (Offer, 2001; Daniel, 2004; Shingfield e Griinari, 2007). In queste circostanze, si verifica una depressione del grasso del latte, con altre conseguenze per l'animale, compresa la minore assunzione e la diminuzione della digestione delle fibre (Bauman e Griinari, 2001). Esperimenti di infusione post-ruminale hanno indicato che il *trans10,cis12-18:2* esercita effetti anti-lipogenici nella vacca in lattazione (Baumgard, 2000; Sæbø, 2005; Lock, 2006). Recenti studi hanno suggerito che la riduzione della lipogenesi mammaria potrebbe essere operata dal *trans10-18:1* piuttosto che dal *trans10,cis12-CLA* (Shingfield, 2009). Ci sono, inoltre, altri percorsi possibili del metabolismo dell'acido linoleico, compresa l'idratazione e l'allungamento o l'accorciamento della catena, che possono aumentare di importanza a seconda della dieta. Capire il ruolo delle diverse specie microbiche diventa indispensabile per lo studio della dinamica del metabolismo degli FA.

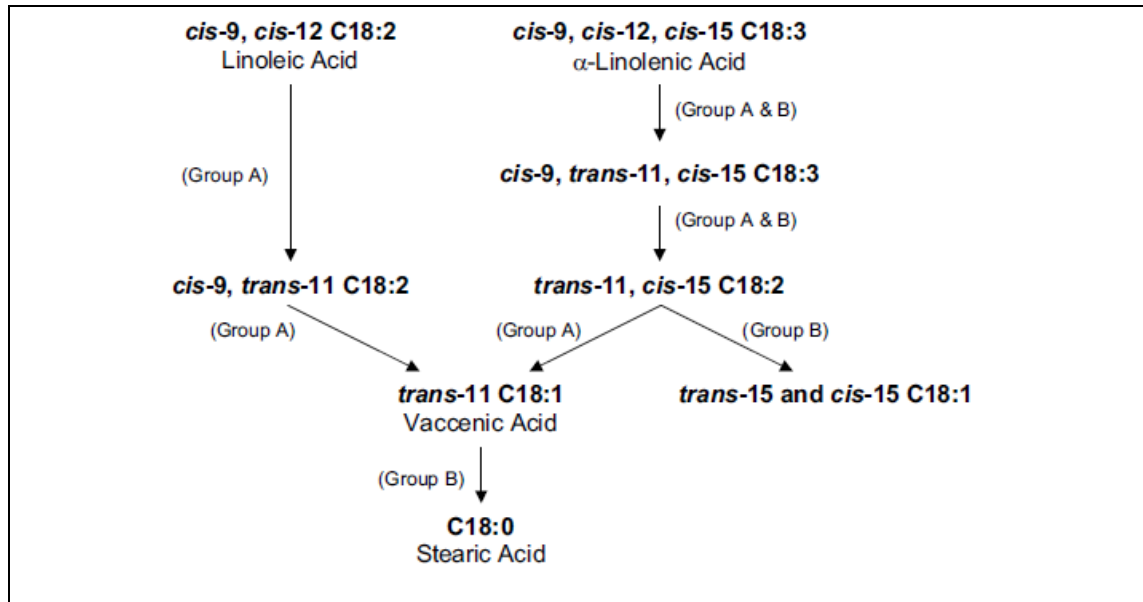
Figura 3 - Bioidrogenazione (Destailats, 2005)



I batteri coinvolti nella bioidrogenazione ruminale sono stati classificati da Harfoot and Hazlewood (1997) in due gruppi, A e B, in base al loro percorso metabolico (Kemp e Lander, 1984). I batteri del gruppo A possono idrogenare l'acido linoleico e l'acido α-linolenico principalmente ad acido vaccenico, ma sembra non siano capaci di idrogenare ulteriormente gli acidi grassi a 18 atomi di carbonio, mentre i batteri del gruppo B hanno questa capacità e possono idrogenare anche il *cis*-9-18:1 (acido oleico) e il *trans*-11-18:1 (acido vaccenico), producendo come molecola finale l'acido stearico (18:0). I batteri appartenenti al gruppo A sono: *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus albus*, *Eubacterium* sp., *Treponema* (spirocheta ruminale) e alcuni batteri Gram-negativi. Tra i batteri isolati appartenenti al gruppo B sono conosciuti solo tre: due specie di *Fusocillus* e un Gram-negativo (Harfoot and Hazlewood, 1997). Per ottenere la completa bioidrogenazione di Acidi Grassi Polinsaturi (PUFA), sono generalmente necessari entrambi i gruppi.

La Figura 4 illustra le principali vie di bioidrogenazione degli Acidi Grassi Insaturi con le relative azioni dei batteri dei gruppi A e B.

Figura 4 - Gruppi batterici che intervengono nei passaggi biochimici per la bioidrogenazione degli acidi linoleico e linolenico nel rumine (da Harfoot and Hazlewood, 1997).



Questo meccanismo caratteristico del rumine spiega perché un incremento dei PUFA forniti con l'alimentazione causa un contemporaneo aumento della concentrazione ruminale di Acidi Grassi Monoinsaturi e una riduzione della concentrazione degli UFA (Noble, 1974; Fellner, 1995).

Generalmente all'aumentare del grado d'insaturazione degli acidi grassi corrisponde un incremento della velocità di bioidrogenazione ruminale. In diete ad alto contenuto di concentrati, il livello di idrogenazione è ridotto e ciò può essere attribuito ai bassi valori di pH che inibiscono la lipolisi (Van Nevel e Demeyer, 1995, 1996). Il tasso di idrogenazione è ridotto anche in presenza di un quantitativo eccessivo di lipidi non protetti nella dieta. Non è chiaro come questi ultimi interferiscano con la fermentazione microbica, ma si ritiene sia il risultato dell'aderenza alle particelle alimentari o di un effetto tossico diretto sui microrganismi ruminanti (Jenkins, 1993).

E' possibile influenzare i differenti passaggi del processo di bioidrogenazione. Ad esempio, gli integratori dietetici a base di olio di pesce sembrano inibire l'ultimo passaggio della bioidrogenazione perché aumentano il deflusso ruminale degli acidi grassi *trans*-18:1 e riducono il passaggio a 18:0 (Wachira, 2000; Shingfield, 2003). Dunque, gli integratori contenenti olio di pesce interferirebbero soprattutto con i batteri del gruppo B. Allo stesso modo, le diete che determinano un basso pH ruminale e la somministrazione di ionofori, inibiscono la fase finale della bioidrogenazione con conseguente accumulo di acidi grassi *trans*-18:1. Tuttavia, l'entità dell'inibizione della bioidrogenazione è decisamente inferiore rispetto all'inibizione dell'idrolisi (Van Nevel e Demeyer, 1995, 1996b). Due intermedi chiave della bioidrogenazione ruminale sono il *trans*11-18:1 (acido vaccenico, VA), derivato dagli acidi linoleico e linolenico, e il *cis*9,*trans*11-CD18:2 (acido linoleico coniugato, CLA), costituitosi per bioidrogenazione dell'acido linoleico. Questi intermedi sono presenti in quantità apprezzabili nel grasso del latte dei ruminanti, con un rapporto finale di circa 3:1. Nel rumine inizialmente si accumula principalmente il VA, mentre il CLA-*cis*9,*trans*11 è solo transitorio. L'acido vaccenico di origine ruminale, dopo assorbimento, rappresenta il substrato da cui avrà origine la maggior parte del CLA-*cis*9,*trans*11 presente nel grasso del latte dei ruminanti. Il CLA-*cis*9,*trans*11 del latte ha infatti origine dal VA nella ghiandola mammaria e nel tessuto adiposo, in seguito alla desaturazione operata dall'enzima Δ 9-desaturasi (Bauman, 2003).

I processi di bioidrogenazione ruminale sono tuttavia complessi e possono portare alla formazione di numerosi altri prodotti intermedi, oltre al *trans*11-18:1 e il *cis*9,*trans*11-CLA. Da tale processo possono derivare altri isomeri *trans* del 18:1 e del CLA. Chiaramente, molti intermedi che si formano per bioidrogenazione ruminale dei PUFA,

vengono assorbiti e incorporati nel grasso dei ruminanti. Alcuni degli isomeri possono formarsi per migrazione del legame chimico (Griinari e Bauman, 1999) e una quota di isomeri *trans* del 18:1 può originare dall'acido oleico (*cis*9-18:1) (Mosley, 2002). Anche la dieta e le variazioni nell'ambiente ruminale possono influire sulle vie di bioidrogenazione determinando importanti variazioni negli acidi grassi intermedi. In diete che determinano nel latte un abbassamento del tenore in grasso, è stato osservato un sensibile aumento del *trans*10,*cis*12-CLA e del *trans*10-18:1 contenuto nel liquido ruminale e nel grasso del latte (Bauman e Griinari, 2003).

Demeyer e Doreau (1999) analizzando un pool di dati ottenuti nel corso di cinque prove sperimentali hanno stimato che i batteri possono produrre fino al 17% del totale dei lipidi originatisi nel rumine in un'alimentazione a base di insilato di mais. Kim et al. (2002) hanno identificato un batterio ruminale, il *Megasphaera elsdenii*, che produce notevoli quantità dell'altro importante isomero del CLA, il *trans*10,*cis*12.

La sintesi ex-novo degli acidi grassi da parte dei batteri ruminali conduce prevalentemente alla formazione dello stearico (18:0) e del palmitico (16:0), in un rapporto di 2:1 (Bauchart, 1990). Gli acidi grassi monoinsaturi (MUFA) che costituiscono circa il 15-20% degli acidi microbici, vengono sintetizzati per via anaerobica. Solo i cianobatteri, presenti in piccolissime percentuali, sintetizzano i PUFA; la presenza di questi acidi grassi a livello ruminale è quindi dovuta principalmente all'alimentazione, piuttosto che alla sintesi microbica ex-novo. Data la complessità delle attività ruminali attualmente sono soltanto parzialmente descritte le associazioni tra vie di bioidrogenazione, specifici enzimi e specie batteriche.

Nel rumine gli acidi grassi subiscono importanti reazioni da parte dei microorganismi ivi presenti, per cui gli UFA diventano parzialmente idrogenati e vengono convertiti in

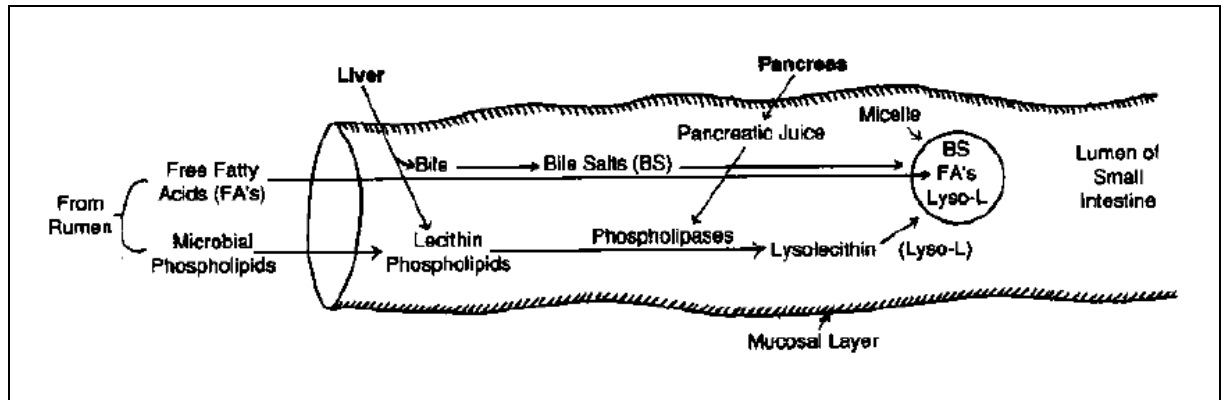
FA intermedi, alcuni dei quali assolvono importanti funzioni metaboliche. Tali intermedi possono essere incorporati e secreti nel latte, con importanti effetti benefici sulla salute umana (Elgersma, 2006). Dopo l'assorbimento, gli acidi grassi vengono ossidati per la produzione di energia. Tuttavia, specifici acidi grassi prodotti nel rumine svolgerebbero anche un ruolo critico come molecole di segnale coinvolte nell'espressione di specifici geni e nella regolazione di processi metabolici (Goodfriend, 1995). Infine, recenti scoperte nel campo degli alimenti funzionali indicano che specifici acidi grassi prodotti a livello ruminale possono avere effetti benefici sulla salute umana, ed esiste un vivo interesse per la possibilità di designare prodotti alimentari naturali, con elevati livelli di questi acidi grassi (Bauman, 2003).

METABOLISMO POST-RUMINALE

Il contenuto lipidico in entrata nell'intestino tenue è praticamente identico a quello in uscita dal rumine, infatti a livello di omaso e abomaso non vi è un significativo assorbimento o cambiamento degli acidi grassi a lunga e media catena (Noble, 1981). In seguito al metabolismo ruminale, i lipidi che giungono nell'intestino tenue sono costituiti da acidi grassi saturi principalmente palmitico e stearico. Il quantitativo totale dei lipidi che raggiungono il duodeno spesso è superiore al quantitativo introdotto con gli alimenti, in misura maggiore nelle diete ad alto contenuto in foraggio. Gli integratori lipidici possono determinare un maggiore flusso post-ruminale di AG, equivalente o inferiore rispetto a quelli introdotti con la dieta a causa della vasta gamma di effetti che possono avere sulla sintesi dei lipidi da parte dei microrganismi (Demeyer e Doreau, 1999; Lock e Shingfield, 2003). Circa l'80-90% dei lipidi che

entrano nell'intestino tenue sono acidi grassi liberi adesi a particelle alimentari (Davis, 1990; Doreau e Chilliard, 1997). La restante parte è costituita da fosfolipidi microbici, piccole quantità di trigliceridi e glicolipidi residuati dagli alimenti che verranno idrolizzati dalle lipasi intestinali e pancreatiche (Doreau e Ferlay, 1994).

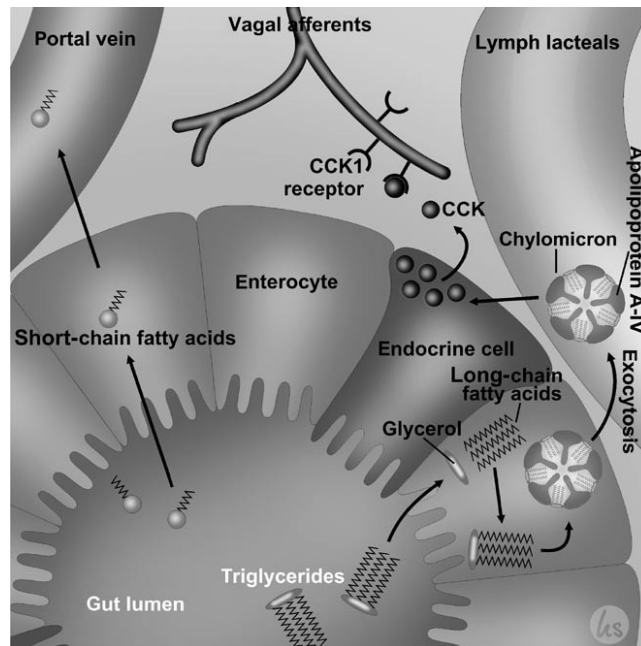
Figura 5 - Assorbimento dei grassi nell'intestino tenue (Da Davis C.L., 1990).



L'assorbimento dei grassi nell'intestino tenue avviene nel digiuno in seguito alla formazione di micelle (Davis, 1990). Nei non ruminanti la formazione delle micelle richiede la presenza dei monoacilgliceroli (Doreau e Chilliard, 1997). Nei Ruminanti invece, a causa della quasi completa idrolisi degli acidi grassi nel rumine, i monoacilgliceroli risultano assenti nelle digesta. A ciò si sopperisce con la secrezione di bile e succo pancreatico a monte del digiuno (Figura 4; Demeyer e Doreau, 1999).

La bile fornisce i sali biliari e la lecitina, il succo pancreatico invece apporta gli enzimi per convertire la lecitina in lisolecitina e il bicarbonato per aumentare il pH (Davis, 1990). Le lisolecitine, insieme con i sali biliari e gli acidi grassi di provenienza alimentare e batterica, consentono la formazione di micelle. Una volta formatesi, le micelle sono assorbite dalle cellule epiteliali del digiuno dove gli acidi grassi sono riesterificati in trigliceridi e poi confezionati in chilomicroni (Demeyer e Doreau, 1999).

Figura 6 - Assorbimento intestinale dei lipidi e formazione dei chilomicroni (Glatzle, 2010).



Nei monogastrici, la digeribilità degli acidi grassi è inversamente proporzionale alla lunghezza della catena e direttamente proporzionale al numero di doppi legami (Lessire, 1992). Seppur con qualche modesta differenza, tale concetto è applicabile anche ai ruminanti (Ferlay, 1993). Doreau e Ferlay (1994) hanno effettuato un esame approfondito della letteratura sulla digestione dei lipidi utilizzando i dati ottenuti dalla scomparsa degli acidi grassi tra il duodeno e l'ileo o tra il duodeno e le feci. Doreau e Ferlay (1994) hanno trovato un'ampia variabilità nei valori riportati per la digeribilità degli acidi grassi, che vanno da 55 al 92%, ma questa differenza non deve essere collegata con l'apporto di acidi grassi. La digeribilità non differisce in modo significativo tra gli acidi grassi saturi a 16 e 18 atomi di carbonio, ma è inferiore per gli acidi grassi saturi rispetto ai polinsaturi. Doreau e Ferlay (1994) hanno riportato che la digeribilità media per acidi grassi a 18 atomi di carbonio con zero, uno, due e tre doppi legami è stata rispettivamente di 0,77, 0,85, 0,83 e 0,76.

Avila et al. (2000) al fine di valutare la digeribilità degli acidi grassi hanno somministrato ad un gruppo di ruminanti alcuni integratori lipidici che presentavano

proporzioni diverse di acidi grassi saturi ed insaturi. Aumentando il grado di insaturazione dell'infuso abomasale non sono stati osservati effetti sulla digeribilità degli acidi grassi 18:1, 18:2 o 18:3, che in media è risultata rispettivamente di 0,67, 0,64 e 0,76. È interessante notare che la digeribilità del *trans*11-18:1 è stata maggiore rispetto al *cis*9-18:1, dato questo riportato anche da Enjalbert et al. (1997). Dunque vi possono essere piccole differenze di assorbimento anche tra i vari isomeri del 18:1, anche se i dati sono limitati. Questo potrebbe essere il risultato di uno sviluppo evolutivo poiché i ruminanti in genere sono esposti ad una ridotta quantità di isomeri *cis*-18:1 rispetto ai *trans*-18:1.

SINTESI DEI LIPIDI DEL LATTE

I lipidi del latte sono sintetizzati dalle cellule secernenti della ghiandola mammaria, partendo da un pool di acidi grassi che per il 40% viene sintetizzato *de novo* nelle cellule stesse, a partire dall'acetato e dal β -idrossibutirrato e per il rimanente 60% è costituito da Acidi Grassi (AG) prelevati dal flusso ematico.

Nei Ruminanti in lattazione, il sito maggiormente attivo per la sintesi degli acidi grassi è la ghiandola mammaria. Nei Ruminanti non impegnati nella produzione di latte, il tessuto adiposo rappresenta il sito che interviene maggiormente nella sintesi degli AG, contrariamente a quanto avviene nei monogastrici e nell'uomo, dove il fegato è l'organo deputato a svolgere tale funzione. Il fegato dei Ruminanti è infatti impegnato soprattutto nella sintesi del glucosio (Vernon e Finley, 1988).

La sintesi degli acidi grassi avviene mediante due diversi meccanismi: la sintesi *citoplasmatica*, che rappresenta la via principale e tipica di tutti i tessuti in intensa attività metabolica e la sintesi *mitocondriale*, che completa quella citoplasmatica.

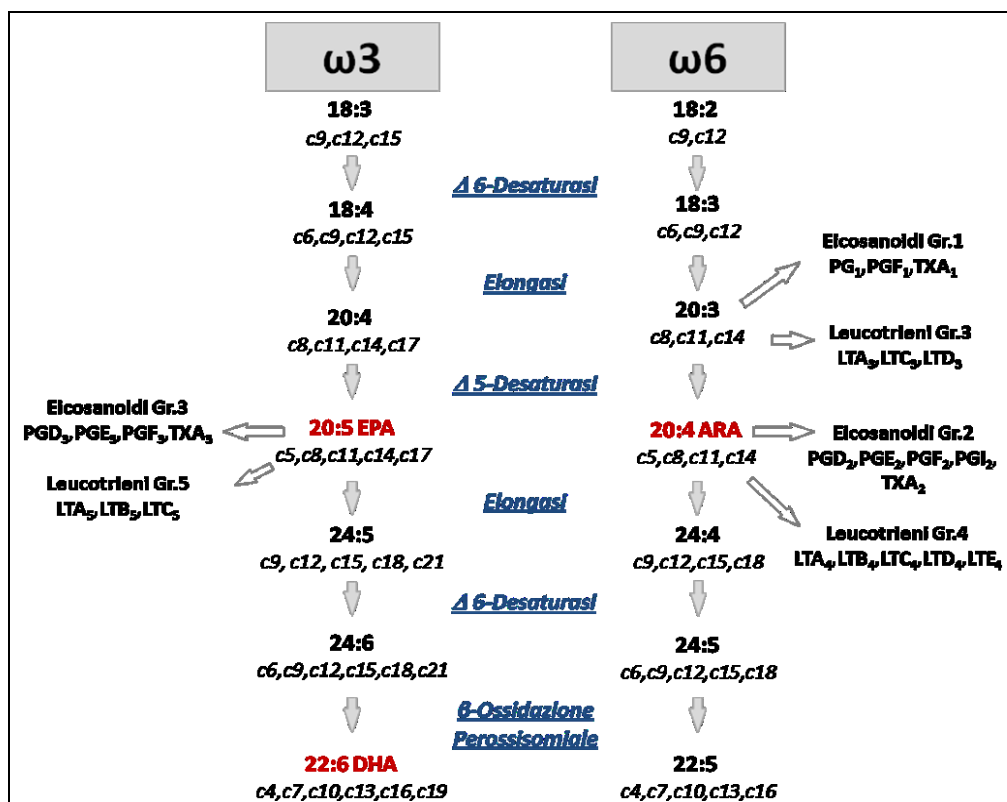
In particolare, la sintesi degli acidi grassi con catena fino a 16 atomi di carbonio avviene nel citoplasma attraverso un processo metabolico che coinvolge due enzimi chiave: l'acetil-CoA-carbossilasi (ACC) e la sintetasi degli acidi grassi (FAS) (Chilliard, 2000). In pratica l'ACC catalizza la formazione di malonil-CoA e la FAS interviene determinando la sua unione a molecole di acetato e/o β -idrossibutirrato (Barber, 1997). Per successive condensazioni, nella ghiandola mammaria, l'allungamento della catena può proseguire solo fino alla formazione di acidi grassi a 14 o 16 atomi di carbonio (Moore e Christie, 1981). Negli altri tessuti, subentra la sintesi *mitocondriale* e l'acido palmitico può essere elongato fino ad arrivare a 22 atomi di carbonio. Nei microsomi, gli acidi grassi con almeno 18 atomi di carbonio, possono essere sia elongati che desaturati.

Gli acidi grassi a media e a lunga catena (con 16 atomi di carbonio o più) presenti nel plasma sanguigno provengono dai lipidi della dieta o dalla mobilizzazione delle riserve corporee. Gli Acidi Grassi Non Esterificati (NEFA) e/o di quelli contenuti nei chilomicroni e nelle VLDL (Very Low Density Lipoprotein), previa azione dell'enzima lipoproteinlipasi (LPL), possono essere utilizzati dai tessuti tramite prelievo diretto dal torrente circolatorio. Benché non possano sintetizzare acidi grassi a catena più lunga di 16 atomi di carbonio, le cellule della ghiandola mammaria, mediante l'enzima Stearoil-CoA-desaturasi ($\Delta 9$ -desaturasi), che introduce un doppio legame in posizione $\Delta 9$ della catena carboniosa, riescono a convertire una notevole quantità di acido stearico (18:0) in acido oleico (*cis*9-18:1) (Kinsella, 1972).

Gli acidi grassi essenziali acido linoleico, (*cis*9,*cis*12-18:2, LA), e alfa-linolenico, (*cis*9,*cis*12,*cis*15-18:3, ALA), precursori degli acidi grassi polinsaturi a lunga catena delle serie n3 e n6, assorbiti a livello intestinale praticamente inalterati, possono essere

desaturati ed elongati. Le vie metaboliche per la sintesi degli acidi grassi della serie n3 e n6, come anche per la famiglia degli n9 (di cui il rappresentate principale è l'acido oleico) prevede la competizione per gli stessi enzimi. I loro metaboliti sono coinvolti nella biosintesi di composti biologicamente attivi, gli eicosanoidi. L'acido linoleico è, inoltre, un importante componente strutturale della membrana cellulare ed utilizzato come precursore di acidi grassi costituiti da catene di maggiore lunghezza, che vengono trasformati in prostaglandine, trombossani e prostacicline di tipo 1 e 2. Gli acidi grassi sintetizzati e quelli provenienti dalla dieta vengono utilizzati dalla ghiandola mammaria e dal tessuto adiposo per la sintesi dei trigliceridi e dei fosfolipidi e, inoltre, possono esterificare anche una certa quantità di colesterolo (circa il 15% del colesterolo totale) (Bracco, 1972).

Figura 7 - Principali metaboliti degli FA delle famiglie n-3 e n-6 nei tessuti animali (Schmitz G., 2008)



Il sistema della desaturasi è un complesso multienzimatico che include NADH-citocromo b5 reductasi, citocromo b5, acil-CoA sintasi e $\Delta 9$ -desaturasi. La reazione

della $\Delta 9$ -desaturasi introduce un doppio legame *cis* tra il carbonio 9 e quello 10 degli acidi grassi e i prodotti di questa reazione sono importanti componenti dei fosfolipidi e dei trigliceridi, coinvolti principalmente nel mantenimento della fluidità delle membrane. Esiste un vasto gruppo di acidi grassi saturi e insaturi che può fungere da substrato nella reazione, incluso l'acido *trans* vaccenico (Pollard, 1980). Oltre che alla formazione del CLA-*cis9,trans11*, la $\Delta 9$ -desaturasi ha un ruolo attivo anche in quella di altri acidi grassi *cis9,trans-n-18:2*, quali il CLA-*trans7,cis9* identificato in latte e prodotti lattiero caseari da Yurawecz (1998). Per quanto riguarda la localizzazione della $\Delta 9$ -desaturasi nei tessuti, essa cambia a seconda della specie animale considerata. Ovini e bovini presentano maggiori concentrazioni e attività dell'enzima nel tessuto adiposo, che, quindi, sembra essere la maggiore fonte di sintesi endogena di *c9,t11*-CLA nel caso di animali da carne (Cameron, 1994; Page, 1997). Nel caso di ruminanti da latte, studi sull'attività della $\Delta 9$ -desaturasi hanno portato a definire la ghiandola mammaria come sito principale della sintesi endogena di CLA (Kinsella, 1972). Ciò è stato dimostrato anche in vivo da Bickerstaffe e Johnson (1972) che iniettarono in vena in capre in lattazione acido sterculico, un acido grasso ciclico in grado di inibire l'attività della $\Delta 9$ -desaturasi in circolo negli organi. Gli autori registrarono nel latte una notevole riduzione del rapporto *cis9-18:1/18:0*, mentre nel plasma la composizione acidica risultò quasi inalterata. Essi conclusero che la ghiandola mammaria è il sito principale di desaturazione degli acidi grassi del latte. Studi sull'attività della $\Delta 9$ -desaturasi, condotti principalmente con enzima di origine epatica di topo, hanno evidenziato che l'espressione genica e l'attività dell'enzima sono sensibili a variazioni della dieta, dell'assetto ormonale e dello stato fisiologico dell'animale (Tocher, 1998). Martin et al. (1999) hanno caratterizzato l'ontogenesi dell'espressione genica dell'enzima nel

tessuto adiposo di bovini in accrescimento. Ward et al. (1998), invece, allo scopo di verificare le modifiche tessuto-specifiche nella concentrazione di mRNA della $\Delta 9$ -desaturasi in pecore a differenti stati fisiologici, osservarono una riduzione della quantità di mRNA nel tessuto adiposo e un contemporaneo aumento nel tessuto mammario all'inizio della lattazione.

PROFILO QUALITATIVO E QUANTITATIVO DEGLI ACIDI GRASSI NEL LATTE DEI RUMINANTI

La composizione acidica del grasso del latte è una componente variabile sia quantitativamente che qualitativamente, che rivela differenze interspecifiche e intraspecifiche. La razza di appartenenza influenza le componenti chimico-fisiche del latte. In tabella 1 sono riportate quantità e composizione media in grasso e proteine del latte delle principali razze allevate in Italia (dati AIA 2002).

Tabella 1 - Produzione (litri) e composizioni chimico-fisica del latte di differenti razze di capre (dati AIA 2002).

	LATTE (litri)	GRASSO (%)	PROTEINE (%)
Saanen	603±240	3,10	3,02
Camosciata delle Alpi	528±225	3,22	3,10
Frisa	389±173	2,97	3,02
Girgentana	374±149	3,83	3,39
Maltese	324±146	3,80	-
Bionda dell'Adamello	314±109	2,84	2,77
Sarda	223±104	4,60	-

Si può osservare una differenza significativa tra il quantitativo di latte prodotto da differenti razze e il contenuto in proteine e grassi. Le razze Sarda e Maltese, pur essendo meno produttive rispetto alla Saanen, presentano una maggiore concentrazione di grasso e ciò risulta più evidente nella razza Sarda.

Il contenuto di grasso nel latte dei ruminanti varia secondo la specie, ma è costituito in generale da trigliceridi (98-99%), fosfolipidi, steroli e altre sostanze liposolubili (1-2%).

La frazione lipidica del latte di capra rappresenta un elemento importante per le qualità tecnologiche e dietetiche del latte e dei suoi derivati di cui influenza il gusto, il rendimento della trasformazione casearia e la tessitura del formaggio. Le differenti classi lipidiche giocano un ruolo importante sulla salute del consumatore e nel loro

insieme contribuiscono all'apporto energetico. Il contenuto medio dei lipidi del latte di capra è simile a quello del latte bovino e umano.

I lipidi, secreti dalle cellule della ghiandola mammaria sotto forma di globuli sferici, realizzano nel latte un'emulsione finemente dispersa. I globuli di grasso sono costituiti da un "core" di trigliceridi, rivestito da una sottile membrana nota come Milk Fat Globule Membrane (MFGM). Hanno un diametro che varia a seconda della specie da 0,1 a 20 μm (Walstra, 1999). Nel latte di vacca la dimensione media dei globuli è superiore rispetto a quanto osservato nel latte di pecora e di capra. Il diametro dei globuli è, rispettivamente, compreso tra 3,60-5,32 μm nella vacca, 3,20-4,95 μm nella pecora e 3,10-4,89 μm nella capra (Mehaia, 1995; Attaie, 2000). Il minor diametro dei globuli di grasso del latte di capra rispetto a quelli del latte di vacca, insieme alla carenza di agglutina, rende più difficili le operazioni di scrematura a basse temperature del latte di capra. I globuli di grasso del latte di questa specie sono invece estremamente sensibili alle azioni meccaniche. Per quanto riguarda la qualità dei lipidi, il latte di capra presenta un contenuto percentuale in trigliceridi leggermente minore rispetto al latte vaccino e umano. Questo latte inoltre è più ricco di acidi grassi a catena corta e media (da C4 a C18) e in acido stearico. Risulta più povero in acidi grassi C18 insaturi (18:1 e C18:2) solo rispetto al latte umano (Glass, 1967). Il latte caprino, rispetto a quello vaccino, presenta maggior contenuto in acidi grassi a corta e media catena (acido caproico, caprilico, caprico), mentre minore è il suo contenuto in acido butirrico, palmitico e oleico. Il tenore in colesterolo e in fosfolipidi della frazione grassa è ridotto rispetto al latte umano.

L'attività della lipoprotein-lipasi nel latte di capra, proteina legata ai globuli di grasso, determina sia il tipico aroma "ircino" del latte e dei suoi derivati sia, nel caso di un

eccessivo aumento della lipolisi, l'irrancidimento del prodotto. Il contenuto in carnitina del latte di capra permette un ottimale utilizzazione degli acidi grassi all'interno dei mitocondri (Desjeux, 1993), aspetto importante per le qualità nutrizionali di questo latte. La composizione acidica del latte di capra e di pecora, rispetto a quella del latte vaccino e bufalino, è generalmente caratterizzata da un maggior contenuto di acidi grassi a corta catena (C4-C10), mentre sono più contenuti i livelli di quelli a media catena (C12-C16), caratteristica che risulta più favorevole sotto il profilo dell'apporto nutrizionale (Alonso, 1999; Secchiari, 2001).

I trigliceridi del latte di capra sono particolarmente ricchi di acidi grassi a Corta e Media Catena (SMCFA) mentre nel latte vaccino prevalgono quelli a Media e Lunga catena. Questa caratteristica favorirebbe la secrezione del latte di capra, mantenendo la composizione del grasso ad uno stato maggiormente fluido (Fontecha, 2000). I trigliceridi con Acidi Grassi a Corta e Media Catena (SMCFA) sono di particolare interesse da un punto di vista terapeutico, grazie al loro particolare metabolismo e il loro utilizzo nelle malattie metaboliche (Sanz Sampelayo, 1997; Chilliard e Lamberet, 2001; Haenlein, 2004;). I trigliceridi con Acidi Grassi a Corta e Media Catena seguono una via metabolica diversa da quella utilizzata da quelli costituiti da acidi grassi a catena lunga (LCFA). Nelle cellule intestinali, gli acidi grassi liberi (FFA) rilasciati per idrolisi dei trigliceridi con SMCFA sono assorbiti senza essere riesterificati e attraverso la vena porta vengono trasportati al fegato e ai tessuti periferici, sia legati alle proteine che sotto forma di FFA. Il basso peso molecolare e la maggiore idrosolubilità dei trigliceridi con SMCFA facilita l'azione degli enzimi digestivi, rendendo l'idrolisi più veloce e più completa di quella dei trigliceridi con LCFA. La digestione dei trigliceridi con SMCFA inizia nello stomaco, con l'azione della lipasi gastrica non ha alcun effetto

sui trigliceridi con LCFA. La lipasi gastrica effettua un'idrolisi dei trigliceridi con SMCFA ad una velocità cinque volte superiore a quella operata sui trigliceridi con LCFA, e la sua azione viene poi completata dalla lipasi pancreatica (Haenlein, 1992, Haenlein, 1996, García Unciti, 1996; Boza e Sampelayo Sanz, 1997). Gli acidi grassi caprilico (8:0) e caprico (10:0), sono stati usati nel trattamento specifico per i pazienti affetti vari problemi di malassorbimento, insufficienza pancreatica o in caso di deficit o assenza di sali biliari, nonché quelli sottoposti a resezione intestinale. Questi FA sono stati utilizzati anche nelle diete dei pazienti denutriti, di neonati prematuri, nei casi di epilessia infantile e di altre patologie, grazie alla grande quantità di energia contenuta da questi FA (Babayán, 1981, Haenlein, 1992; García Unciti, 1996). La composizione del latte di capra, come descritto da Haenlein (2004) conferma i risultati ottenuti in studi diversi fatti su bambini che soffrono di sindromi di malassorbimento (Hachelaf, 1993) o denutriti (Razafindrakoto, 1993).

La frazione monoinsatura, e in particolare il contenuto di acido oleico (*cis*9-18:1), risulta inferiore nel latte di capra e di pecora rispetto a quello di vacca e di bufala. Differenze piuttosto evidenti si riscontrano anche nel contenuto di isomeri *trans* del 18:1 (*t*-FA), di isomeri coniugati dell'acido linoleico (CLA) e di acidi grassi polinsaturi (PUFA), che risultano più abbondanti nel grasso del latte di pecora rispetto a quello di vacca e di capra (Jahreis, 1999; Precht, 2001).

In relazione alla razza sono state rilevate differenze nelle frazioni dei monoinsaturi, saturi e *trans* (Barbosa, 2003). Le differenze osservate nel profilo dei PUFA nel latte di differenti razze caprine sono rilevabili anche nei formaggi (Soryal, 2005). Nel latte di capra, in relazione al diverso genotipo della caseina α s-1, si osservano differenti rapporti della Δ 9-desaturasi mammaria su specifici acidi grassi (10:0, 14:0, 17:0, 18:0,

*trans*11-18:1- e *trans*13-18:1) (Chilliard, 2006). La razza può condizionare le attività metaboliche soprattutto a livello della ghiandola mammaria, determinando differenze nelle frazioni lipidiche (Lucas, 2008). Nella pecora da latte la razza influenza il rapporto 18:1/18:0 espressione dell'attività della $\Delta 9$ -desaturasi e sono descritte inoltre interazioni fra razza ed alimentazione (Tsiplakou, 2006).

I prodotti dei ruminanti contengono anche CLA (principalmente *cis*9,*trans*11-18:2) un acido grasso potenzialmente utile alla salute umana. È stato dimostrato in vari studi effettuati sugli animali che una dieta contenente CLA contribuisce alla prevenzione del cancro, riduzione dell'aterosclerosi, miglioramento della risposta immunitaria e alterazione del metabolismo proteine/energia (Whigham, 2000; Pariza, 2004; Palmquist, 2005). Il CLA è presente in concentrazioni più elevate nei prodotti derivati dai ruminanti rispetto a quelli dei non-ruminanti e negli oli vegetali (Chin, 1992; Givens e Shingfield, 2004), poiché è prodotto dalla parziale bioidrogenazione dell'acido linoleico (LA, 18:2) e l'acido α -linolenico (ALA, 18:3) dai microrganismi ruminali (Chilliard, 2007). L'isomero *cis*-9, *trans*-11 è generalmente considerato il principale CLA di promozione della salute per il consumo umano (Givens e Shingfield, 2004). L'acido vaccenico (VA, *trans*11-18:1) è un altro importante prodotto proveniente dal rumine che agisce come substrato per la formazione di *cis*9,*trans*11-18: 2 nei tessuti dell'animale stesso (Griinari, 2000).

Nonostante l'attività microbica ruminale, l'aumento dell'apporto di PUFA alimentari determina un aumento del contenuto di PUFA di carne e latte proveniente dai ruminanti (Dewhurst, 2006; Scollan, 2006). Tra le varie strategie nutrizionali ci sono: l'alimentazione con foraggi, una supplementazione di oli vegetali o semi, di prodotti di

origine marina o di grassi protetti. Inoltre alcuni PUFA hanno delle capacità antimicrobiche (Maia, 2007; Zhang, 2008).

FATTORI CHE INFLUENZANO LA COMPOSIZIONE LIPIDICA NEL LATTE

Il contenuto in grasso del latte è il componente maggiormente variabile sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, dipende dallo stadio di lattazione, dalla stagionalità, dal tipo di pascolo, dal genotipo e dall'alimentazione.

L'alimentazione rientra fra le più importanti cause di variazione, sia perché condiziona la produzione ruminale di acidi grassi liberi necessari per la sintesi *de novo* della frazione a corta e media catena, sia perché gli acidi grassi che compongono la frazione a lunga catena provengono dai lipidi della dieta. Altrettanto interessanti sono gli aspetti legati alla specie, alla razza e allo stato fisiologico dell'animale in relazione alla composizione e alle caratteristiche chimiche, nutrizionali e tecnologiche del grasso del latte.

ALIMENTAZIONE

L'alimentazione dei ruminanti in lattazione contiene in genere dal 4 al 5% in grasso. Livelli più elevati possono influire negativamente sulle fermentazioni microbiche ruminali per cui generalmente è consigliato un apporto totale di grassi con la dieta non superiore al 6-7% della sostanza secca (Jenkins, 1993; Doreau, 1997; NRC, 2001).

Nella dieta dei ruminanti fonti primarie di lipidi sono foraggi e concentrati, ma la percentuale di grasso può essere aumentata con l'uso di integratori. I foraggi possono contenere dal 4 al 6% del peso secco di lipidi, di cui la classe maggiormente rappresentata è quella dei glicolipidi (Harfoot, 1981). I concentrati presentano un contenuto lipidico generalmente superiore a quello dei foraggi con una concentrazione di trigliceridi maggiore. Gli integratori lipidici sono sottoprodotti delle industrie di raffinazione degli oli vegetali, contenenti lipidi prevalentemente sotto forma di

trigliceridi.

Le capre rispondono in modo evidente e specifico alle variazioni dell'alimentazione tese a modificare la componente lipidica del latte: la somministrazione di diete ricche di concentrati o integrate con oli, determina quasi sempre un aumento del tenore lipidico del latte e del contenuto in *trans*10-18:1, a differenza di quanto osservato normalmente nelle bovine (Chilliard, 2007). Secondo alcuni studi, una diminuzione della sintesi di grasso del latte sembra essere correlata all'isomero *trans*10,*cis*12-CLA che potrebbe abbassare i livelli di mRNA codificanti per alcuni enzimi responsabili per l'assorbimento, il trasferimento e la sintesi de novo di acidi grassi nella ghiandola mammaria (Bauman, 2001, 2003).

Anche la somministrazione di olio di pesce può causare depressione del tenore lipidico del latte, ad opera di prodotti intermedi (*trans*-AG) della bioidrogenazione ruminale dei PUFA che inibirebbero la sintesi lipidica a livello mammario (Cattaneo, 2006). Alimentando le capre con olio di pesce e alghe marine è possibile aumentare i livelli di n-3 del latte, che solitamente nelle capre sono estremamente bassi (meno di 0.1g/100g di AG). Infatti le diete normalmente impiegate non contengono EPA e DHA, se non a livelli infinitesimali. L'efficienza di trasferimento di AG n-3 nel latte può essere aumentata (rispettivamente del 14 e del 7% per EPA e DHA), somministrando acidi grassi protetti dalla bioidrogenazione ruminale.

Il latte prodotto da animali al pascolo presenta anche un arricchimento naturale in AG n-3, rispetto ad animali alimentati con fieno o insilati. Lo stadio di maturazione del foraggio risulta l'elemento chiave, infatti l'erba risulta particolarmente ricca di precursori lipidici soprattutto se in stadio vegetativo iniziale. Molti studi hanno riportato per gli animali allevati al pascolo anche un valore più favorevole del rapporto

tra acidi grassi n-6/n-3, significativamente più basso rispetto a quelli allevati in stalla (Santos-Silva, 2002; Priolo, 2005).

Un arricchimento “naturale” del latte in CLA è ottenibile mediante pascolo e impiego di foraggi freschi. Il pascolo giovane può incrementare il tenore di CLA nel latte di 2-3 volte, ma l'effetto diminuisce all'avanzare dello stadio di maturazione della vegetazione. Per innalzare il tenore in CLA nel latte caprino si possono impiegare semi di oleaginose o oli vegetali ricchi in linoleico e linolenico, come l'olio di semi di soia, di lino e di girasole. Risultati significativi sono stati ottenuti impiegando anche oli di origine marina. Infatti, sebbene l'olio di pesce contenga un minor livello di precursori lipidici dell'acido vaccenico o di CLA rispetto agli oli vegetali, è stata riscontrata una sua buona efficacia nell'innalzare il livello di CLA nel latte dovuto a un'alterazione dell'ambiente ruminale. In particolare, gli oli di origine marina sembrano inibire la riduzione finale del trans11-18:1 con accumulo di 18:0 a livello ruminale. Gli oli vegetali non vengono normalmente impiegati nelle diete per ruminanti poiché causano inibizione dell'attività dei microrganismi ruminali, per cui normalmente si somministrano grassi protetti sotto forma di sali di calcio degli AG, oppure semi integrali sottoposti a trattamenti termo-meccanici (estrusione, tostatura ecc.), che risultano efficaci nell'innalzarne il contenuto in CLA. Il contenuto in CLA del latte può essere aumentato attraverso l'alimentazione in due differenti modi: a) fornendo una dieta con maggior quantità di precursori lipidici (18:3 e 18:2) utili alla produzione di CLA o di acido vaccenico a livello ruminale; b) somministrando fattori dietetici in grado di alterare l'ambiente ruminale e l'attività dei microrganismi responsabili del processo bioidrogenativo, favorendo l'accumulo di trans11-18:1 (Chilliard, 2007; Mele, 2006; Nudda, 2006).

Inoltre un'alimentazione ricca in concentrati è in grado di aumentare il gusto tipico del latte di capra. Il latte prodotto da animali alimentati al pascolo e al chiuso presenta differenze nel sapore e nel gusto, che variano anche in funzione della fase di lattazione, meno pronunciato all'inizio e alla fine della lattazione e molto più evidente durante il picco di lattazione (Trygve Skjvedal, 1979).

STADIO DI LATTAZIONE

Il contenuto di grasso nel latte è maggiore subito dopo il parto, mentre con il procedere della lattazione diminuisce sia nella capra (Chilliard, 1986; Sauvant, 1991) che nella vacca (Jarrige, 1978). La concentrazione di grasso e proteine diminuiscono all'aumentare della produzione di latte, per un effetto di diluizione del latte progressivamente crescente fino al picco di lattazione, cui si somma la diminuzione della disponibilità di NEFA plasmatici per la sintesi dei lipidi mammari. Negli stadi di lattazione intermedio e avanzato la produzione di latte diminuisce e la concentrazione di grasso e proteine aumenta (Goetsch, 2011).

Lo stato nutrizionale degli animali può essere valutato sulla base del bilancio tra sostanze nutritive ingerite e nutrienti richiesti per il mantenimento corporeo e la secrezione di latte. Quando il bilancio energetico è negativo, come a inizio lattazione, gli animali mobilizzano i lipidi immagazzinati nel tessuto adiposo, principalmente sotto forma di NEFA e incorporano nel grasso del latte Acidi Grassi a Lunga Catena (LCFA).

Quando sono mobilizzate le riserve tissutali per sostenere la produzione di latte all'inizio della lattazione, la concentrazione di 18:0 e *cis*-18:1 nel latte aumenta e quella dei MCFA diminuisce. In base al profilo lipidico degli alimenti somministrati all'animale varia anche la concentrazione di specifici LCFA del latte (Goetsch, 2011).

All'avanzare dello stadio di lattazione aumenta la concentrazione di Acidi Grassi Liberi (FFA) (Collins, 2003; Kondyli, 2007; Strzałkowska 2010). Studi condotti da Eknes et al. (2006) hanno dimostrato che se le capre, durante il picco di lattazione, usano 30-40% delle loro riserve, ciò ha un effetto negativo sulla qualità del latte prodotto, poiché durante questo periodo il grasso del latte è sintetizzato dagli acidi grassi ottenuti dall'idrolisi del grasso dei tessuti. Durante questo periodo cambiamenti sfavorevoli nel gusto e nell'aroma del latte sono causati da un'alta concentrazione di FFA, in particolare da SCFA con catena lunga da 6 a 9 atomi di carbonio. Chilliard et al. (2003) ha inoltre osservato una positiva correlazione tra la lipolisi del grasso del latte durante il picco di lattazione e l'attività della lipoprotein-lipasi (LPL). Inoltre il latte di capre primipare risulta caratterizzato da una concentrazione significativamente più alta di FFA rispetto a quello di capre di secondo parto e oltre. Presumibilmente ciò risulta legato a una maggiore suscettibilità alla lipolisi del grasso del latte nelle primipare rispetto alle secondipare (Strzałkowska 2010).

GENETICA

Per quanto riguarda le cause di origine genetica, esiste una variabilità ereditaria individuale della produzione e composizione del latte, caratteristica di ogni singolo animale della stessa razza e nelle stesse condizioni di allevamento. Naturalmente la composizione del latte varia in funzione della razza considerata e in particolar modo, il contenuto di grasso varia moltissimo tra razze e tra individui all'interno della stessa razza (Mariani, 1987; Alais, 2000). Infatti sia il tenore in grassi che in proteine del latte sono determinati per il 40 % dalla genetica (ereditabilità) e per il 60 % dell'ambiente, mentre le produzioni di latte, grasso e proteine (kg di grasso e proteine prodotti in

lattazione) sono determinate dalla genetica per un 25–30 % e dall'ambiente per un 70–75 % (Salvadori del Prato, 1998).

Negli ultimi anni una tesi che riscontra importanti supporti ipotizza un legame fra il livello di espressione dell' α 1-caseina e il profilo acido del latte. Uno studio di Contarini et al. (1999) ha messo in luce come nel latte di capre con diverso polimorfismo per l' α 1-caseina sia presente anche una diversa concentrazione in alcuni acidi grassi. È lecito ritenere che capre della stessa razza appartenenti ad un medesimo allevamento e sistema di alimentazione, mostrino delle differenze ascrivibili alla variante genetica. Questo risultato è indicativo del fatto che il polimorfismo proteico influenza anche la composizione della frazione lipidica. Lo studio riportato da Chillard et al. (2006) mette a confronto due gruppi di capre con differenti genotipi per l' α 1-caseina ed i risultati confermano differenze nella concentrazione nel grasso del latte di almeno 17 AG, in particolare per i saturi da 8 a 12 atomi di carbonio, per il palmitico, lo stearico, l'oleico, il linoleico ed il rumenico. Inoltre il genotipo dell' α 1-caseina ha mostrato un'influenza notevole sull'attività della Δ 9-desaturasi mammaria. Questi due aspetti sono comunque fortemente correlati; nei soggetti con basso livello di espressione dell' α 1-caseina ad esempio, si osserva una minore secrezione di acidi grassi saturi a corta e media catena ed una contemporanea ridotta attività della Δ 9-desaturasi. Ulteriori studi condotti sulla variabilità genetica del gene della Δ 9-desaturasi hanno rivelato importanti associazioni tra la variabilità genetica del locus genico della Δ 9-desaturasi e il contenuto in lattosio, acido stearico, PUFA e CLA. La diversa composizione in acidi grassi del latte potrebbe essere spiegata attraverso un meccanismo di down-regulation di fattori di trascrizione da parte della Δ 9-desaturasi sul metabolismo dei lipidi nella ghiandola mammaria (Zidi A., 2010).

Anche il fenotipo della K-caseina e della β -lattoglobulina influenza il profilo in acidi grassi del latte vaccino (Bobe, 2004) e ovino (Mele, 2007). Le varianti B della β -lattoglobulina e della K-caseina, rispetto all'allele A, sono associate a più alte concentrazioni nel latte di acidi grassi 14:0, 16:0 e 16:1 sintetizzati *de novo* a scapito del 18:0 e del 18:1.

L'influenza della genetica sul profilo degli acidi grassi nel latte e, in particolare sulla concentrazione del *cis9,trans11*-CLA, è stata ampiamente studiata. Sono state attestate variazioni di concentrazione di CLA nel grasso del latte tra diverse razze vaccine e tra soggetti della stessa razza (Lawless, 1999).

RAZZA

Le variazioni nel profilo lipidico attribuite a differenti razze è stata oggetto di pochi studi effettuati negli ultimi anni. Alcuni studi prendono in considerazione l'influenza del fattore razza in relazione a parametri diversi, quali l'attitudine alla caseificazione, la viscosità del latte o la concentrazione di specifici componenti del latte, quali il lattosio o particolari acidi grassi quali l'acido linoleico coniugato.

Lo studio della variabilità tra razze potrebbe essere utile nel miglioramento della qualità del latte e dei derivati. Nello studio di Thomann et al. (2008) è stata valutata l'attitudine alla caseificazione del latte di due differenti razze caprine, la Dahlem Cashmere e la German White. Il latte della Dahlem Cashmere presentava una maggiore similitudine con il latte bovino per quanto riguarda il contenuto in caseine e di conseguenza una maggiore resistenza dei grani di cagliata ai trattamenti per la produzione di formaggi a pasta semidura rispetto alla razza German White che presentava livelli di caseine inferiori.

La razza potrebbe influire in modo significativo nelle differenze di composizione in acidi grassi del latte con particolare attenzione verso la concentrazione dell'acido linoleico coniugato (CLA), di capre alimentate con una dieta identica e allevate nelle stesse condizioni. Uno studio di Farah et al., 2009 sul latte di due diverse razze autoctone di capre, Pateri e Kamori, ha mostrato come la razza Kamori presentava un profilo acido più favorevole alla salute umana con minor quantità di SFA e un più elevato contenuto di CLA.

Soryal nel 2005 ha analizzato gli effetti del latte di capra proveniente da due razze di capre Alpina e Nubiana in diverse fasi di lattazione sulla produzione, la composizione, le caratteristiche sensoriali e gli acidi grassi del formaggio a pasta molle. I risultati ottenuti da questo studio hanno indicato che la razza non ha influenzato la composizione del formaggio, le caratteristiche sensoriali e le concentrazioni di acidi grassi ad eccezione dell'acido oleico, la cui minor concentrazione nella razza Nubiana risultava correlata a una più elevata resa in formaggio.

Pizzillo et al. (2005) hanno analizzato il contenuto in acidi grassi nella ricotta ottenuta da latte di capra di razze Maltese, Girgentana, Siriana e razze locali. Il latte prodotto dalle capre di razza Siriana ha mostrato una maggiore percentuale nel contenuto di grasso (4.10%) rispetto a quello della Maltese (3.52%) o della locale (3.59%). La ricotta ottenuta dalla razza locale ha mostrato un più alto contenuto di grasso e un valore inferiore di lattosio rispetto alle altre razze. Inoltre, il rapporto grasso/proteine è risultato significativamente più basso nel latte delle razze locali rispetto alle altre. Il flavour caprino è risultato più pronunciato nella ricotta ottenuta dalla Maltese e Siriana rispetto alle altre razze. I componenti responsabili del gusto particolare dei prodotti lattiero-caseari caprini proviene dai grassi del latte, ma l'intensità di sapore

risulta correlato con il tasso di idrolisi dei grassi. Il profilo degli acidi grassi della ricotta è significativamente influenzato dalla razza. Una percentuale più alta di acido butirrico (4:0), caprinico (10:0), laurico (12:0), miristico (14:0), palmitico (16:0) è stata riscontrata nella ricotta delle capre locali. Quantità maggiori di acido stearico (18:0) e oleico (18:1) sono stati trovati nella ricotta di razza Girgentana, Siriana e Maltesi, inoltre la ricotta ottenuta da latte della razza Girgentana ha rivelato un maggior contenuto di acidi grassi polinsaturi rispetto alle altre.

Anche la viscosità del latte di capre allevate in maniera diversa può mostrare delle differenze tra la razza Anglo-Nubiana allevata al pascolo e la razza Saanen, allevata in modo intensivo. Lo yogurt prodotto dal latte delle prime presenta una maggiore viscosità rispetto al latte di capre alimentate in stalla, che presenta una viscosità molto più simile al latte vaccino (Merin, 2000).

Sung nel 1999 ha analizzato la diversa composizione tra i componenti principali del latte di quattro razze di capra: Saanen, Alpina, Nubiana e Toggenburg riportati in tabella. Sono state osservate differenze significative tra le razze. Le percentuali di grasso di Alpine e Toggenburg erano superiori a quella di Nubiana e Saanen. Mentre la percentuale di proteine della razza Nubiana è risultata superiore a quella delle altre tre razze, quella della Alpina la più bassa tra quelle considerate.

Tabella 2 - Percentuale di grassi, proteine, lattosio e residuo secco del latte di quattro razze caprine (% , media \pm DS) (Sung, 1999).

	SAANEN	ALPINA	NUBIANA	TOGGENBURG
GRASSO	3.40 \pm 1.01	4.48 \pm 1.24	2.55 \pm 0.66	3.54 \pm 0.96
PROTEINE	3.08 \pm 0.57	4.23 \pm 1.02	3.25 \pm 0.57	3.21 \pm 0.59
LATTOSIO	4.37 \pm 0.34	4.23 \pm 1.02	4.56 \pm 0.19	4.16 \pm 0.46
S.S.	11.55 \pm 1.35	13.56 \pm 1.73	11.06 \pm 1.16	11.61 \pm 1.34

Nel latte di capre norvegesi e Saanen è stata osservata una differenza significativa sia nel contenuto in acidi grassi che in intensità di sapore. L'ereditabilità per il fattore

sapore è stata stimata circa 0,25. Il sapore forte del latte, tipico della capra, è risultato correlato alla fase di lattazione e al tipo di alimentazione, meno pronunciato all'inizio e alla fine della lattazione e differente in animali alimentati al pascolo e al chiuso (Trygve Skjevdal, 1979).

SCOPO DEL LAVORO

Lo scopo della presente ricerca è stato quello di acquisire dati sperimentali sulle frazioni lipidiche del latte, attraverso lo studio delle relazioni e impatto della diversità genetica di due razze caprine allevate in ambito regionale. In particolare è stato determinato l'effetto della razza sul profilo di frazioni lipidiche di elevato interesse nutrizionale e biomedico. Lo studio di tali relazioni è finalizzato alla valorizzazione della biodiversità e del suo impatto positivo sulle caratteristiche qualitative e nutrizionali del latte di capre allevate in Sardegna.

L'influenza determinata da fattori legati alla razza e alle linee genetiche, seppur non molto consistente, ha un potenziale impatto sulla scelta delle razze e sulla selezione genetica, nonostante l'effetto dell'alimentazione sia, sotto il profilo quantitativo, certamente il più rilevante e diretto sulle produzioni (latte, carne). Le potenziali differenze legate alla razza si riflettono nei processi metabolici cellulari che sostengono la produzione di acidi grassi utili e indispensabili per il corretto mantenimento di un equilibrio fisiologico e strutturale dell'organismo. A livello della ghiandola mammaria negli animali in lattazione sono presenti attività enzimatiche che possono determinare differenze associate alla razza nelle frazioni lipidiche di maggiore interesse. La valutazione di tali differenze può inoltre essere utile per pianificare nuovi progetti di studio legati alla valorizzazione di prodotti con caratteristiche nutrizionali migliori.

Lo studio dell'analisi dei lipidi del latte di capra richiede anche la messa a punto di protocolli che permettano di identificare e separare con accuratezza sia gli acidi grassi di maggiore interesse nutrizionale sia quelli maggiormente caratteristici del latte di questa specie.

MATERIALI E METODI

PIANO SPERIMENTALE DELLA RICERCA

Il disegno sperimentale si propone di valutare l'influenza del fattore razza sulla composizione lipidica del latte di due razze di capre: la razza Sarda e la razza Maltese. Il piano sperimentale è stato organizzato in 5 fasi principali:

1. Fase di ottimizzazione dei protocolli d'analisi dei lipidi del latte;
2. Fase di organizzazione degli allevamenti e campionamenti;
3. Fase di applicazione dei protocolli d'analisi;
4. Elaborazione dei risultati: delle "RISULTATI ANALISI DEI LIPIDI IN HPLC E GC-MS" e dalle "RISULTATI ANALISI DEI LIPIDI IN GC-FID";
5. Valutazione critica e DISCUSSIONE dei risultati ottenuti.

Lo studio è stato realizzato nel corso di due anni di lattazione degli animali e in ogni anno le operazioni si sono ripetute nell'ordine sopra elencato. La fase di ottimizzazione dei protocolli d'analisi si è resa necessaria anche nel secondo anno sotto forma di revisione delle metodiche utilizzate, al fine di migliorare la resa e l'efficacia dell'approccio analitico dei lipidi del latte di capra.

FASE DI OTTIMIZZAZIONE DEI PROTOCOLLI D'ANALISI DEI LIPIDI DEL LATTE

I protocolli d'analisi dei lipidi del latte sono stati ottimizzati in concomitanza con la fase organizzativa degli allevamenti e dei campionamenti di latte di capra. Il protocollo d'analisi dei lipidi del latte, messo a punto nel primo anno di lattazione, prevede l'utilizzo di HPLC e gascromatografo con spettrometro di massa (GC-MS) per la separazione e l'identificazione dei singoli acidi grassi. Nel corso dell'esecuzione delle

attività si sono rese necessarie delle modifiche al protocollo operativo e un cambio di strumentazione applicativa. Le analisi dei lipidi relative al secondo anno di lattazione sono state ottenute attraverso un unico strumento: un gascromatografo con rivelatore a ionizzazione di fiamma (GC-FID) corredato di una colonna capillare altamente polare. Di seguito sono indicate le principali caratteristiche dei due protocolli di analisi messi a punto e nelle Tabella 3 e Tabella 4 sono riportati in maniera schematica le metodiche utilizzate.

- *Protocollo di analisi dei lipidi del latte in HPLC e GC-MS*

Tecniche analitiche preparative: a) per l'estrazione dei lipidi: il metodo di Folch (Folch J, 1957); b) per la determinazione quantitativa dei lipidi totali: la metodica di Chiang (Chiang SD, 1957); c) per la determinazione degli acidi grassi polinsaturi (PUFA) e dei Dieni Coniugati: saponificazione a freddo (Banni, 1994); d) per la valutazione quantitativa degli isomeri del CLA, degli isomeri trans del 18:1 e degli acidi grassi saturi (SFA), il metodo della metilazione (Banni, 1994). I campioni sono stati analizzati in HPLC e al GC-MS.

Analisi in HPLC. a) La separazione di FFA e PUFA è stata effettuata in HPLC/DAD (1100 series, Agilent Technologies Italia, Milano), con colonna cromatografica C18 a fase inversa (INERTSIL ODS-2 150 X 4,6 mm - 5µm, GL Sciences Inc.) e fase mobile costituita da acetonitrile/acqua/acido acetico con un rapporto di 65%/35%/0.12%. La velocità di flusso era 1,5 ml/min. Il rivelatore al DAD è stato impostato per la rilevazione a due lunghezze d'onda: a 200nm per la rilevazione dei PUFA e a 234nm per la rilevazione degli isomeri dei Dieni Coniugati del CLA. b) La separazione degli isomeri del CLA e degli isomeri trans del 18:1 è stata effettuata sui campioni metilati in HPLC/DAD (1100 series, Agilent Technologies Italia, Milano), con due colonne a fase normale a ioni

d'argento poste in serie (ChromSpher 5 Lipids 250mmx4.6mmx 1/4" Valco della Varian), la fase mobile costituita da esano/acetonitrile/etere 100%/0,1%/0,5%. La velocità di flusso era 1,0 ml/min. Il DAD è stato impostato per la rilevazione delle due lunghezze d'onda, 200nm per la rilevazione degli isomeri trans del 18:1 e a 234nm per la rilevazione degli isomeri del CLA.

Analisi al GC-MS. La separazione degli SFA e SCFA è stata effettuata dai campioni metilati con un sistema GC-MS (GCMS-QP2010, Shimadzu Italia, Milano), con colonna capillare polare al cianopropil silossano da 100mt (SP-2560 da 100mt x 0.25mm x 0.2um, Supelco) e fase mobile costituita da elio in gas e la velocità di flusso 1,0 ml/min.

Tabella 3 - Protocollo di analisi dei lipidi del latte in HPLC e GC-MS.

PROTOCOLLI DI ESTRAZIONE ED ANALISI DEL PROFILO LIPIDICO	
Estrazione dei lipidi	<ul style="list-style-type: none"> • Metodica di Folch (Folch J, 1957) soluzione Folch cloroformio/metanolo 2:1
Determinazione Lipidi Totali	<ul style="list-style-type: none"> • Metodica di Chiang (Chiang SD, 1957) soluzione Chiang – Bicromato di potassio/acido solforico/acqua; lettura allo spettrofotometro
Separazione Acidi Grassi (FA)	<ul style="list-style-type: none"> • Saponificazione (Banni et al., 1994) idrolisi alcalina con idrossido di potassio
Metilazione degli FA saponificati	<ul style="list-style-type: none"> • Metilazione (Banni, 1994) mediante aggiunta di BF₃ metanolico
Acidi Grassi Insaturi (MUFA & PUFA)	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi in HPLC-DAD e lettura a 200nm (Banni et al., 1994) colonna cromatografica C18 a fase inversa e fase mobile acetonitrile/H₂O/Ac.acetico
Acidi Grassi a Dieni Coniugati (CD)	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi in HPLC-DAD e lettura a 234nm (Banni et al., 1994) colonna cromatografica C18 a fase inversa e fase mobile acetonitrile/H₂O/Ac.acetico
Acidi Grassi Trans (Isomeri trans 18:1)	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi in HPLC-DAD/Ioni Ag⁺ e lettura a 200nm (Adlof et al., 1995) colonna cromatografica Ioni Ag⁺ fase normale e fase mobile esano/etere/Ac.acetico
Isomeri del CLA	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi in HPLC-DAD/Ioni Ag⁺ e lettura a 234nm (Yurawecz e Morehouse, 2001) colonna cromatografica Ioni Ag⁺ fase normale e fase mobile esano/etere/Ac.acetico
Acidi Grassi Saturi (SFA)	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi in GC-MS (Banni et al., 1994) Analisi in GC-MS (QP2010plus Shimadzu Italia, Milano) e colonna capillare cianopropil-silossano della Supelco (Bellefonte, Pa) SP-2560 da (100mtx0.25mmx 0.2um) e fase mobile elio

- *Protocollo di analisi dei lipidi del latte con GC-FID*

Il protocollo adottato si propone di migliorare l'efficienza e la rapidità dell'analisi con un minor consumo di solventi. La preparazione degli Acidi Grassi Metilati (FAME) viene effettuata unicamente in vials da 2 ml. Le analisi sono state effettuate al gascromatografo con rivelatore di fiamma (FID) con una nuova colonna a ioni liquidi altamente polare che permette una maggiore separazione degli acidi grassi. Gli acidi grassi rilevati sono circa 100, ma nel seguente lavoro sono menzionati solo i più importanti ai fini nutrizionali. I dati sono espressi in ng FA/mg di Lipidi Totali, questi ultimi determinati con la metodica di Chiang (Chiang SD, 1957).

Tecniche analitiche preparative. a) estrazione dei lipidi: metodica di Folch (1957) e modifiche di Bligh e Dyer (1959); b) preparazione dei FAME: metodo di Cruz-Hernandez et al. (2004); c) identificazione dei singoli acidi grassi al GCMS: processo di formazione dei DMOX (Acidi Grassi derivatizzati con 4,4-dimethyloxazoline) e riconoscimento degli spettri di massa in GC-MS (Mossoba et al., 1997). I campioni sono stati analizzati al GC-FID.

Analisi in HPLC. Il frazionamento degli acidi grassi metilati nelle diverse classi lipidiche è stato ottenuto in HPLC con una colonna agli ioni argento (ChromSpher 5 Lipids 250mmx4.6mmx 1/4" Valco, Varian) (Delmonte, 2008). Le classi lipidiche separate, secondo l'ordine di eluizione, sono: acidi grassi saturi (SFA), acidi grassi trans-monoin saturi (t-MUFA), cis-monoin saturi (c-MUFA) e Acidi Grassi Polinsaturi (PUFA). La fase mobile (flusso 1ml/min) è composta inizialmente da 95% di esano e 5% di isottano saturo con acetonitrile e nella fase finale della corsa cromatografica da 100% di isottano saturo che permette l'eluizione finale dei PUFA, con flusso di 2ml/min. Le frazioni raccolte e portate a secco sono poi iniettate al GC-FID.

Analisi al GC-MS. Il riconoscimento degli acidi grassi è stato effettuato al gascromatografo con spettrometro di massa (GCMS-QP2010, Shimadzu Italia, Milano) con colonna capillare altamente polare al cianopropil silossano da 100mt (SP-2560 da 100mt x 0.25mm x 0.2um, Supelco). Il gas carrier era elio, con split ratio di 20:1.

Analisi al GC-FID. La valutazione della concentrazione degli FA nel latte è stata effettuata dai campioni metilati con un sistema GC-FID (GC/FID-2010, Shimadzu Italia, Milano), con colonna capillare da 100mt a ioni liquidi altamente polare (SLB-IL111, Supelco (Bellefonte, Pa) e fase mobile costituita da idrogeno in gas e lo split ratio di 50:1. La colonna è stata tenuta a 80°C per 2 minuti, portata in 15 minuti a 162°C e tenuti per 18 minuti, quindi in 5 minuti a 185°C e tenuto per 33 minuti. I valori di concentrazione sono stati ottenuti attraverso la costruzione di una tavola di calibrazione in seguito all'iniezione del mix standard reference GLC463 della Nu-Chek Prep, Inc.

Tabella 4 - Protocollo d'analisi dei lipidi del latte con GC-FID.

PROTOCOLLI DI ESTRAZIONE ED ANALISI DEL PROFILO LIPIDICO	
Estrazione dei lipidi	<ul style="list-style-type: none"> • Metodica di Folch (1957) e Bligh e Dyer (1959) Soluzione cloroformio/metanolo/acqua 1:2:0.8
Determinazione Lipidi Totali	<ul style="list-style-type: none"> • Metodica di Chiang (Chiang SD, 1957) soluzione Chiang – Bicromato di potassio/acido solforico/acqua; lettura allo spettrofotometro
Preparazione FAME	<ul style="list-style-type: none"> • Metodo di Cruz-Hernandez et al. (2004) Metilazione con metossido di sodio 0.5N e acidificazione con acido ossalico in dietil etere 0.5g/15ml
Frazionamento FA	<ul style="list-style-type: none"> • Metodo di Delmonte et al. (2008) Iniezione in HPLC/DAD (1100 series, Agilent Technologies Italia, Milano) con 1 colonne ioni Ag+, ChromSpher 5 Lipids 250mmx4.6mmx 1/4" Valco, Varian
Identificazione FA	<ul style="list-style-type: none"> • Metodo di Mossoba et al., (1997) Derivatizzazione con 4,4-dimethyloxazoline (DMOX) e analisi con GCMS-QP2010 (Shimadzu Italia, Milano)
Valutazione FA	<ul style="list-style-type: none"> • Metodo di Delmonte et al. (2011) Analisi in GC/FID-2010 (Shimadzu Italia, Milano) e colonna capillare (100mx0.25mmx0.2um) a ioni liquidi SLB-IL111, Supelco (Bellefonte, Pa)

FASE DI ORGANIZZAZIONE DEGLI ALLEVAMENTI E CAMPIONAMENTI

Le due razze di capre prese in esame (Sarda e Maltese) sono rappresentative della realtà regionale sarda e tra le maggiormente allevate nel territorio isolano. Il presente studio è stato condotto con lo scopo di ridurre l'impatto di fattori diversi dalla razza esponendo gli animali a condizioni ambientali e manageriali omogenee all'interno di ciascun allevamento. Sono stati costituiti 2 gruppi di capre nullipare iscritte al libro genealogico delle razze Sarda (razza S) e Maltese (razza M) e sistemati all'interno di due allevamenti di tipo semi-estensivo con le caratteristiche più tradizionali del territorio sardo: allevamento A (Lula) e allevamento B (Olzai). Gli animali sono stati campionati durante il corso di due anni di lattazione. Nel primo anno di lattazione gli animali campionati erano tutti nullipari, nel secondo anno insieme agli animali secondipari appartenenti al primo anno di lattazione sono stati campionati altri animali primipari che al primo anno risultavano immaturi per sostenere la gravidanza e la conseguente lattazione.

Animali

Gli animali, appartenenti alle due razze Sarda e Maltese, sono stati scelti da allevamenti di capi regolarmente iscritti ai rispettivi libri genealogici ed identificati mediante transponder endoruminali. I soggetti identificati sono stati sottoposti a un rilevamento dei principali dati morfologici e a un attento esame generale preliminare dello stato sanitario e, in particolare, dell'apparato mammario. I capi scelti per i gruppi sperimentali nel presente studio, sono stati successivamente inseriti in ciascun allevamento e inclusi dopo il parto fra gli animali in produzione. Nel corso dei due anni è stato assicurato il monitoraggio dello stato sanitario degli animali procedendo,

pertanto, all'effettuazione di interventi diagnostici e sanitari, volti alla prevenzione e alla terapia degli animali. In alcuni soggetti deceduti è stato effettuato l'esame autoptico e ulteriori interventi diagnostici.

Allevamenti

Le due aziende agricole (Allevamento A = Lula, Allevamento B = Olzai) sono state scelte secondo i seguenti criteri: condizioni di allevamento delle capre rappresentative della realtà regionale per tipologia (estensive); alimentazione prevalente al pascolo e razionamento alimentare con eventuali integrazioni in stalla; tecniche tradizionali di mungitura e di produzione del latte; organizzazione e distribuzione dei parti nello stesso periodo dell'anno.

Durante il corso del progetto sono state verificate delle differenze gestionali, riportate in Tabella 5, tra i due allevamenti che hanno determinato una diversificazione nella produzione e nella qualità stessa del latte.

Tabella 5 - Gestione degli allevamenti (A, B) di capre presso i quali erano collocati i due gruppi sperimentali (Maltese, Sarda).

Differenze Di Gestione Degli Allevamenti	
Allevamento A	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentazione: prevalentemente al pascolo, con disponibilità regolare e costante • Prato polifita di erbe spontanee ed erbaio di graminacee e leguminose (loietto e trifoglio) • Ore di pascolo: da 6h/giorno (Primavera) - 12h/giorno (Estate) • Integrazione: somministrazione regolare e costante di fieno (naturale polifita, foraggio di medica) concentrati (mais, semi di soia e barbabietola)
Allevamento B	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentazione: disponibilità di pascolo irregolare e incostante e notevole apporto in concentrati • Prato naturale con significativa presenza di macchia mediterranea • Ore di Pascolo: circa 12h pascolo(intero arco della lattazione) • Integrazione: notevole apporto di concentrati (mais, barbabietola e avena), disponibilità fieno limitata ed incostante

Gruppi sperimentali

Il numero degli animali scelti per il presente studio era inizialmente 62, ma in seguito ha subito delle variazioni a causa di perdite di alcuni capi e successive introduzioni di nuovi nei due allevamenti. Nel corso del primo anno di lattazione, il numero degli animali in produzione, su cui sono stati effettuati i prelievi di latte, è stato complessivamente pari a 48, di cui 23 capre Maltesi e 25 di razza Sarda. Nel corso del secondo anno di lattazione, complessivamente gli animali in produzione risultavano 83, comprendenti 41 capre Maltesi e 42 di razza Sarda. Nella Tabella 6 risulta elencata la consistenza dei gruppi sperimentali nell'anno iniziale di adattamento e nei successivi due anni di lattazione.

In seguito ad un ritardo nello sviluppo di alcuni animali, un livello adeguato di crescita (60-70% del peso dell'adulto) è necessario per sostenere la gestazione, è stato effettuato un'integrazione dei gruppi sperimentali introducendo ulteriori capi.

Tabella 6 – Gruppi sperimentali: consistenza (numero animali) per razza (Maltese, Sarda) e allevamento (A, B) nel corso della fase iniziale, I° e II° annualità.

Numero Iniziale Animali dei Gruppi Sperimentali						
Allevamento A			Allevamento B			
<i>Maltese</i>	<i>Sarda</i>	Totale	<i>Maltese</i>	<i>Sarda</i>	totale	Totale complessivo
10	15	25	14	23	37	62
I°Anno: Numero Animali dei Gruppi Sperimentali						
12	12	24	11	13	24	48
II°Anno: Numero Animali dei Gruppi Sperimentali						
21	17	38	20	25	45	83

Effettuazione dei campionamenti

Su tutti i soggetti con cadenza mensile viene effettuata una visita clinica approfondita individuale, che prevede, oltre all'esame delle principali funzioni organiche, anche la rilevazione del peso corporeo, del Body Condition Score (BCS), dell'ammontare della produzione di latte e il prelievo di campioni per i controlli parassitologici.

Nel corso del primo anno di lattazione, da Aprile a Luglio, sono stati effettuati 4 campionamenti mensili per allevamento, per un totale di 8 campionamenti. Il campionamento prevedeva il prelievo di campioni di latte individuale e la rilevazione dei dati inerenti il management aziendale (alimentazione, stato sanitario, etc). Ciascun campione è suddiviso in più aliquote di cui una (circa 50 ml) per le analisi di composizione di base (grasso, proteine, lattosio, urea, CCS) e un'altra (circa 50 ml) per l'analisi chimica. I campioni di latte sono conservati per un massimo di 12 h a 4°C sino all'arrivo in laboratorio. La frazione destinata all'esame chimico pertanto viene aliquotata in 3 distinte frazioni e conservata in 3 differenti freezer a -20°C. Si procede di volta in volta allo scongelamento di una delle 3 aliquote e alla applicazione del protocollo sperimentale per un numero di campioni corrispondente a quelli prelevati in un campionamento effettuato presso uno dei 2 allevamenti.

Nella Tabella 7 è indicato il numeri dei campioni di latte prelevato nel corso della 1°anno di lattazione.

Tabella 7 – Consistenza numero campioni di latte prelevati (Maltese, Sarda), per campionamento e allevamento (A, B) nella 1° anno di Lattazione.

Numero Campioni 1°Anno di Lattazione.							
Prelievo	Allevamento A:			Allevamento B:			Totale
	<i>Maltese</i>	<i>Sarda</i>	TOT	<i>Maltese</i>	<i>Sarda</i>	TOT	Campioni
1	13	12	25	11	12	23	48
2	13	12	25	11	13	24	49
3	13	12	25	11	13	24	49
4	12	12	24	11	13	24	48
Totali	51	48	99	44	51	95	194

Nel secondo anno di lattazione sono state effettuate le operazioni di campionamento (da Gennaio a Luglio) nelle stesse aziende impiegate nell'anno precedente (A=Lula, B=Olzai). I campionamenti effettuati in totale sono stati 16, di cui 9 nell'allevamento A e 7 nell'allevamento B. Data la discontinuità dell'inizio della lattazione degli animali sono stati necessari più campionamenti iniziali per definire il numero di capi da campionare. Inoltre la diversa gestione dei due allevamenti ha permesso una durata della lattazione maggiore nell'allevamento A.

I campioni di latte sono stati ottenuti sia da capre primipare sia da animali in seconda lattazione. Su tutti i soggetti con cadenza mensile è stata effettuata una visita clinica individuale, con esame delle principali funzioni organiche, rilevazione del peso corporeo, del Body Condition Score ed il prelievo di campioni per controlli parassitologici. Si è proceduto all'effettuazione degli interventi diagnostici e sanitari, sia terapie di profilassi che di cura degli animali. Nei soggetti deceduti è stato effettuato l'esame autoptico e ulteriori interventi diagnostici. Anche nel corso del secondo anno, ad ogni campionamento si è proceduto al prelievo di campioni di latte individuale e alla rilevazione dei dati inerenti il management aziendale (alimentazione, stato sanitario, etc). Ciascun campione è stato conservato per un periodo di tempo non

maggiore di 12h a 4°C fino all'arrivo in laboratorio e quindi suddiviso in più aliquote per le analisi di composizione di base (grasso, proteine, lattosio, urea, CCS) e l'analisi chimica dei lipidi. I campioni aliquotati per l'analisi lipidica sono stati quindi conservati in differenti freezer a -20°C. Al momento dell'applicazione del protocollo di laboratorio è stata scongelata un'aliquota, mentre le restanti sono state utilizzate per eventuali ripetizioni dell'analisi.

Le differenze organizzative hanno permesso all'allevamento A di allungare il periodo di lattazione del secondo anno, dove è stato fatto un ulteriore campionamento rispetto all'allevamento B (7 invece di 6). Nella Tabella 8 è indicato il numeri dei campioni di latte prelevato nel corso del secondo anno di lattazione.

Tabella 8 – Consistenza numero campioni di latte prelevati (Maltese, Sarda), per campionamento e allevamento (A, B) nella II° annualità.

Numero Campioni II° Anno di Lattazione											
Prelievo	Allevamento A:					Allevamento B:					Totale Campioni
	Maltese		Sarda		TOT	Maltese		Sarda		TOT	
	Secondipare	Primipare	Secondipare	Primipare		Secondipare	Primipare	Secondipare	Primipare		
1	13	7	9	8	37	10	6	11	13	40	77
2	13	8	9	8	38	10	9	11	14	44	82
3	12	8	9	7	36	10	9	11	14	44	80
4	11	8	9	7	35	10	9	11	14	44	79
5	11	8	9	7	35	10	9	11	14	44	79
6	10	8	9	7	34	10	8	11	14	43	77
7	10	8	9	7	34	-	-	-	-	-	34
Totali	80	55	63	51	249	60	50	66	83	259	508

FASE DI APPLICAZIONE DEI PROTOCOLLI D'ANALISI

Da ciascun campione di latte individuale sono state ottenute due aliquote una per le analisi di composizione di base (grasso, proteine, lattosio, urea, CCS) e una per l'analisi chimica dei lipidi del latte. La prima frazione è stata immediatamente elaborata, la

seconda è stata conservata a -20°C e scongelata al momento dell'applicazione del protocollo operativo.

La prima aliquota di latte campionato è stata utilizzata per le analisi di composizione di base relative alla concentrazione nel latte di grasso proteine, lattosio e urea ottenute mediante spettrometria a infrarosso con sistema integrato Milk Testing Milkoscan FT 6000 (CombiFoss 6000 FC instrument, Denmark) secondo il metodo 141C:2000 FIL-IDF. La conta delle cellule somatiche (CCS) è stata effettuata invece attraverso citofluorimetria a flusso, con sistema integrato Milk Testing Fossomatic 5000 (CombiFoss 6000 FC instrument, Denmark).

Tabella 9 - Analisi dei parametri di composizione di base del latte.

ANALISI DEI PARAMETRI DI COMPOSIZIONE DI BASE DEL LATTE	
GRASSO	<ul style="list-style-type: none"> Spettrometria a infrarosso con sistema integrato Milk Testing Milkoscan FT 6000 (CombiFoss 6000 FC instrument, Denmark) Metodo 141C:2000 FIL-IDF
PROTEINE	<ul style="list-style-type: none"> Spettrometria a infrarosso con sistema integrato Milk Testing Milkoscan FT 6000 (CombiFoss 6000 FC instrument, Denmark) Metodo 141C:2000 FIL-IDF
LATTOSIO	<ul style="list-style-type: none"> Spettrometria a infrarosso con sistema integrato Milk Testing Milkoscan FT 6000 (CombiFoss 6000 FC instrument, Denmark) Metodo 141C:2000 FIL-IDF
UREA	<ul style="list-style-type: none"> Spettrometria a infrarosso con sistema integrato Milk Testing Milkoscan FT 6000 (CombiFoss 6000 FC instrument, Denmark) Metodo Manuali Foss Italia
CCS	<ul style="list-style-type: none"> Citofluorimetria di flusso, con sistema integrato Milk Testing Fossomatic 5000 (CombiFoss 6000 FC instrument, Denmark) Metodo FIL-IDF 148 - 2: 2006/ISO13366-2

La seconda aliquota di latte campionato durante il primo anno di lattazione è stato analizzato con la metodica di "analisi dei lipidi in HPLC e GC-MS" (Tabella 3), mentre durante il secondo anno di lattazione con la metodica di "analisi dei lipidi in GC-FID" (Tabella 4).

Analisi statistica

Il contenuto medio in acidi grassi (ng/mg di lipidi totali) del latte è stato esaminato per indagare l'effetto dell'allevamento di appartenenza, della data di campionamento, della razza di appartenenza e, solo relativamente ai dati del secondo anno, della lattazione. Le categorie di acidi grassi considerate sono state le seguenti: Acidi Grassi Saturi (SFA) con Acidi Grassi a Corta Catena (SCFA) (4-10C) e Acidi Grassi a Media e Lunga Catena (MLCFA), Acidi Grassi Monoinsaturi (MUFA), Acidi Grassi Polinsaturi (PUFA) della famiglia n-6 e n-3 (PUFA), isomeri del CLA, isomeri *trans* del C18:1, e i più importanti rapporti metabolici e indici di desaturazione.

L'analisi statistica dei dati ottenuti nel primo anno di lattazione è stata condotta mediante software Statgraphics 5.1 Centurion (StatPoint Technologies, Warrenton, VA, USA) mediante la procedura GLM secondo il modello:

$$Y_{ijk} = m + A_i + D_j + R_k + e_{ijkn} .$$

Y_{ijk} è la variabile dipendente che rappresenta la concentrazione dell'acido grasso/indice metabolico; m la media; A_i l'effetto dell'allevamento di appartenenza (due livelli); D_j l'effetto della data di campionamento (quattro livelli); R_k l'effetto della razza di appartenenza (due livelli); e_{ijkn} l'errore residuale.

L'analisi relativa ai dati ottenuti nel secondo anno di lattazione è stata condotta sempre attraverso software Statgraphics 5.1 con procedura GLM secondo il modello:

$$Y_{ijk} = m + A_i + D_j + R_k + L_n + e_{ijkn} .$$

Y_{ijk} è la variabile dipendente che rappresenta la concentrazione dell'acido grasso/indice metabolico; m la media; A_i l'effetto dell'allevamento di appartenenza (due livelli); D_j l'effetto della data di campionamento (quattro livelli); R_k l'effetto della

razza di appartenenza (due livelli); L_n l'effetto dell'anno di lattazione (due livelli); e_{ijkn} l'errore residuale.

Le differenze fra le medie sono valutate mediante LSD test per un livello di significatività $P < 0,05$.

RISULTATI ANALISI DEI LIPIDI IN HPLC E GC-MS

Il numero degli animali da campionare era inizialmente 62, in seguito ci sono state variazioni per alcune perdite di capi e successive integrazioni. Nel corso del primo anno di lattazione, il numero degli animali in produzione era composto da 23 capre di razza Maltese e 25 di razza Sarda (vedi Tabella 6), di cui 12 Maltesi e 12 Sarde nell'allevamento A, e 11 Maltesi e 13 Sarde nell'allevamento B.

In ogni campionamento, realizzato con cadenza mensile (da Aprile a Luglio) per l'intero arco della lattazione, è stata effettuata una visita clinica approfondita individuale, con esame delle principali funzioni organiche, rilevazione del peso corporeo, del Body Condition Score (BCS), dell'ammontare della produzione di latte e prelievi di campioni per i controlli parassitologici. I campioni di latte individuale prelevati sono stati suddivisi in due aliquote da 50 ml: una per le analisi di composizione di base (grasso, proteine, lattosio, urea), l'altra per l'analisi dei lipidi in HPLC e GC-MS.

La frazione per le analisi di composizione di base è stata esaminata attraverso un sistema integrato CombiFoss 6000 (FC instrument, Denmark) (Tabella 9). I dati relativi al peso corporeo (kg), del Body Condition Score (BCS), alla produzione di latte (g), al contenuto in grasso (g/100ml), proteine (g/100ml), lattosio (g/100ml), urea (g/dl), sono elencati nelle tabelle successive sotto forma di medie (\pm deviazione standard) ottenute dalle due razze, Maltese (M) e Sarda (S) suddivisi nei singoli campionamenti (n=4) nei due allevamenti (A e B). I dati ottenuti sono il risultato dall'effetto di tre fattori: la razza (R), la data di campionamento (C) e l'allevamento (A).

Tabella 10 – Allevamento A. Peso corporeo (kg), Body Condition Score (BCS), produzione di latte (g), grasso (g/100ml), proteine (g/100ml), lattosio (g/100ml), urea (g/dl). Valori medi e deviazioni standard.

		Allevamento A				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
BCS	M ³	2.02 ±0.30	2.04 ±0.27	2.10 ±0.32	1.94 ±0.22	***	***	NS
	S	1.94 ±0.25	2.25 ±0.29	2.21 ±0.37	2.04 ±0.23			
Peso Animale (kg)	M	37.40 ±3.18	41.49 ±3.51	41.74 ±3.87	40.29 ±3.73	***	**	NS
	S	29.95 ±3.40	33.85 ±3.88	33.35 ±3.71	32.32 ±4.78			
Produzione di latte (g)	M	881.23 ±268.52	1642.15 ±441.46	1347.62 ±282.75	457.08 ±194.85	***	***	***
	S	392.33 ±214.17	964.92 ±515.42	852.00 ±411.53	249.08 ±163.29			
Grasso (g/100ml)	M	4.40 ±0.41	4.75 ±0.55	4.85 ±0.61	7.19 ±0.89	***	***	*
	S	4.40 ±1.45	4.87 ±1.23	5.65 ±1.71	7.01 ±1.62			
Proteine (g/100ml)	M	3.41 ±0.22	3.44 ±0.24	3.63 ±0.28	3.91 ±0.48	***	*	**
	S	3.99 ±1.10	3.51 ±0.57	3.50 ±0.49	3.94 ±0.83			
Lattosio (g/100ml)	M	4.77 ±0.11	4.73 ±0.15	4.59 ±0.15	4.28 ±0.14	*	***	NS
	S	4.71 ±1.26	4.96 ±0.41	4.89 ±0.22	4.41 ±0.20			
Urea (g/dl)	M	34.09 ±5.99	40.55 ±6.31	29.80 ±4.04	29.84 ±5.54	***	***	***
	S	39.80 ±5.54	42.96 ±5.67	35.27 ±7.54	43.28 ±8.07			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 11 – Allevamento B. Peso corporeo (kg), Body Condition Score (BCS), produzione di latte (g), grasso (g/100ml), proteine (g/100ml), lattosio (g/100ml), urea (g/dl). Valori medi e deviazioni standard.

		Allevamento B				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
BCS	M ³	2.05 ±0.29	2.20 ±0.33	1.86 ±0.21	1.80 ±0.22	***	***	NS
	S	2.25 ±0.30	2.56 ±0.23	2.08 ±0.19	2.17 ±0.28			
Peso Animale (kg)	M	32.51 ±2.63	34.28 ±2.51	33.12 ±2.50	33.52 ±2.71	***	**	NS
	S	35.54 ±4.81	37.68 ±3.96	35.85 ±3.76	37.24 ±3.62			
Produzione di latte (g)	M	677.18 ±191.65	1226.18 ±340.98	479.55 ±122.10	183.00 ±75.45	***	***	***
	S	520.42 ±178.49	869.92 ±253.84	494.23 ±126.80	250.92 ±90.70			
Grasso (g/100ml)	M	3.88 ±1.36	4.60 ±0.62	5.93 ±1.29	5.36 ±0.88	***	***	*
	S	4.22 ±1.06	5.87 ±1.11	8.12 ±1.08	9.12 ±2.40			
Proteine (g/100ml)	M	3.41 ±0.37	3.09 ±0.21	2.99 ±0.32	2.89 ±0.31	***	*	**
	S	3.80 ±0.40	3.58 ±0.29	3.70 ±0.38	4.07 ±1.03			
Lattosio (g/100ml)	M	5.02 ±0.11	4.70 ±0.18	4.42 ±0.18	4.21 ±0.14	*	***	NS
	S	5.07 ±0.23	4.83 ±0.18	4.63 ±0.20	4.31 ±0.38			
Urea (g/dl)	M	26.58 ±8.95	30.68 ±5.23	16.33 ±4.34	12.72 ±3.38	***	***	***
	S	25.54 ±5.70	23.85 ±6.28	24.42 ±7.29	14.73 ±2.91			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

La frazione di latte destinata alle analisi dei lipidi del latte è stata elaborata seguendo il “protocollo d’analisi in HPLC e GC-MS” messo a punto per i campioni ottenuti il primo anno di lattazione (Tabella 3). Nelle tabelle successive sono indicate le concentrazioni dei principali acidi grassi presenti nel latte delle due razze esaminate: Maltese e Sarda. I dati (media±ds) relativi alle concentrazioni degli acidi grassi sono espressi in nmol

AG/mg di Lipidi Totali, questi ultimi determinati con la metodica di Chiang (Chiang SD, 1957). Anche i risultati riferiti ai più importanti indici metabolici sono esposti come medie e deviazioni standard relativi ai singoli animali nei 2 allevamenti (A e B).

I dati relativi alle concentrazioni dei più importanti Acidi Grassi Saturi (SFA) presenti nel grasso del latte della razza Maltese e della razza Sarda sono riportati nelle tabelle successive, con riferimento all'allevamento A e all'allevamento B. I dati relativi agli grassi saturi sono stati ottenuti in seguito a metilazione con BF₃ metanolico dei campioni di latte (Banni, 1994) e analisi al GC-MS con colonna capillare da 100mt al cianopropilsilossano (Tabella 3). Nella Tabella 12 e nella Tabella 13 i dati si riferiscono agli Acidi Grassi a Corta Catena (SCFA), tra cui sono annoverati gli acidi carbossilici con un numero di atomi di carbonio da 4 a 10: i principali sono l'acido butirrico (4:0), l'acido caproico (6:0), l'acido caprilico (8:0) e l'acido caprico (10:0). Con il metodo d'analisi in HPLC e GC-MS, utilizzata per analizzare i campioni di latte del primo anno di lattazione, non è stato possibile recuperare il 4:0 e la sua concentrazione nel latte.

Tabella 12 – Allevamento A - Acidi Grassi a Corta Catena (SCFA) e totale somma. Valori di concentrazione medie e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali).

		Allevamento A				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
4:0	M ³	-	-	-	-			
	S	-	-	-	-			
6:0	M	3.79 ±2.20	3.64 ±2.46	2.96 ±1.71	0.57 ±0.18	NS	***	NS
	S	9.05 ±7.11	2.60 ±0.64	0.49 ±0.35	3.33 ±1.06			
8:0	M	127.08 ±88.62	142.74 ±48.51	108.08 ±34.16	29.41 ±22.94	NS	***	**
	S	225.44 ±25.66	136.11 ±55.11	39.30 ±34.62	111.59 ±29.45			
10:0	M	733.47 ±199.60	685.40 ±120.05	488.64 ±92.24	339.36 ±49.65	NS	***	***
	S	842.52 ±166.03	737.81 ±74.67	358.23 ±151.37	508.31 ±129.67			
Tot SCFA	M	862.44 ±274.13	831.22 ±164.69	599.38 ±112.38	369.15 ±62.99	NS	***	***
	S	1077.02 ±180.62	875.11 ±108.74	397.66 ±178.61	566.57 ±239.54			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento

² R: razza; C: campionamento; A: allevamento

³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 13 – Allevamento B - Acidi Grassi a Corta Catena (SCFA) e totale somma. Valori di concentrazione medie e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali).

		Allevamento B				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
4:0	M ³	-	-	-	-	NS	***	NS
	S	-	-	-	-			
6:0	M	15.91 ±6.64	5.63 ±5.33	5.15 ±4.13	0.52 ±0.21			
	S	2.49 ±1.54	5.79 ±2.08	4.33 ±4.92	1.12 ±0.36			
8:0	M	207.15 ±36.58	105.97 ±86.19	37.87 ±15.58	8.43 ±3.34			
	S	120.38 ±39.94	125.26 ±113.75	50.51 ±27.45	24.34 ±9.12			
10:0	M	569.63 ±112.63	517.23 ±154.40	125.77 ±39.55	145.84 ±64.25			
	S	468.58 ±112.48	579.79 ±298.32	146.56 ±67.71	132.88 ±33.70			
Tot SCFA	M	792.69 ±151.34	626.26 ±229.09	167.65 ±50.66	153.79 ±67.61			
	S	591.24 ±146.80	707.719 ±396.21	201.40 ±96.85	158.25 ±38.10			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Nella Tabella 14 e nella Tabella 15 sono riportati i dati relativi alle concentrazioni dei più importanti Acidi Grassi Saturi (SFA) presenti nel grasso del latte, tra cui i più abbondanti nel grasso del latte delle capre esaminate, l'acido palmitico (16:0) e l'acido stearico (18:0). L'acido palmitico nei nostri dati risulta il FA a maggiore concentrazione.

Tabella 14 – Allevamento A - Acidi Grassi Saturi a Media e Lunga Catena (MLCFA) e totale somma Acidi Grassi Saturi (SFA). Valori di concentrazione medie e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali).

		Allevamento A				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
12:0	M ³	233.18 ±54.68	225.49 ±38.49	160.34 ±30.76	121.92 ±19.17	NS	***	***
	S	263.18 ±59.10	258.95 ±35.92	125.53 ±50.47	170.09 ±47.80			
14:0	M	339.06 ±79.73	316.34 ±103.03	278.80 ±57.79	276.74 ±26.92			
	S	386.89 ±68.44	359.62 ±51.17	216.08 ±89.26	284.66 ±49.85			
15:0	M	37.97 ±9.98	60.39 ±7.32	43.87 ±4.79	53.90 ±6.51			
	S	41.42 ±9.92	50.47 ±12.37	31.36 ±11.32	39.70 ±7.68			
16:0	M	817.57 ±179.79	953.80 ±118.54	711.10 ±112.42	774.93 ±70.22			
	S	915.11 ±164.74	911.45 ±151.83	571.17 ±204.66	745.07 ±93.46			
18:0	M	348.23 ±111.27	483.19 ±86.23	380.87 ±48.01	296.31 ±29.45			
	S	419.68 ±80.90	512.89 ±105.62	323.93 ±127.48	258.78 ±67.29			
20:0	M	9.13 ±2.86	13.76 ±2.28	12.87 ±2.46	17.31 ±2.48			
	S	10.81 ±2.94	12.73 ±2.80	9.56 ±4.01	13.57 ±2.59			
22:0	M	2.85 ±0.82	4.33 ±0.77	3.68 ±0.73	5.25 ±0.56			
	S	3.13 ±1.14	4.41 ±0.90	2.65 ±1.14	4.15 ±1.27			
24:0	M	3.01 ±1.30	5.82 ±1.32	3.60 ±1.29	1.88 ±0.48			
	S	2.79 ±0.94	5.34 ±2.83	1.41 ±0.62	1.44 ±0.58			
26:0	M	3.17 ±1.18	3.93 ±0.94	2.85 ±1.03	2.06 ±0.60			
	S	3.94 ±0.66	3.74 ±1.83	1.51 ±0.50	1.93 ±0.57			
MLCFA	M	1794.17 ±412.56	2067.06 ±266.66	1597.99 ±240.56	1550.29 ±106.77			
	S	1860.87 ±676.21	2119.60 ±196.24	1283.19 ±466.91	1519.38 ±144.03			
SFA	M	2656.61 ±655.89	2898.28 ±382.38	2197.37 ±327.03	1919.44 ±139.51			
	S	3123.98 ±431.42	2994.70 ±260.18	1680.85 ±621.14	2142.60 ±283.38			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 15 – Allevamento B - Acidi Grassi Saturi a Media e Lunga Catena (MLCFA) e totale somma Acidi Grassi Saturi (SFA). Valori di concentrazione medie e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali).

		Allevamento B								R ²	C	A
		1 ¹		2		3		4				
12:0	M ³	174.07	±35.30	164.79	±46.22	43.67	±10.41	65.68	±24.73	NS	***	***
	S	150.36	±33.31	181.95	±63.78	41.43	±15.72	47.70	±13.46			
14:0	M	330.50	±69.40	300.69	±37.67	101.04	±25.54	162.09	±47.05	NS	***	***
	S	250.07	±47.99	315.31	±89.47	84.95	±26.40	120.37	±29.93			
15:0	M	45.65	±7.22	47.10	±6.41	20.71	±6.21	38.04	±9.08	***	***	***
	S	28.39	±6.58	39.34	±10.38	11.01	±3.11	24.91	±3.51			
16:0	M	959.50	±85.79	811.16	±59.91	484.01	±81.95	607.93	±117.75	*	***	***
	S	704.04	±110.85	878.53	±164.77	361.44	±106.87	633.75	±69.13			
18:0	M	600.05	±101.75	544.44	±63.82	334.55	±74.60	369.40	±72.34	NS	***	***
	S	557.30	±83.74	646.68	±130.45	304.23	±107.63	509.98	±84.04			
20:0	M	26.96	±45.20	13.55	±1.80	7.57	±2.22	12.89	±2.93	NS	NS	NS
	S	9.66	±1.44	13.95	±2.97	5.08	±1.87	11.69	±2.02			
22:0	M	3.25	±1.19	4.64	±0.73	2.79	±1.12	4.66	±1.21	*	***	NS
	S	3.86	±1.28	5.02	±2.10	1.37	±0.62	3.53	±0.76			
24:0	M	1.80	±0.36	4.01	±0.79	2.41	±0.60	3.17	±0.78	*	***	NS
	S	3.27	±0.98	4.10	±1.69	1.07	±0.66	2.50	±0.70			
26:0	M	3.60	±1.44	4.00	±0.76	1.98	±0.24	2.06	±0.47	NS	***	NS
	S	3.52	±0.62	5.03	±1.00	1.05	±0.54	1.54	±0.49			
MLCFA	M	2145.38	±189.19	1894.38	±104.61	998.73	±187.03	1265.91	±247.64	NS	***	***
	S	1710.46	±243.08	2089.91	±420.59	811.62	±252.53	1355.98	±148.22			
SFA	M	2938.07	±305.63	2520.64	±293.53	1166.37	±219.77	1419.70	±306.15	NS	***	***
	S	2301.71	±349.83	2797.63	±671.79	1013.01	±339.24	1514.23	±175.17			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

I dati relativi agli Acidi Grassi Insaturi (UFA), sia MUFA che PUFA, sono stati ottenuti con analisi dei campioni in HPLC con colonna C18, con lettura dello spettro a 200nm di lunghezza d'onda. Le concentrazioni degli Acidi Grassi Monoinsaturi (MUFA) nel latte di capra di razza Maltese e Sarda sono riportate nella Tabella 16 e nella Tabella 17 dove troviamo elencati i più importanti acidi grassi con un unico doppio legame in posizione 9 e in configurazione *cis*. Tra questi troviamo l'acido oleico (c9-18:1, OA), il secondo acido grasso maggiormente concentrato nel latte delle capre di entrambe le razze, gli altri in ordine crescente di concentrazione sono l'acido palmitoleico (c9-16:1, PA) e l'acido miristoleico (c9-14:1, MA).

Tabella 16 – Allevamento A - Acidi Grassi Saturi Monoinsaturi (MUFA) e totale somma. Valori di concentrazione medie e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali).

		Allevamento A				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
c9-14:1	M ³	4.22 ±1.19	3.29 ±1.39	3.71 ±0.93	4.16 ±0.87	***	*	NS
	S	4.00 ±1.13	3.36 ±1.83	2.41 ±1.15	4.37 ±1.73			
c9-16:1	M	15.72 ±8.29	24.15 ±3.95	10.87 ±5.62	10.20 ±2.70	NS	***	*
	S	24.75 ±8.47	17.07 ±8.21	9.80 ±3.62	10.99 ±2.73			
c9-18:1	M	437.13 ±130.53	529.85 ±50.41	525.75 ±137.38	406.95 ±33.76	NS	***	***
	S	483.98 ±86.08	516.96 ±65.85	443.51 ±98.38	405.34 ±52.20			
MUFA	M	456.11 ±132.89	557.30 ±50.00	540.33 ±143.20	421.31 ±35.05	*	***	***
	S	512.74 ±88.77	494.31 ±164.29	455.73 ±102.18	420.69 ±51.14			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 17 – Allevamento B - Acidi Grassi Saturi Monoinsaturi (MUFA) e totale somma. Valori di concentrazione medie e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali).

		Allevamento B				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
c9-14:1	M ³	4.45 ±2.77	3.79 ±1.23	4.60 ±1.95	3.37 ±1.26	***	*	NS
	S	3.74 ±1.75	2.72 ±1.00	2.18 ±0.78	2.39 ±1.02			
c9-16:1	M	21.28 ±5.03	17.90 ±3.65	25.30 ±4.60	14.43 ±4.48	NS	***	*
	S	12.43 ±3.72	17.12 ±5.61	17.44 ±4.29	17.12 ±4.48			
c9-18:1	M	588.28 ±165.12	602.73 ±62.13	1241.25 ±248.87	583.22 ±76.95	NS	***	***
	S	565.57 ±108.24	608.34 ±145.55	951.83 ±256.38	603.91 ±98.71			
MUFA	M	614.02 ±168.20	624.42 ±63.02	1271.15 ±253.09	601.03 ±75.69	*	***	***
	S	581.74 ±111.85	628.18 ±150.92	971.44 ±261.00	576.78 ±196.33			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Sono stati osservati, in HPLC-C18 a 200nm, anche i valori di concentrazione dei principali Acidi Grassi Polinsaturi (PUFA). Nella Tabella 18 e nella Tabella 19 sono indicati i risultati relativi ai principali componenti delle famiglie lipidiche n-6 e n-3 e i loro rispettivi indici metabolici. Gli acidi grassi essenziali, acido linoleico (c9,c12-18:2, LA) e acido α -linolenico (c6,c9,c12-18:3, ALA), capostipiti delle due famiglie, attraverso desaturasi ed elongasi originano rispettivamente l'acido arachidonico (c5,c8,c11,c14-20:4, AA) e l'acido eicosapentaenoico (c5,c8,c11,c14,c17-20:5, EPA). Della famiglia degli n-3 è stato elencato in tabella anche il prodotto della β -ossidazione perossisomiale, l'acido dosaesanoico (c4,c7,c10,c13,c16,c19-22:6, DHA).

Tabella 18 – Allevamento A - Acidi Grassi Saturi Polinsaturi (PUFA) e principali indici metabolici. Valori medi e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali).

		Allevamento A				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
18:2 (LA)	M ³	69.49 ±16.18	60.22 ±7.79	56.26 ±13.56	43.01 ±6.89	NS	***	***
	S	63.67 ±13.74	58.25 ±10.22	52.30 ±12.05	38.29 ±8.65			
20:4 (AA)	M	4.64 ±2.13	5.75 ±0.53	5.03 ±1.14	4.27 ±0.54	**	***	***
	S	3.63 ±1.19	6.23 ±1.73	4.22 ±0.97	5.36 ±1.25			
18:3 (ALA)	M	32.06 ±8.13	33.58 ±7.61	25.36 ±6.23	17.17 ±4.13	**	***	*
	S	31.59 ±12.06	28.77 ±12.92	15.44 ±6.01	6.58 ±4.10			
20:5 (EPA)	M	2.73 ±0.64	2.88 ±0.47	2.02 ±0.41	1.46 ±0.23	***	***	NS
	S	2.14 ±0.42	2.59 ±0.73	1.51 ±0.39	0.85 ±0.29			
22:6 (DHA)	M	2.28 ±1.09	3.07 ±0.72	1.99 ±0.59	1.52 ±0.29	NS	***	***
	S	2.63 ±0.71	2.73 ±0.99	1.47 ±0.36	1.42 ±0.44			
AA/LA	M	0.067 ±0.028	0.097 ±0.014	0.091 ±0.017	0.101 ±0.013	NS	***	NS
	S	0.058 ±0.017	0.099 ±0.018	0.081 ±0.011	0.142 ±0.025			
DHA/EPA	M	0.920 ±0.736	1.068 ±0.179	0.982 ±0.216	1.050 ±0.199	*	***	***
	S	1.252 ±0.358	1.050 ±0.262	0.997 ±0.214	1.759 ±0.524			
EPA/ALA	M	0.088 ±0.023	0.088 ±0.015	0.081 ±0.012	0.089 ±0.021	***	***	***
	S	0.074 ±0.026	0.095 ±0.022	0.101 ±0.017	0.148 ±0.042			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 19 – Allevamento B - Acidi Grassi Saturi Polinsaturi (PUFA) e principali indici metabolici. Valori medi e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali).

		Allevamento B				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
18:2 (LA)	M ³	69.01 ±15.88	76.74 ±10.43	101.05 ±18.06	48.11 ±6.57	NS	***	***
	S	62.64 ±16.47	91.91 ±20.84	89.96 ±29.99	38.63 ±10.17			
20:4 (AA)	M	7.67 ±2.34	6.56 ±0.75	8.97 ±1.49	4.58 ±1.09	**	***	***
	S	5.59 ±1.31	6.34 ±1.60	6.63 ±1.84	2.99 ±1.01			
18:3 (ALA)	M	22.95 ±7.09	35.79 ±8.01	31.92 ±7.60	16.27 ±4.46	**	***	*
	S	29.09 ±8.03	37.80 ±9.23	29.14 ±11.33	10.46 ±3.21			
20:5 (EPA)	M	2.21 ±0.70	2.45 ±0.33	2.29 ±0.75	1.35 ±0.41	***	***	NS
	S	2.15 ±0.57	2.62 ±1.02	2.15 ±0.77	0.90 ±0.27			
22:6 (DHA)	M	0.84 ±0.29	1.62 ±0.34	1.54 ±0.55	1.28 ±0.42	NS	***	***
	S	1.53 ±0.62	2.53 ±0.72	2.08 ±0.71	1.05 ±0.44			
AA/LA	M	0.110 ±0.016	0.086 ±0.008	0.089 ±0.010	0.095 ±0.012	NS	***	NS
	S	0.091 ±0.014	0.069 ±0.007	0.076 ±0.011	0.071 ±0.023			
DHA/EPA	M	0.412 ±0.168	0.664 ±0.124	0.691 ±0.206	0.998 ±0.349	***	***	***
	S	0.718 ±0.246	1.019 ±0.259	0.981 ±0.187	1.134 ±0.186			
EPA/ALA	M	0.099 ±0.024	0.071 ±0.015	0.073 ±0.020	0.084 ±0.016	*	***	***
	S	0.075 ±0.013	0.068 ±0.013	0.075 ±0.013	0.088 ±0.019			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Attraverso l'analisi in HPLC con colonna cromatografica C18 è stato possibile valutare la presenza del CLA e dell'acido vaccenico (t11-18:1, VA) il più importante isomero trans del 18:1. Nel latte delle due razze la concentrazione del CLA totale del VA risulta in media circa il 2.15% e il 9.25% della somma totale degli UFA esaminati in HPLC-C18

(protocollo di Banni et al., 1994). Questa metodica non riesce a separare i singoli isomeri come invece si può ottenere con l'analisi in HPLC con 2 colonne Ag+ poste in serie (Yurawecz e Morehouse, 2001; Adlof, 1995) (tabelle successive). L'isomero maggiormente rappresentato nel latte è il c9,t11-18:2, l'acido rumenico (RA), che generalmente costituisce circa il 75-90% del totale del CLA nel grasso del latte (Parodi, 1977). Il c9,t11-CLA insieme all'acido vaccenico (t11-18:1, VA) rappresentano i due intermedi chiave del processo di bioidrogenazione ruminale. Questi intermedi sono presenti in quantità apprezzabili nel grasso del latte dei ruminanti. Nel rumine inizialmente si accumula principalmente l'acido vaccenico, mentre il c9,t11-CLA è solo transitorio. L'acido vaccenico di origine ruminale, dopo assorbimento, rappresenta il substrato da cui avrà origine la maggior parte del c9,t11-CLA presente nel grasso del latte dei ruminanti, in seguito a un processo di desaturazione operata dall'enzima $\Delta 9$ -desaturasi (Bauman, 2003). Nelle tabelle successive possiamo osservare le concentrazioni nel latte del CLA totale e dell'acido vaccenico ottenuti con l'analisi in HPLC-C18, il primo con lettura dello spettro a 234nm di λ , il secondo a 200nm.

Tabella 20 – Allevamento A – CLA e VA. Valori medi e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali).

		Allevamento A				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
CLA TOT	M ³	18.47 ±5.13	28.09 ±7.95	15.73 ±3.68	12.61 ±1.43	**	***	NS
	S	17.89 ±7.14	24.59 ±8.26	14.15 ±5.77	9.19 ±3.24			
t11-18:1	M	64.93 ±28.97	109.32 ±26.32	53.18 ±15.65	34.23 ±8.24	NS	***	***
	S	59.30 ±24.95	77.85 ±20.99	47.50 ±12.09	23.82 ±9.43			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento

² R: razza; C: campionamento; A: allevamento

³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 21 – Allevamento B – CLA e VA. Valori medi e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali).

		Allevamento B				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
CLA TOT	M ³	21.14 ±7.56	17.96 ±3.19	23.35 ±5.51	14.94 ±3.35	**	***	NS
	S	11.93 ±2.83	13.79 ±5.43	17.94 ±6.08	19.59 ±8.93			
t11-18:1	M	98.97 ±27.35	53.35 ±6.39	159.38 ±43.52	49.98 ±8.65	NS	***	***
	S	50.16 ±13.01	52.66 ±9.56	177.91 ±67.40	97.13 ±26.14			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento

² R: razza; C: campionamento; A: allevamento

³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

L'analisi in HPLC con 2 colonne Ag+ poste in serie (Yurawecz e Morehouse, 2001; Adlof, 1995), permette una migliore separazione degli isomeri, sia del CLA che del trans-18:1. Nella Tabella 22 e nella Tabella 23 sono visualizzati i dati relativi alla concentrazione dei due gruppi di isomeri nel latte di capra delle due razze prese in esame, la Maltese e la Sarda, visualizzati entrambi all'interno dei due allevamenti selezionati. La percentuale di RA sul totale degli isomeri del CLA è 71.4% per la razza Maltese e 69.7% per la Sarda.

Tabella 22 – Allevamento A - Isomeri del CLA. Valori medi e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali)

		Allevamento A				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
t12,t14	M ³	1.16 ±0.54	0.36 ±0.10	0.07 ±0.04	0.29 ±0.04	NS	***	NS
	S	1.15 ±0.72	0.29 ±0.10	0.05 ±0.03	0.17 ±0.08			
t11,t13	M	1.59 ±0.69	1.46 ±0.48	0.39 ±0.12	0.31 ±0.07	NS	***	NS
	S	1.67 ±1.07	0.92 ±0.43	0.27 ±0.13	0.26 ±0.13			
t10,t12	M	0.19 ±0.06	0.19 ±0.07	0.60 ±0.18	0.42 ±0.07	NS	***	**
	S	0.21 ±0.11	0.18 ±0.06	0.40 ±0.18	0.29 ±0.22			
t9,t11	M	1.56 ±0.39	2.63 ±0.64	0.88 ±0.21	1.39 ±0.40	NS	***	NS
	S	1.50 ±0.60	1.98 ±0.72	0.71 ±0.35	0.63 ±0.19			
t8,t10	M	0.17 ±0.08	0.39 ±0.09	0.49 ±0.13	0.43 ±0.08	NS	***	***
	S	0.27 ±0.24	0.33 ±0.10	0.40 ±0.18	0.42 ±0.12			
t7,t9	M	0.40 ±0.21	2.80 ±1.55	0.92 ±0.27	0.27 ±0.04	NS	***	***
	S	0.36 ±0.17	2.08 ±0.79	0.93 ±0.43	0.16 ±0.05			
t6,t8	M	0.92 ±0.51	1.45 ±0.67	0.74 ±0.40	0.15 ±0.04	NS	***	***
	S	0.83 ±0.79	0.99 ±0.63	1.00 ±0.68	0.10 ±0.07			
c12,t14	M	0.92 ±0.51	0.86 ±0.24	0.25 ±0.10	0.10 ±0.02	NS	***	***
	S	1.09 ±1.02	0.83 ±0.58	0.19 ±0.07	0.07 ±0.03			
t11,c13	M	0.74 ±0.42	1.88 ±1.01	0.72 ±0.31	0.54 ±0.12	*	***	***
	S	0.89 ±0.88	1.50 ±0.90	0.57 ±0.31	0.21 ±0.17			
c9,t11	M	17.32 ±6.39	28.90 ±7.49	19.62 ±4.98	22.85 ±2.58	NS	***	**
	S	21.59 ±7.86	29.33 ±11.16	15.67 ±8.00	16.28 ±5.38			
t8,c10	M	0.31 ±0.12	0.54 ±0.17	0.30 ±0.08	0.44 ±0.09	NS	***	***
	S	0.41 ±0.14	0.52 ±0.19	0.35 ±0.15	0.38 ±0.09			
t7,c9	M	1.438 ±0.517	1.524 ±0.337	1.138 ±0.231	1.464 ±0.465	NS	***	***
	S	1.617 ±0.687	1.450 ±0.492	1.057 ±0.510	1.039 ±0.354			
c9,c11	M	0.276 ±0.082	0.472 ±0.208	0.127 ±0.067	0.054 ±0.013	*	***	*
	S	0.210 ±0.078	0.462 ±0.137	0.053 ±0.023	0.154 ±0.126			
TOT CLA	M	26.992 ±8.600	42.005 ±9.455	26.237 ±6.057	28.951 ±2.858	NS	***	**
	S	31.780 ±12.162	39.859 ±13.940	21.636 ±9.921	20.341 ±6.577			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento

² R: razza; C: campionamento; A: allevamento

³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 23 – Allevamento B - Isomeri del CLA. Valori medi e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali)

		Allevamento B				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
t12,t14	M ³	1.14 ±0.58	0.83 ±0.25	0.10 ±0.04	0.11 ±0.03	NS	***	NS
	S	0.71 ±0.38	0.68 ±0.27	0.12 ±0.07	0.19 ±0.06			
t11,t13	M	1.27 ±0.50	1.25 ±0.48	0.20 ±0.08	0.23 ±0.10	NS	***	NS
	S	1.48 ±0.59	1.14 ±0.39	0.24 ±0.13	0.45 ±0.11			
t10,t12	M	0.34 ±0.17	0.17 ±0.06	0.11 ±0.05	0.29 ±0.10	NS	***	**
	S	0.16 ±0.04	0.16 ±0.05	0.16 ±0.08	0.50 ±0.13			
t9,t11	M	1.30 ±0.56	1.48 ±0.67	0.92 ±0.23	1.21 ±0.41	NS	***	NS
	S	1.06 ±0.20	2.02 ±2.41	0.74 ±0.30	0.99 ±0.31			
t8,t10	M	0.26 ±0.14	0.17 ±0.08	0.18 ±0.09	0.30 ±0.08	NS	***	***
	S	0.23 ±0.12	0.09 ±0.04	0.07 ±0.03	0.29 ±0.07			
t7,t9	M	0.45 ±0.23	0.42 ±0.19	0.29 ±0.11	0.39 ±0.10	NS	***	***
	S	0.40 ±0.15	0.48 ±0.32	0.22 ±0.08	0.42 ±0.09			
t6,t8	M	0.16 ±0.09	0.21 ±0.10	0.06 ±0.02	0.21 ±0.08	NS	***	***
	S	0.10 ±0.03	0.15 ±0.06	0.03 ±0.01	0.14 ±0.03			
c12,t14	M	0.05 ±0.02	0.41 ±0.13	0.09 ±0.03	0.07 ±0.02	NS	***	***
	S	0.05 ±0.01	0.31 ±0.12	0.06 ±0.03	0.10 ±0.03			
t11,c13	M	0.68 ±0.33	0.82 ±0.33	0.18 ±0.07	0.41 ±0.19	*	***	***
	S	0.53 ±0.23	0.59 ±0.31	0.14 ±0.06	0.26 ±0.10			
c9,t11	M	20.90 ±6.35	19.47 ±3.77	16.83 ±4.18	18.81 ±6.19	NS	***	**
	S	13.53 ±3.44	15.43 ±5.63	11.85 ±5.84	27.01 ±8.31			
t8,c10	M	0.16 ±0.09	0.36 ±0.04	0.29 ±0.07	0.31 ±0.09	NS	***	***
	S	0.24 ±0.06	0.41 ±0.35	0.25 ±0.09	0.47 ±0.12			
t7,c9	M	2.097 ±0.758	1.350 ±0.212	3.428 ±1.122	2.573 ±1.021	NS	***	***
	S	1.080 ±0.142	1.485 ±0.619	2.706 ±1.263	7.209 ±1.512			
c9,c11	M	0.319 ±0.109	0.786 ±0.530	0.151 ±0.070	0.124 ±0.030	*	***	*
	S	0.410 ±0.304	0.299 ±0.178	0.164 ±0.049	0.098 ±0.027			
TOT CLA	M	30.114 ±8.495	27.839 ±5.725	22.774 ±5.628	25.326 ±7.427	NS	***	**
	S	20.442 ±4.828	23.385 ±5.891	16.719 ±7.797	38.338 ±10.321			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Di seguito i valori di concentrazione nel latte degli isomeri trans del 18:1, rilevati in HPLC-Ioni AG+. Anche gli altri isomeri *trans* del C18:1 e del CLA possono formarsi dai processi di bioidrogenazione ruminale, generalmente più complessi. La percentuale di VA sul totale degli isomeri trans è 28.3% per la razza Maltese e 26.9% per la Sarda.

Tabella 24 – Allevamento A - Isomeri trans del 18:1. Valori medi e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali)

		Allevamento A				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
t15-18:1	M ³	23.05 ±9.01	27.94 ±5.42	15.94 ±3.68	8.32 ±1.80	**	***	**
	S	13.69 ±6.18	21.49 ±6.15	14.02 ±6.00	6.26 ±1.77			
t13-18:1	M	20.97 ±13.11	19.26 ±4.89	10.89 ±2.61	6.51 ±1.87	***	***	NS
	S	11.15 ±7.75	14.00 ±3.83	9.54 ±3.62	5.35 ±3.04			
t12-18:1	M	12.58 ±8.85	15.34 ±3.04	11.47 ±2.42	8.39 ±2.15	NS	*	**
	S	7.85 ±7.07	12.93 ±3.31	10.51 ±3.79	7.74 ±1.83			
t11-18:1	M	29.23 ±10.88	43.13 ±13.86	33.17 ±6.67	28.49 ±4.61	**	***	NS
	S	19.74 ±11.21	41.92 ±14.10	26.21 ±11.02	21.30 ±6.06			
t10-18:1	M	8.56 ±3.35	9.12 ±3.58	7.10 ±1.84	6.49 ±0.62	NS	**	***
	S	7.61 ±6.05	8.07 ±2.04	7.04 ±2.88	6.07 ±1.51			
t9+t7-18:1	M	13.76 ±3.83	15.28 ±2.63	15.36 ±3.22	16.47 ±1.72	NS	***	***
	S	13.05 ±9.01	14.34 ±3.42	11.83 ±4.39	11.82 ±2.84			
trans-18:1 TOT	M	115.736 ±46.461	151.046 ±22.116	114.717 ±19.963	80.793 ±10.792	NS	***	**
	S	81.335 ±47.805	137.545 ±34.978	91.033 ±35.262	66.693 ±12.491			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 25 – Allevamento B - Isomeri trans del 18:1. Valori medi e deviazioni standard (nmol/mg di lipidi totali)

		Allevamento B				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
t15-18:1	M ³	40.03 ±13.60	23.57 ±2.36	11.11 ±2.83	9.13 ±2.29	**	***	**
	S	22.94 ±5.69	20.46 ±4.63	13.62 ±5.47	19.45 ±3.13			
t13-18:1	M	24.01 ±9.80	19.14 ±5.02	8.31 ±1.97	6.44 ±1.92	***	***	NS
	S	13.62 ±4.48	12.61 ±3.21	7.82 ±2.90	14.69 ±2.61			
t12-18:1	M	16.63 ±6.31	13.42 ±2.87	11.84 ±3.61	10.91 ±3.58	NS	*	**
	S	7.70 ±1.72	10.81 ±3.63	9.26 ±4.67	27.16 ±5.11			
t11-18:1	M	41.98 ±11.82	41.45 ±6.68	25.34 ±5.06	21.32 ±4.87	**	***	NS
	S	21.88 ±5.63	35.50 ±10.01	26.85 ±12.34	35.91 ±9.60			
t10-18:1	M	6.92 ±2.54	11.21 ±3.39	9.34 ±2.71	7.65 ±2.50	NS	**	***
	S	4.45 ±2.51	9.29 ±2.63	9.62 ±4.31	18.63 ±3.19			
t9+t7-18:1	M	19.56 ±6.97	19.82 ±4.05	24.11 ±6.07	18.01 ±4.71	NS	***	***
	S	8.89 ±3.74	19.25 ±8.03	20.69 ±9.63	46.23 ±9.82			
trans-18:1 TOT	M	167.978 ±54.304	140.874 ±19.955	96.465 ±18.900	83.986 ±18.976	NS	***	**
	S	92.846 ±20.666	120.040 ±28.449	98.789 ±35.728	187.977 ±38.645			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Nella Tabella 26 e nella Tabella 27 sono riportati i valori dei principali rapporti di desaturazione, espressione dell'attività della $\Delta 9$ -desaturasi mammaria che inserisce un doppio legame con configurazione *cis* in posizione 9.

Tabella 26 – Allevamento A - Indici di desaturazione. Valori medi e deviazioni standard.

		Allevamento A				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
18:1/18:0	M ³	1.59 ±0.16	1.39 ±0.18	1.64 ±0.26	2.36 ±0.29	*	***	***
	S	1.53 ±0.24	1.35 ±0.29	1.53 ±0.29	2.48 ±0.48			
LA/CLA	M	5.10 ±1.72	2.73 ±0.74	4.20 ±0.85	3.72 ±0.57	**	***	***
	S	4.98 ±2.44	3.30 ±1.75	4.80 ±1.35	4.88 ±1.36			
CLA/VA	M	0.241 ±0.116	0.215 ±0.032	0.268 ±0.059	0.351 ±0.064	*	***	***
	S	0.250 ±0.069	0.244 ±0.067	0.247 ±0.062	0.357 ±0.055			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 27 – Allevamento B - Indici di desaturazione. Valori medi e deviazioni standard.

		Allevamento B				R ²	C	A
		1 ¹	2	3	4			
18:1/18:0	M ³	1.31 ±0.37	1.46 ±0.25	1.90 ±0.28	2.07 ±0.28	*	***	***
	S	1.39 ±0.17	1.25 ±0.18	1.46 ±0.18	1.86 ±0.28			
LA/CLA	M	3.74 ±0.85	5.16 ±1.61	5.58 ±1.47	3.93 ±0.67	**	***	***
	S	6.69 ±2.44	7.62 ±1.76	6.57 ±1.82	2.58 ±0.93			
CLA/VA	M	0.212 ±0.056	0.291 ±0.040	0.122 ±0.022	0.255 ±0.058	*	***	***
	S	0.201 ±0.037	0.222 ±0.086	0.082 ±0.017	0.158 ±0.034			

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento² R: razza; C: campionamento; A: allevamento³ M: Maltese; S: Sarda

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

RISULTATI ANALISI DEI LIPIDI IN GC-FID

Durante secondo anno di lattazione, il numero degli animali in produzione è stato di 41 capre di razza Maltese e 42 di razza Sarda (vedi Tabella 6), di cui 21 Maltesi e 17 Sarde nell'allevamento A, e 20 Maltesi e 25 Sarde nell'allevamento B. Durante questa fase, inoltre, sono stati campionati animali sia di secondo che di primo parto, infatti sono stati aggiunti al numero di animali da campionare anche quelli che al primo anno non presentavano il giusto grado di maturità per sostenere la gravidanza e la conseguente lattazione.

Anche nel secondo anno, la differente gestione dei due allevamenti ha evidenziato alcune differenze, che si sono riflesse nel profilo lipidico del latte delle due razze esaminate. Le differenze organizzative hanno inoltre permesso all'allevamento A di allungare il periodo di lattazione, dove è stato fatto un ulteriore campionamento rispetto all'allevamento B (7 invece di 6).

Anche nel secondo anno di lattazione si è proceduto con cadenza mensile (da Febbraio a Luglio) alle operazioni di campionamento, con visite cliniche individuali, esame delle principali funzioni organiche, rilevazione del peso corporeo, del Body Condition Score (BCS), dell'ammontare della produzione di latte e prelievi di campioni per i controlli parassitologici. I campioni di latte individuale prelevati sono stati suddivisi in due aliquote da circa 50 ml: una per le analisi di composizione di base (grasso, proteine, lattosio, urea), l'altra per l'analisi dei lipidi in HPLC e GC-MS.

La frazione per le analisi di composizione di base è stata esaminata attraverso un sistema integrato CombiFoss 6000 (FC instrument, Denmark) (Tabella 9). I dati relativi al peso corporeo (kg), del Body Condition Score (BCS), alla produzione di latte (g), al contenuto in grasso (g/100ml), proteine (g/100ml), lattosio (g/100ml), urea (g/dl),

sono elencati nelle tabelle successive (Tabella 28 e Tabella 29) sotto forma di medie (\pm deviazione standard) ottenute dalle due razze, Maltese (M) e Sarda (S) suddivisi nei singoli campionamenti (n=4) nei due allevamenti (A e B). I dati ottenuti sono il risultato dall'effetto di quattro fattori: la razza (R), la data di campionamento (C), l'allevamento (A) e il numero di parti effettuati (L).

Tabella 28 – Allevamento A. Peso corporeo (kg), Body Condition Score (BCS), produzione di latte (g), grasso (g/100ml), proteine (g/100ml), lattosio (g/100ml), urea (g/dl). Valori medi e deviazioni standard.

		Allevamento A							R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6	7				
Peso Animale	M ³	44.4 \pm 4.5 39.6 \pm 1.5	45.8 \pm 3.2 40.1 \pm 3.8	44.7 \pm 2.5 39.9 \pm 2.0	43.6 \pm 2.6 39.9 \pm 2.7	44.3 \pm 1.6 41.3 \pm 3.2	42.1 \pm 2.7 38.7 \pm 3.1	45.3 \pm 3.3 42.8 \pm 2.8	***	*	***	***
	S	37.0 \pm 4.0 28.1 \pm 3.6	38.8 \pm 5.0 29.9 \pm 4.1	39.0 \pm 4.4 32.0 \pm 2.9	39.5 \pm 3.6 31.7 \pm 2.4	39.4 \pm 5.8 31.5 \pm 2.5	39.5 \pm 4.3 31.4 \pm 2.1	41.6 \pm 4.2 32.9 \pm 3.3				
BCS	M	1.9 \pm 0.3 1.9 \pm 0.3	1.8 \pm 0.3 1.8 \pm 0.3	1.8 \pm 0.3 1.8 \pm 0.3	1.8 \pm 0.3 1.9 \pm 0.3	1.8 \pm 0.2 1.8 \pm 0.3	1.7 \pm 0.2 1.7 \pm 0.3	1.6 \pm 0.2 1.5 \pm 0.2	***	***	*	***
	S	2.1 \pm 0.3 2.1 \pm 0.2	2.0 \pm 0.3 2.1 \pm 0.2	2.1 \pm 0.2 2.2 \pm 0.2	2.0 \pm 0.2 2.1 \pm 0.1	1.9 \pm 0.3 2.1 \pm 0.1	1.9 \pm 0.2 2.0 \pm 0.2	1.9 \pm 0.3 1.9 \pm 0.3				
Produz. latte	M	1004.2 \pm 84.1 978.8 \pm 511.6	2211.2 \pm 728.6 1801.5 \pm 524.6	2018.4 \pm 750.4 1816.0 \pm 677.8	1587.5 \pm 514.2 1464.1 \pm 341.1	1514.4 \pm 460.2 1356.5 \pm 252.5	797.7 \pm 252.0 720.4 \pm 142.8	414.5 \pm 200.3 314.1 \pm 138.6	***	***	***	***
	S	720.0 \pm 127.3 657.5 \pm 152.0	1602.8 \pm 347.7 809.0 \pm 405.3	1795.0 \pm 894.0 844.3 \pm 166.4	1121.0 \pm 265.4 674.9 \pm 245.5	1093.8 \pm 379.1 618.7 \pm 259.7	491.6 \pm 194.8 385.3 \pm 130.5	315.0 \pm 162.0 264.1 \pm 110.3				
Grasso	M	3.7 \pm 1.0 3.6 \pm 0.7	4.5 \pm 0.7 3.9 \pm 0.7	4.4 \pm 0.5 4.0 \pm 0.4	4.6 \pm 0.6 4.0 \pm 0.7	5.1 \pm 0.8 4.1 \pm 0.5	5.0 \pm 0.9 4.2 \pm 0.5	6.1 \pm 1.6 4.9 \pm 0.5	***	***	***	NS
	S	3.7 \pm 1.6 3.2 \pm 2.0	4.3 \pm 0.5 5.5 \pm 1.0	4.6 \pm 0.8 5.3 \pm 0.8	4.9 \pm 0.5 6.1 \pm 0.9	5.2 \pm 0.9 6.6 \pm 0.9	5.4 \pm 1.0 6.5 \pm 1.4	5.6 \pm 1.2 6.5 \pm 1.6				
Proteine	M	3.8 \pm 0.5 3.4 \pm 0.2	3.5 \pm 0.5 3.3 \pm 0.5	3.5 \pm 0.4 3.4 \pm 0.3	3.4 \pm 0.2 3.3 \pm 0.2	3.6 \pm 0.3 3.3 \pm 0.3	3.6 \pm 0.6 3.0 \pm 0.2	5.4 \pm 2.1 4.0 \pm 0.9	NS	**	NS	NS
	S	4.3 \pm 0.8 4.1 \pm 0.6	3.5 \pm 0.4 3.8 \pm 0.7	3.7 \pm 0.3 3.9 \pm 0.7	3.6 \pm 0.4 3.8 \pm 0.5	0.3 \pm 10.3 4.0 \pm 0.6	3.6 \pm 0.5 3.8 \pm 0.6	3.8 \pm 0.6 3.8 \pm 0.7				
Lattosio	M	5.0 \pm 0.3 4.9 \pm 0.3	4.8 \pm 0.2 4.9 \pm 0.3	4.7 \pm 0.4 4.9 \pm 0.2	4.6 \pm 0.1 4.6 \pm 0.2	4.6 \pm 0.1 4.7 \pm 0.3	4.3 \pm 0.2 4.6 \pm 0.3	3.9 \pm 0.4 4.2 \pm 0.2	***	***	*	NS
	S	5.0 \pm 0.2 5.0 \pm 0.3	5.0 \pm 0.4 4.8 \pm 0.3	5.0 \pm 0.3 4.9 \pm 0.2	4.8 \pm 0.2 4.7 \pm 0.2	4.7 \pm 0.2 4.7 \pm 0.2	4.5 \pm 0.2 4.6 \pm 0.2	4.2 \pm 0.3 4.3 \pm 0.1				
Urea	M	37.7 \pm 8.9 33.7 \pm 10.3	47.5 \pm 17.0 35.9 \pm 6.5	41.1 \pm 6.1 41.7 \pm 4.9	44.2 \pm 4.4 42.0 \pm 5.2	34.0 \pm 4.8 33.2 \pm 4.7	32.0 \pm 5.3 32.7 \pm 4.6	26.4 \pm 5.1 21.8 \pm 7.1	NS	***	***	NS
	S	25.4 \pm 12.4 24.2 \pm 10.0	41.4 \pm 6.2 46.6 \pm 15.4	41.7 \pm 6.5 41.5 \pm 10.0	40.9 \pm 6.4 43.6 \pm 5.7	36.8 \pm 5.7 40.7 \pm 5.5	33.4 \pm 6.5 39.2 \pm 5.9	15.4 \pm 5.3 24.9 \pm 5.9				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$, NS=Non Significativo

Tabella 29 – Allevamento A. Peso corporeo (kg), Body Condition Score (BCS), produzione di latte (g), grasso (g/100ml), proteine (g/100ml), lattosio (g/100ml), urea (g/dl). Valori medi e deviazioni standard.

		Allevamento B						R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6				
Peso Animale	M ³	38.3 ±4.8 37.7 ±5.9	40.5 ±4.3 39.0 ±3.7	39.0 ±3.9 37.7 ±3.2	38.9 ±3.6 38.8 ±4.0	38.6 ±3.2 38.3 ±3.2	38.3 ±3.7 39.0 ±3.8	***	*	***	***
	S	39.9 ±4.2 29.1 ±3.1	40.7 ±4.4 30.2 ±2.5	39.1 ±4.3 30.0 ±2.7	41.0 ±3.7 31.2 ±2.7	41.7 ±3.8 31.7 ±3.0	42.1 ±3.3 32.4 ±3.2				
BCS	M	1.8 ±0.3 1.9 ±0.2	1.7 ±0.3 1.6 ±0.3	1.7 ±0.2 1.6 ±0.3	1.6 ±0.1 1.6 ±0.2	1.6 ±0.2 1.6 ±0.3	1.6 ±0.2 1.7 ±0.2	***	***	*	***
	S	2.0 ±0.2 2.1 ±0.2	2.0 ±0.3 2.1 ±0.2	2.0 ±0.2 2.1 ±0.2	2.0 ±0.2 2.1 ±0.3	2.0 ±0.3 2.1 ±0.3	2.0 ±0.3 2.1 ±0.2				
Produzione latte	M	566.3 ±94.2 664.0 ±227.7	1889.1 ±552.9 1418.2 ±457.5	1688.5 ±450.2 1224.0 ±321.0	1045.5 ±289.4 1149.6 ±492.5	975.6 ±323.4 819.4 ±314.8	269.5 ±76.0 275.5 ±81.2	***	***	***	***
	S	484.6 ±28.0 302.0 ±169.0	1143.5 ±414.6 587.6 ±149.1	1194.7 ±655.4 532.2 ±248.9	738.7 ±158.1 499.0 ±103.4	685.6 ±139.1 414.7 ±132.6	242.5 ±64.1 153.0 ±35.1				
Grasso	M	6.3 ±2.0 5.8 ±2.0	4.1 ±0.9 3.9 ±0.8	4.2 ±0.9 4.0 ±0.7	4.5 ±0.7 4.5 ±0.4	4.2 ±0.8 4.6 ±0.5	4.4 ±1.0 4.1 ±0.7	***	***	***	NS
	S	5.7 ±3.2 6.8 ±2.4	5.5 ±1.3 5.3 ±1.4	6.3 ±1.5 5.6 ±1.5	6.6 ±0.7 6.3 ±0.8	6.5 ±0.7 6.0 ±0.9	6.6 ±0.8 6.9 ±1.4				
Proteine	M	3.9 ±0.9 3.8 ±0.5	3.3 ±0.3 3.4 ±0.3	3.2 ±0.3 3.5 ±0.2	3.0 ±0.3 3.3 ±0.2	3.0 ±0.4 3.3 ±0.3	3.1 ±0.6 3.4 ±0.4	NS	**	NS	NS
	S	3.6 ±0.2 3.9 ±0.4	3.6 ±0.3 3.8 ±0.3	3.6 ±0.3 3.8 ±0.3	3.7 ±0.3 3.8 ±0.4	3.7 ±0.5 3.7 ±0.3	3.9 ±0.6 3.7 ±0.7				
Lattosio	M	4.9 ±0.2 5.0 ±0.2	4.9 ±0.1 4.9 ±0.2	4.8 ±0.2 4.8 ±0.2	4.5 ±0.2 4.6 ±0.1	4.4 ±0.2 4.4 ±0.2	4.3 ±0.2 4.3 ±0.2	***	***	*	NS
	S	5.1 ±0.2 5.0 ±0.3	4.9 ±0.2 4.9 ±0.2	4.9 ±0.2 4.9 ±0.2	4.7 ±0.2 4.7 ±0.2	4.6 ±0.2 4.6 ±0.2	4.5 ±0.2 4.4 ±0.6				
Urea	M	27.0 ±10.3 29.3 ±7.2	33.9 ±7.6 34.0 ±9.1	36.3 ±7.9 27.2 ±7.4	31.3 ±6.7 26.9 ±8.6	27.4 ±7.9 22.5 ±6.6	21.7 ±7.0 18.2 ±5.1	NS	***	***	NS
	S	27.6 ±11.5 31.0 ±6.2	35.8 ±5.5 39.1 ±5.8	34.1 ±6.5 35.9 ±9.4	31.0 ±6.2 33.3 ±5.2	29.9 ±6.4 31.4 ±6.3	24.8 ±8.2 25.3 ±6.9				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Nella tabelle successive sono indicate le concentrazioni dei principali acidi grassi presenti nel latte delle due razze prese in esame (Maltese e Sarda). I dati (media±ds) sono stati ottenuti seguendo la metodica di "analisi dei lipidi in GC-FID" (Tabella 4) sono espressi in ng AG/mg di Lipidi Totali, questi ultimi determinati con la metodica di Chiang (Chiang SD, 1957). Anche i risultati riferiti a più importanti indici metabolici sono calcolati dalle medie e deviazioni standard dei dati relativi ai 2 allevamenti. I dati ottenuti sono il risultato dall'effetto di quattro fattori, la razza, la data di campionamento, l'allevamento e il numero di parti (primipare e secondipare).

Nelle tabelle successive sono riportati i dati relativi alle concentrazioni dei più importanti Acidi Grassi Saturi (SFA) presenti nel grasso del latte. Nella Tabella 30 e nella Tabella 31 i dati si riferiscono agli acidi grassi a corta catena (SCFA), con un numero di atomi di carbonio da 4 a 10: l'acido butirrico (C4:0), l'acido caproico (C6:0), l'acido caprilico (C8:0) e l'acido caprico (C10:0). Nella Tabella 32 e nella Tabella 33 invece sono riportati gli altri Acidi Grassi Saturi (SFA) tra cui quelli maggiormente abbondanti nel grasso del latte delle razze di capra esaminate, l'acido palmitico (C16:0) e l'acido stearico (C18:0) (rispettivamente il 21.3% e l'11.1% del totale degli acidi grassi).

Tabella 30 - Allevamento A - Acidi Grassi a Corta Catena (SCFA) e totale somma. Valori di concentrazione medie e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali).

		Allevamento A							R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6	7				
4:0	M ³	21.0 ±4.1 24.5 ±2.5	24.3 ±5.5 15.2 ±4.5	23.0 ±5.3 16.8 ±5.4	27.1 ±6.1 24.5 ±3.6	16.1 ±2.0 16.2 ±4.8	25.6 ±5.9 24.8 ±3.3	20.7 ±4.5 21.2 ±3.9	**	***	*	NS
	S	25.9 ±5.5 24.9 ±5.1	26.6 ±9.2 24.0 ±6.6	15.6 ±3.4 16.6 ±6.8	24.4 ±3.3 24.3 ±2.5	25.8 ±6.4 21.6 ±2.2	17.4 ±1.7 16.6 ±1.8	15.4 ±4.8 19.3 ±3.3				
6:0	M	23.9 ±4.4 24.1 ±2.6	26.3 ±6.5 15.6 ±4.4	26.0 ±6.1 18.5 ±5.6	31.6 ±9.5 25.2 ±3.8	17.5 ±3.0 16.7 ±5.4	22.7 ±5.4 22.1 ±3.7	19.6 ±3.4 17.1 ±3.0	*	***	*	NS
	S	27.8 ±5.0 27.4 ±5.7	27.5 ±8.4 28.1 ±8.4	17.9 ±3.3 19.0 ±7.4	27.5 ±4.1 28.7 ±2.1	26.8 ±5.2 23.9 ±2.9	15.8 ±1.3 16.1 ±2.2	14.7 ±3.5 17.2 ±2.2				
8:0	M	26.2 ±5.2 24.2 ±2.9	28.0 ±7.0 16.3 ±4.7	28.3 ±7.1 20.2 ±6.2	35.2 ±14.0 25.8 ±4.7	17.9 ±3.7 16.9 ±6.6	20.0 ±5.2 19.2 ±4.3	18.5 ±5.2 14.8 ±3.1	NS	***	**	NS
	S	29.7 ±5.3 29.5 ±6.8	27.4 ±5.8 32.0 ±10.8	19.4 ±3.7 20.5 ±7.8	29.4 ±4.8 31.0 ±3.3	26.9 ±5.1 24.4 ±4.1	14.3 ±1.9 14.6 ±2.7	13.9 ±3.2 15.4 ±2.7				
10:0	M	90.4 ±16.5 81.7 ±15.7	85.9 ±21.0 52.3 ±14.5	88.4 ±19.6 68.0 ±21.0	110.6 ±44.2 83.7 ±16.0	55.7 ±10.3 54.0 ±18.0	56.7 ±15.8 52.1 ±14.1	61.3 ±26.0 44.5 ±9.8	NS	***	*	NS
	S	104.3 ±18.1 95.4 ±17.9	82.0 ±7.1 99.5 ±32.5	62.0 ±9.6 68.1 ±29.5	96.0 ±10.7 97.6 ±15.6	85.9 ±15.4 75.7 ±15.8	40.9 ±6.6 40.2 ±8.0	45.2 ±13.5 42.4 ±9.0				
SCFA TOT	M	163.5 ±29.1 155.6 ±20.5	166.0 ±39.9 100.6 ±26.4	167.1 ±36.5 124.8 ±37.7	205.8 ±73.0 160.7 ±25.6	107.8 ±18.9 104.6 ±35.1	125.7 ±31.2 119.2 ±23.1	120.8 ±33.0 98.6 ±17.0	NS	***	*	NS
	S	189.2 ±30.8 179.0 ±36.1	164.8 ±28.6 185.1 ±57.3	115.8 ±19.1 125.2 ±51.2	178.7 ±22.1 182.8 ±21.6	166.4 ±28.2 148.2 ±24.9	88.9 ±8.7 87.8 ±13.1	89.7 ±18.5 94.8 ±15.7				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 31 - Allevamento B - Acidi Grassi a Corta Catena (SCFA) e totale somma. Valori di concentrazione medie e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali).

		Allevamento B						R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6				
4:0	M ³	35.4 ±16.9 30.8 ±17.2	14.4 ±4.6 16.8 ±6.5	48.8 ±19.7 38.2 ±13.3	23.9 ±3.2 23.2 ±4.6	20.3 ±1.5 32.1 ±11.2	16.1 ±2.9 19.1 ±4.8	**	***	*	NS
	S	28.8 ±19.9 44.4 ±31.9	20.3 ±4.3 23.4 ±6.8	16.9 ±4.6 17.6 ±4.6	17.8 ±3.4 16.3 ±4.2	16.9 ±2.4 18.0 ±3.5	19.7 ±3.7 19.0 ±5.0				
6:0	M	31.1 ±14.7 32.6 ±19.4	16.6 ±4.9 18.5 ±6.4	57.7 ±19.9 40.5 ±12.8	27.8 ±2.8 26.6 ±2.2	23.2 ±2.0 30.0 ±5.5	15.0 ±3.8 17.0 ±5.1	*	***	*	NS
	S	26.1 ±15.7 46.9 ±34.8	23.7 ±5.3 26.6 ±7.7	20.0 ±3.7 19.7 ±5.0	19.9 ±4.0 19.3 ±3.3	20.7 ±2.9 19.4 ±3.8	21.0 ±3.2 19.4 ±5.0				
8:0	M	28.4 ±13.3 33.2 ±21.8	18.6 ±5.3 19.5 ±6.0	64.3 ±19.6 42.4 ±13.4	29.5 ±3.5 27.6 ±3.5	25.1 ±2.7 28.9 ±5.1	14.2 ±4.6 15.4 ±5.0	NS	***	**	NS
	S	25.2 ±13.5 50.0 ±37.2	26.9 ±6.2 30.5 ±9.2	22.1 ±3.2 21.9 ±5.4	21.6 ±4.6 20.8 ±3.4	23.4 ±4.1 20.8 ±5.1	21.7 ±3.4 19.9 ±5.3				
10:0	M	72.8 ±34.4 91.1 ±65.1	58.1 ±14.5 58.6 ±16.0	206.4 ±44.7 137.1 ±47.6	95.7 ±11.6 85.2 ±15.2	81.7 ±8.9 88.1 ±20.7	42.5 ±16.7 44.6 ±15.8	NS	***	*	NS
	S	70.9 ±40.1 140.6 ±100.5	85.8 ±21.4 101.3 ±33.9	69.7 ±7.6 73.5 ±16.5	69.2 ±13.6 66.4 ±13.0	78.1 ±15.2 67.5 ±16.4	68.4 ±13.8 62.1 ±15.8				
SCFA TOT	M	169.5 ±76.0 188.7 ±122.8	108.6 ±28.3 114.3 ±32.9	381.3 ±103.4 261.1 ±85.5	178.2 ±19.3 163.8 ±18.0	151.8 ±13.8 180.4 ±27.6	88.5 ±27.7 96.7 ±29.6	NS	***	*	NS
	S	152.5 ±84.2 284.0 ±203.1	157.7 ±37.0 184.4 ±56.4	129.7 ±18.5 134.2 ±30.6	129.7 ±24.9 123.9 ±22.7	139.9 ±22.9 126.7 ±27.3	131.5 ±21.2 121.3 ±30.0				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Nella Tabella 32 e nella Tabella 33 sono elencati i più importanti acidi grassi saturi che costituiscono in media il 70% degli acidi grassi rilevati nel latte delle due razze esaminate, con valori maggiori per il latte della razza Maltese (74.1%) rispetto al latte della Sarda (67.1%).

Tabella 32 – Allevamento A - Acidi Grassi Saturi (SFA). Concentrazioni medie e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali)

		Allevamento A							R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6	7				
12:0	M ³	38.4 ±7.7	32.9 ±7.3	33.7 ±7.2	43.4 ±24.0	18.4 ±4.0	19.5 ±4.8	27.5 ±15.6	NS	***	NS	NS
	S	35.7 ±10.0	21.8 ±5.5	29.6 ±9.1	33.5 ±5.8	20.3 ±5.8	19.8 ±4.5	19.2 ±3.7				
14:0	M	80.6 ±14.3	65.0 ±12.7	69.5 ±12.8	87.9 ±26.9	48.5 ±6.3	63.3 ±14.9	71.6 ±15.9	***	***	*	NS
	S	80.8 ±13.1	46.1 ±10.4	60.7 ±14.9	78.2 ±8.7	54.1 ±10.2	59.7 ±11.9	64.1 ±11.6				
15:0	M	9.8 ±1.0	7.1 ±1.7	8.4 ±1.5	8.8 ±1.7	5.5 ±0.9	9.5 ±2.7	11.2 ±2.7	***	***	***	NS
	S	11.3 ±1.3	5.7 ±1.4	8.0 ±2.0	9.4 ±2.2	6.3 ±1.3	10.9 ±1.3	12.0 ±2.2				
16:0	M	208.3 ±38.3	183.7 ±39.9	187.5 ±38.7	241.5 ±53.1	147.0 ±20.9	214.9 ±47.6	224.9 ±43.1	***	***	NS	NS
	S	220.1 ±33.0	124.3 ±30.0	158.9 ±44.0	213.0 ±25.5	153.8 ±31.3	211.2 ±21.9	211.0 ±13.8				
17:0	M	5.7 ±0.8	4.8 ±1.2	4.8 ±0.9	6.6 ±2.3	4.0 ±0.8	6.9 ±1.9	6.9 ±2.2	***	***	NS	NS
	S	6.8 ±1.3	3.4 ±1.0	4.4 ±1.0	6.1 ±0.8	4.6 ±1.5	8.0 ±0.7	7.7 ±1.9				
18:0	M ³	79.7 ±14.1	94.8 ±20.4	81.1 ±14.3	110.1 ±40.0	74.8 ±15.8	120.1 ±33.9	86.7 ±32.8	NS	***	NS	*
	S	103.8 ±16.5	69.9 ±26.9	73.2 ±20.3	108.0 ±24.2	82.7 ±27.2	150.0 ±27.3	95.8 ±29.8				
19:0	M	0.9 ±0.4	0.9 ±0.5	0.8 ±0.3	0.9 ±0.2	0.7 ±0.1	1.2 ±0.4	1.2 ±0.6	NS	***	**	NS
	S	0.8 ±0.1	0.5 ±0.1	0.6 ±0.2	1.0 ±0.3	0.7 ±0.2	1.4 ±0.3	1.5 ±0.7				
20:0	M	2.8 ±0.8	3.8 ±1.9	3.7 ±1.2	4.2 ±1.5	3.1 ±0.7	5.3 ±1.4	5.3 ±2.2	***	***	NS	NS
	S	3.0 ±0.6	2.6 ±0.8	3.3 ±1.4	3.9 ±0.8	3.3 ±0.8	6.4 ±0.9	5.9 ±1.1				
21:0	M	0.6 ±0.2	0.6 ±0.3	0.6 ±0.4	0.7 ±0.2	0.5 ±0.1	0.8 ±0.2	1.0 ±0.4	**	***	NS	NS
	S	0.6 ±0.1	0.3 ±0.1	0.5 ±0.2	0.7 ±0.2	0.5 ±0.1	1.0 ±0.1	1.3 ±0.4				
22:0	M	0.8 ±0.2	0.7 ±0.2	0.7 ±0.2	0.8 ±0.2	0.7 ±0.2	1.5 ±0.5	1.5 ±0.7	***	***	**	**
	S	0.8 ±0.2	0.4 ±0.2	0.7 ±0.3	0.8 ±0.4	0.9 ±0.2	2.0 ±0.6	2.4 ±0.5				
23:0	M	0.5 ±0.2	0.5 ±0.5	0.5 ±0.3	0.4 ±0.2	0.3 ±0.1	0.7 ±0.2	0.9 ±0.4	NS	***	NS	NS
	S	0.4 ±0.1	0.2 ±0.1	0.3 ±0.1	0.5 ±0.2	0.4 ±0.1	0.7 ±0.3	1.2 ±0.4				
24:0	M	0.5 ±0.3	0.4 ±0.3	0.4 ±0.2	0.4 ±0.1	0.3 ±0.1	0.7 ±0.2	0.8 ±0.4	*	***	NS	NS
	S	0.4 ±0.1	0.2 ±0.1	0.3 ±0.1	0.5 ±0.2	0.4 ±0.1	0.9 ±0.1	1.1 ±0.3				
MLCFA	M	510.0 ±67.4	464.1 ±81.5	462.5 ±75.7	594.1 ±165.1	351.3 ±46.4	514.7 ±108.6	500.2 ±86.0	***	***	NS	NS
	S	564.0 ±77.7	330.8 ±77.0	408.6 ±97.8	545.2 ±34.3	386.3 ±81.2	563.6 ±38.3	494.8 ±38.4				
SFA	M	674.4 ±92.8	630.8 ±115.9	630.5 ±104.7	800.7 ±235.5	459.4 ±61.8	640.7 ±136.0	621.6 ±98.6	***	***	*	NS
	S	720.3 ±97.3	432.0 ±101.7	534.1 ±131.9	706.5 ±49.1	491.3 ±112.3	683.1 ±56.2	593.7 ±50.3				
		827.1 ±108.3	617.8 ±40.4	437.6 ±49.1	716.0 ±61.4	741.5 ±128.6	453.3 ±18.7	438.6 ±89.5				
		809.6 ±233.1	688.8 ±140.7	489.3 ±195.6	697.1 ±84.2	624.4 ±82.1	444.1 ±18.9	493.3 ±27.6				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 33 – Allevamento B - Acidi Grassi Saturi (SFA). Concentrazioni medie e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali)

		Allevamento B						R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6				
12:0	M ³	27.5 ±12.3 31.0 ±19.9	24.1 ±5.9 22.9 ±7.2	77.0 ±14.2 50.7 ±21.7	35.4 ±7.2 30.1 ±5.1	31.5 ±4.2 33.7 ±9.5	17.9 ±8.2 17.5 ±5.7	NS	***	NS	NS
	S	28.0 ±16.4 50.4 ±33.2	34.6 ±9.6 45.9 ±15.5	25.8 ±1.6 30.3 ±7.9	25.7 ±5.5 24.2 ±5.1	30.8 ±8.4 26.4 ±7.0	25.1 ±7.0 23.2 ±6.3				
14:0	M	62.8 ±23.6 73.4 ±45.0	47.2 ±12.3 47.9 ±13.7	163.5 ±24.2 113.3 ±37.8	83.1 ±8.9 74.7 ±5.8	73.6 ±6.9 86.9 ±15.3	52.5 ±17.8 57.7 ±21.6	***	***	*	NS
	S	61.9 ±39.7 102.7 ±65.0	64.2 ±14.8 75.6 ±23.3	51.4 ±4.2 55.0 ±12.0	55.1 ±8.9 51.7 ±11.5	62.6 ±7.4 56.3 ±9.1	66.2 ±14.2 55.9 ±9.7				
15:0	M	6.1 ±2.9 5.9 ±2.8	5.8 ±2.0 6.3 ±2.0	19.7 ±6.0 14.3 ±4.1	9.5 ±1.2 8.6 ±1.1	8.3 ±1.6 11.6 ±4.5	8.3 ±2.5 9.3 ±2.2	***	***	***	NS
	S	4.7 ±2.7 7.6 ±3.8	7.0 ±1.8 8.5 ±2.7	6.0 ±1.3 6.6 ±1.9	6.0 ±1.0 6.0 ±1.9	6.1 ±0.7 6.7 ±2.4	8.7 ±1.8 7.5 ±1.6				
16:0	M	208.4 ±86.4 222.0 ±104.7	116.3 ±31.4 130.5 ±39.3	429.0 ±85.6 301.1 ±108.9	235.3 ±33.7 210.8 ±22.6	206.7 ±18.8 265.9 ±63.1	156.6 ±33.6 176.8 ±57.9	***	***	NS	NS
	S	186.5 ±110.4 242.6 ±118.7	170.1 ±42.7 198.1 ±61.1	141.7 ±19.4 148.1 ±31.9	159.8 ±25.2 156.9 ±40.0	177.7 ±12.4 168.7 ±20.8	200.5 ±45.8 170.7 ±31.1				
17:0	M	5.6 ±1.9 5.5 ±3.0	3.7 ±1.3 4.1 ±1.4	11.4 ±3.3 8.3 ±2.9	5.5 ±0.7 5.5 ±0.6	4.7 ±1.1 8.3 ±4.1	5.6 ±1.3 6.4 ±1.2	***	***	NS	NS
	S	4.4 ±3.9 6.6 ±4.2	4.5 ±0.9 5.6 ±1.4	4.0 ±0.6 4.1 ±1.0	4.2 ±0.7 3.9 ±1.3	4.3 ±1.0 4.3 ±1.7	6.4 ±1.7 5.1 ±1.2				
18:0	M ³	151.4 ±62.8 118.9 ±34.1	66.0 ±30.9 66.6 ±28.1	200.9 ±84.5 132.5 ±59.8	92.5 ±19.9 96.3 ±19.0	73.1 ±19.0 140.6 ±70.8	71.3 ±15.9 79.0 ±12.7	NS	***	NS	*
	S	140.7 ±111.3 243.6 ±190.9	98.3 ±22.1 118.0 ±33.9	81.7 ±12.0 81.9 ±24.1	79.8 ±17.1 78.3 ±19.2	74.6 ±14.3 73.9 ±25.1	95.8 ±32.2 81.5 ±18.8				
19:0	M	1.5 ±1.0 1.5 ±0.7	0.5 ±0.2 0.6 ±0.2	1.6 ±0.7 1.5 ±0.7	0.9 ±0.2 0.9 ±0.2	0.8 ±0.4 1.5 ±0.7	0.9 ±0.2 1.3 ±0.4	NS	***	**	NS
	S	1.6 ±1.3 1.9 ±2.8	0.7 ±0.2 0.9 ±0.3	0.7 ±0.1 0.7 ±0.2	0.8 ±0.2 0.8 ±0.2	0.7 ±0.1 0.8 ±0.3	1.2 ±0.3 1.1 ±0.3				
20:0	M	4.1 ±1.7 3.6 ±2.2	2.9 ±1.1 2.3 ±1.0	8.6 ±2.9 5.6 ±2.2	3.5 ±0.6 3.3 ±0.4	2.9 ±0.6 5.9 ±3.4	3.7 ±0.9 4.1 ±0.9	***	***	NS	NS
	S	3.3 ±3.0 4.9 ±3.2	3.1 ±0.8 3.3 ±0.9	2.5 ±0.5 2.4 ±0.9	2.6 ±0.4 2.6 ±0.8	2.4 ±0.4 3.0 ±1.5	4.3 ±1.3 3.4 ±0.9				
21:0	M	0.6 ±0.5 0.3 ±0.1	0.3 ±0.1 0.4 ±0.1	1.7 ±1.4 0.9 ±0.4	0.7 ±0.2 0.7 ±0.1	0.6 ±0.2 1.1 ±0.5	0.8 ±0.2 0.9 ±0.2	**	***	NS	NS
	S	0.6 ±0.6 0.6 ±0.4	0.5 ±0.1 0.6 ±0.2	0.6 ±0.2 0.5 ±0.2	0.5 ±0.2 0.6 ±0.2	0.5 ±0.1 0.6 ±0.3	0.9 ±0.3 0.7 ±0.2				
22:0	M	1.2 ±1.2 1.1 ±0.5	0.5 ±0.2 0.5 ±0.2	1.8 ±0.6 1.4 ±0.6	1.0 ±0.4 1.0 ±0.3	1.0 ±0.3 2.0 ±1.4	1.3 ±0.4 1.4 ±0.5	***	***	**	**
	S	1.0 ±0.6 1.1 ±0.9	0.7 ±0.2 0.7 ±0.5	0.6 ±0.2 0.7 ±0.3	0.8 ±0.2 0.7 ±0.3	0.7 ±0.2 1.1 ±1.0	1.3 ±0.4 1.0 ±0.4				
23:0	M	0.4 ±0.6 0.2 ±0.1	0.3 ±0.1 0.3 ±0.1	0.7 ±0.5 0.6 ±0.3	0.5 ±0.3 0.4 ±0.1	0.3 ±0.1 1.0 ±0.7	0.6 ±0.3 0.8 ±0.3	NS	***	NS	NS
	S	0.6 ±1.1 0.4 ±0.2	0.3 ±0.1 0.4 ±0.2	0.3 ±0.2 0.4 ±0.2	0.5 ±0.2 0.4 ±0.2	0.3 ±0.1 0.5 ±0.5	0.7 ±0.4 0.7 ±0.3				
24:0	M	0.3 ±0.5 0.2 ±0.1	0.2 ±0.1 0.3 ±0.2	0.6 ±0.4 0.6 ±0.3	0.6 ±0.3 0.4 ±0.1	0.4 ±0.1 1.3 ±1.5	0.6 ±0.2 0.6 ±0.2	*	***	NS	NS
	S	0.5 ±0.6 0.4 ±0.3	0.4 ±0.1 0.4 ±0.2	0.4 ±0.2 0.4 ±0.1	0.4 ±0.1 0.4 ±0.2	0.4 ±0.1 0.4 ±0.3	0.6 ±0.3 0.4 ±0.2				
MLCFA	M	550.4 ±207.2 539.0 ±265.7	325.7 ±84.2 350.5 ±94.7	1129.4 ±213.9 785.4 ±268.1	545.9 ±56.2 512.9 ±24.0	502.6 ±28.9 660.1 ±159.9	381.3 ±67.3 421.2 ±109.1	***	***	NS	NS
	S	527.2 ±352.5 762.5 ±352.3	452.6 ±89.4 545.5 ±139.6	363.8 ±31.4 390.3 ±83.6	383.8 ±51.5 369.9 ±74.7	417.4 ±31.9 400.6 ±53.6	454.1 ±81.9 390.2 ±63.9				
SFA	M	720.5 ±266.2 728.2 ±385.3	434.9 ±110.6 465.5 ±123.7	1512.8 ±306.0 1048.2 ±353.1	724.8 ±66.2 677.3 ±39.0	655.1 ±34.0 841.2 ±169.8	470.0 ±89.9 518.2 ±137.2	***	***	*	NS
	S	680.3 ±426.5 1047.2 ±547.1	611.1 ±125.5 730.8 ±194.5	494.0 ±46.2 525.2 ±110.1	513.9 ±74.1 494.1 ±95.2	557.8 ±53.0 527.7 ±70.2	585.9 ±101.9 511.7 ±88.7				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L: lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Nelle tabelle successive sono riportati i valori di concentrazione dei principali Acidi Grassi Insaturi (UFA), suddivisi nei MUFA e nei PUFA.

Tabella 34 – Allevamento A - Acidi Grassi Monoinsaturi (MUFA). Concentrazioni medie e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali)

		Allevamento A							R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6	7				
c9-14:1	M ³	0.8 ±0.2 0.7 ±0.2	0.6 ±0.3 0.4 ±0.1	0.7 ±0.5 0.6 ±0.2	0.7 ±0.1 0.7 ±0.1	0.5 ±0.1 0.5 ±0.2	0.7 ±0.2 0.5 ±0.2	1.2 ±0.8 1.3 ±0.7	NS	**	*	NS
	S	1.0 ±0.3 1.1 ±1.0	0.9 ±0.6 0.6 ±0.3	0.5 ±0.2 0.6 ±0.6	0.8 ±0.4 0.8 ±0.2	0.9 ±0.5 0.8 ±0.3	0.5 ±0.2 0.5 ±0.1	0.6 ±0.1 0.6 ±0.2				
c9-16:1	M	3.3 ±1.0 3.6 ±0.6	3.1 ±1.1 2.1 ±0.5	2.8 ±0.7 2.6 ±1.0	3.5 ±0.8 2.9 ±0.7	2.3 ±0.5 2.4 ±0.8	4.5 ±1.5 4.3 ±1.1	5.9 ±2.5 6.3 ±1.5	*	***	***	*
	S	4.2 ±0.9 4.0 ±1.2	2.9 ±0.9 4.0 ±1.1	2.1 ±0.4 3.1 ±2.3	3.4 ±0.9 4.1 ±0.8	3.8 ±1.6 3.9 ±1.0	3.2 ±0.7 3.0 ±0.4	3.4 ±1.1 4.4 ±0.6				
c9-18:1	M	116.7 ±18.5 156.1 ±25.0	135.0 ±36.5 99.3 ±38.2	113.1 ±24.5 105.9 ±31.5	162.8 ±56.8 140.1 ±25.8	103.5 ±14.2 113.4 ±28.5	216.7 ±67.0 230.7 ±27.1	213.9 ±102.0 248.7 ±21.3	**	***	***	**
	S	153.2 ±38.1 167.5 ±51.1	126.7 ±16.6 177.6 ±67.3	79.0 ±7.7 105.2 ±51.1	132.9 ±17.4 167.3 ±40.3	162.5 ±41.8 161.4 ±19.0	150.6 ±17.8 133.7 ±59.3	134.0 ±68.5 204.8 ±14.7				
c9-MUFA	M	122.6 ±19.0 162.1 ±25.1	141.3 ±37.5 102.9 ±39.1	119.2 ±25.2 110.6 ±33.0	168.8 ±58.0 145.4 ±26.2	107.3 ±14.7 117.6 ±29.5	223.6 ±69.0 237.2 ±28.1	223.4 ±105.2 258.6 ±21.8	*	***	*	**
	S	161.2 ±37.6 174.6 ±52.0	133.3 ±16.5 184.1 ±68.5	83.5 ±8.2 110.4 ±54.2	138.9 ±17.6 174.1 ±40.8	168.6 ±42.7 167.9 ±20.3	155.6 ±18.5 138.5 ±59.7	139.5 ±70.0 211.6 ±15.2				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 35 – Allevamento B - Acidi Grassi Monoinsaturi (MUFA). Concentrazioni medie e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali)

		Allevamento B							R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6					
c9-14:1	M ³	0.4 ±0.2 0.6 ±0.3	0.4 ±0.2 0.5 ±0.3	1.5 ±0.5 1.1 ±0.7	1.0 ±0.2 0.7 ±0.2	1.1 ±0.3 1.0 ±0.3	0.9 ±0.6 0.9 ±0.6	NS	**	*	NS	
	S	0.7 ±0.6 0.7 ±0.4	0.7 ±0.2 0.7 ±0.5	0.5 ±0.2 0.5 ±0.2	0.6 ±0.1 0.6 ±0.2	0.8 ±0.1 0.9 ±0.5	1.0 ±0.4 0.8 ±0.2					
c9-16:1	M	4.5 ±1.9 4.8 ±2.0	1.9 ±0.6 3.0 ±1.6	6.0 ±1.3 5.5 ±2.9	4.1 ±0.9 4.0 ±0.8	3.7 ±1.4 5.6 ±1.8	4.5 ±1.4 4.9 ±2.2	*	***	***	*	
	S	4.2 ±2.5 5.7 ±3.3	3.2 ±1.0 3.9 ±1.6	2.4 ±0.6 2.6 ±0.8	2.7 ±1.0 3.2 ±1.1	3.5 ±1.3 4.0 ±1.2	5.0 ±1.6 4.5 ±1.2					
c9-18:1	M	222.3 ±117.8 220.1 ±83.4	79.8 ±23.8 108.2 ±48.4	230.1 ±54.6 198.3 ±77.8	134.1 ±21.2 145.6 ±21.1	128.5 ±18.9 248.3 ±123.9	160.5 ±33.6 176.8 ±49.1	**	***	***	**	
	S	206.0 ±145.8 291.9 ±184.4	127.8 ±31.7 150.9 ±36.8	99.3 ±16.4 103.7 ±31.0	106.3 ±23.8 110.8 ±37.7	106.0 ±38.4 136.2 ±43.3	177.5 ±42.7 154.6 ±40.1					
c9-MUFA	M	230.1 ±119.7 181.7 ±126.1	83.7 ±24.4 113.4 ±50.2	244.0 ±58.8 208.3 ±81.6	141.1 ±21.6 152.0 ±21.2	134.8 ±18.0 257.6 ±126.7	167.4 ±35.6 184.5 ±52.5	*	***	*	**	
	S	213.7 ±150.8 300.7 ±189.5	133.3 ±33.1 157.6 ±38.4	103.7 ±17.0 108.0 ±32.0	111.4 ±24.6 115.6 ±38.9	111.3 ±39.2 142.3 ±44.5	185.0 ±44.3 161.1 ±41.6					

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Nella Tabella 34 e nella Tabella 35 sono riportate le concentrazioni dei più importanti acidi grassi Monoinsaturi (MUFA), tra cui l'acido oleico (c9-18:1), il secondo acido grasso maggiormente rappresentato nel latte (circa il 17% degli acidi grassi totali).

Nella Tabella 36 e nella Tabella 37 sono indicati i risultati relativi ai principali componenti delle famiglie lipidiche n-6 e n-3 e i loro rispettivi indici metabolici. Gli acidi grassi essenziali, acido linoleico (C18:2) e acido α -linolenico (C18:3), capostipiti delle due famiglie, costituiscono rispettivamente il 2.0% e lo 0.9% del totale dei FA.

Tabella 36 – Allevamento A - Acidi Grassi Poliinsaturi (PUFA) e indici metabolici. Concentrazioni medie e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali)

		Allevamento A							R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6	7				
18:2	M ³	13.49 ±2.67 16.11 ±1.72	13.7 ±3.84 10.5 ±4.01	12.9 ±2.52 11.9 ±3.40	20.22 ±10.82 16.17 ±2.41	11.79 ±2.85 13.60 ±4.42	19.58 ±5.46 21.76 ±2.77	18.87 ±6.16 21.08 ±2.38	** *** ** * *			
	S	16.95 ±2.20 18.48 ±6.66	12.9 ±1.85 16.0 ±4.64	9.6 ±1.62 10.1 ±4.33	15.04 ±2.34 17.41 ±3.66	17.51 ±3.93 17.04 ±2.61	13.87 ±1.52 13.66 ±0.86	12.60 ±4.88 17.01 ±1.73				
	M	1.05 ±0.22 1.31 ±0.45	0.8 ±0.35 0.7 ±0.36	0.8 ±0.19 0.9 ±0.27	0.93 ±0.75 1.14 ±0.36	0.64 ±0.22 0.87 ±0.23	1.03 ±0.36 1.22 ±0.36	1.27 ±0.35 1.43 ±0.42				
S	2.02 ±0.78 1.71 ±0.65	1.0 ±0.40 1.3 ±0.40	0.7 ±0.13 0.8 ±0.34	0.78 ±0.47 1.46 ±0.27	1.15 ±0.37 1.35 ±0.21	0.77 ±0.30 0.95 ±0.09	0.85 ±0.25 1.09 ±0.17					
M	5.09 ±0.97 4.40 ±1.33	6.6 ±1.17 3.7 ±1.40	6.8 ±2.06 5.9 ±2.95	10.56 ±5.30 8.44 ±2.10	4.94 ±1.66 5.42 ±2.74	5.86 ±1.88 5.26 ±0.90	5.91 ±2.67 5.21 ±1.19	NS *** ** NS				
S	4.81 ±0.96 5.47 ±2.10	5.3 ±1.51 5.7 ±1.89	5.3 ±1.81 4.7 ±1.96	8.02 ±1.96 9.04 ±1.61	7.08 ±1.66 7.69 ±1.43	4.04 ±0.69 4.79 ±1.12	3.51 ±1.74 5.10 ±1.01					
M	0.50 ±0.16 0.37 ±0.13	0.55 ±0.24 0.30 ±0.15	0.74 ±0.44 0.38 ±0.17	0.81 ±0.32 0.61 ±0.21	0.43 ±0.17 0.48 ±0.25	0.62 ±0.26 0.61 ±0.11	0.63 ±0.22 0.61 ±0.35					** NS ** **
S	0.82 ±0.67 0.55 ±0.29	0.53 ±0.25 0.53 ±0.17	0.46 ±0.22 0.40 ±0.19	0.69 ±0.23 0.72 ±0.22	0.65 ±0.23 0.59 ±0.34	0.43 ±0.07 0.41 ±0.21	0.45 ±0.26 0.47 ±0.35					
M	0.43 ±0.20 0.22 ±0.09	0.57 ±0.55 0.19 ±0.13	0.49 ±0.36 0.17 ±0.18	0.36 ±0.10 0.31 ±0.23	0.23 ±0.13 0.23 ±0.17	0.35 ±0.15 0.24 ±0.13	0.32 ±0.16 0.29 ±0.19	* * *** **				
S	0.69 ±0.55 0.48 ±0.20	0.60 ±0.60 0.42 ±0.25	0.32 ±0.21 0.23 ±0.06	0.45 ±0.24 0.36 ±0.11	0.40 ±0.25 0.45 ±0.16	0.26 ±0.10 0.26 ±0.08	0.23 ±0.12 0.33 ±0.13					
M ³	0.91 ±0.48 0.65 ±0.28	0.95 ±0.52 0.61 ±0.33	0.65 ±0.25 0.49 ±0.40	0.49 ±0.17 0.60 ±0.57	0.52 ±0.18 0.52 ±0.39	0.61 ±0.26 0.42 ±0.26	0.51 ±0.13 0.65 ±0.39					*** NS *** NS
S	0.86 ±0.30 0.99 ±0.29	1.00 ±0.61 0.81 ±0.33	0.67 ±0.17 0.67 ±0.31	0.67 ±0.28 0.59 ±0.35	0.71 ±0.64 1.44 ±1.76	0.59 ±0.18 1.01 ±0.90	0.53 ±0.08 1.31 ±1.24					
M	0.10 ±0.03 0.09 ±0.04	0.08 ±0.03 0.08 ±0.04	0.11 ±0.06 0.07 ±0.03	0.08 ±0.02 0.08 ±0.03	0.09 ±0.03 0.09 ±0.03	0.11 ±0.04 0.12 ±0.01	0.12 ±0.04 0.12 ±0.07	NS *** * **				
S	0.16 ±0.10 0.10 ±0.05	0.11 ±0.07 0.10 ±0.05	0.09 ±0.04 0.09 ±0.02	0.09 ±0.02 0.08 ±0.03	0.09 ±0.01 0.08 ±0.04	0.11 ±0.02 0.08 ±0.04	0.13 ±0.03 0.09 ±0.07					
M	0.08 ±0.02 0.08 ±0.02	0.06 ±0.02 0.06 ±0.02	0.06 ±0.02 0.07 ±0.02	0.04 ±0.03 0.07 ±0.02	0.05 ±0.01 0.07 ±0.01	0.05 ±0.01 0.06 ±0.01	0.07 ±0.02 0.07 ±0.02					** *** ** *
S	0.12 ±0.05 0.09 ±0.02	0.08 ±0.03 0.08 ±0.01	0.07 ±0.01 0.08 ±0.01	0.05 ±0.03 0.08 ±0.01	0.06 ±0.01 0.08 ±0.01	0.06 ±0.02 0.07 ±0.01	0.07 ±0.02 0.06 ±0.01					

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 37 – Allevamento B - Acidi Grassi Poliinsaturi (PUFA) e indici metabolici. Concentrazioni medie e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali)

		Allevamento B						R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6				
18:2	M ³	26.85 ±12.28 29.04 ±8.90	8.7 ±2.20 12.6 ±3.95	28.4 ±5.08 26.0 ±10.49	23.34 ±4.15 26.16 ±2.68	20.76 ±2.69 31.28 ±8.04	21.35 ±3.38 24.21 ±6.93	**	***	***	*
	S	22.98 ±15.52 36.88 ±24.33	15.5 ±5.21 16.9 ±5.28	13.9 ±2.13 13.6 ±4.85	18.68 ±4.53 18.04 ±4.39	20.98 ±3.60 19.06 ±3.70	23.31 ±5.86 22.18 ±5.31				
20:4	M	1.34 ±0.40 1.78 ±1.30	0.5 ±0.16 1.0 ±0.52	1.8 ±1.07 2.3 ±1.06	1.24 ±0.32 1.52 ±0.39	0.99 ±0.33 1.91 ±0.62	1.14 ±0.35 1.35 ±0.41	NS	***	***	***
	S	1.35 ±1.16 1.82 ±0.93	1.0 ±0.24 1.1 ±0.34	0.9 ±0.22 0.9 ±0.33	0.93 ±0.50 0.94 ±0.29	1.13 ±0.18 1.10 ±0.28	1.42 ±0.27 1.25 ±0.28				
18:3	M	8.18 ±3.08 8.29 ±4.51	5.6 ±1.60 4.4 ±2.39	18.7 ±5.13 11.0 ±5.47	12.62 ±2.34 11.70 ±2.64	8.85 ±1.68 11.08 ±3.40	8.61 ±1.58 10.07 ±2.57	NS	***	***	NS
	S	8.55 ±7.91 13.54 ±8.01	9.0 ±2.74 9.5 ±3.25	7.3 ±1.18 7.3 ±1.98	9.47 ±2.38 9.27 ±2.26	8.62 ±1.28 7.42 ±2.21	10.99 ±3.75 10.12 ±1.93				
20:5	M	1.98 ±3.59 0.61 ±0.59	0.50 ±0.12 0.37 ±0.14	1.95 ±1.04 0.72 ±0.36	0.84 ±0.22 0.50 ±0.18	0.67 ±0.20 0.89 ±0.40	0.69 ±0.19 0.63 ±0.30	**	NS	**	**
	S	0.65 ±0.48 0.80 ±0.65	0.53 ±0.23 0.68 ±0.33	0.68 ±0.46 0.45 ±0.17	0.53 ±0.31 0.43 ±0.24	0.51 ±0.20 0.48 ±0.21	0.68 ±0.28 0.55 ±0.12				
22:6	M	0.67 ±0.59 0.47 ±0.45	0.28 ±0.15 0.28 ±0.15	1.19 ±1.01 0.64 ±0.41	0.57 ±0.12 0.43 ±0.13	0.55 ±0.23 0.63 ±0.26	0.44 ±0.17 0.53 ±0.16	*	*	***	**
	S	0.75 ±0.77 0.94 ±0.48	0.47 ±0.20 0.59 ±0.42	0.51 ±0.20 0.48 ±0.17	0.69 ±0.29 0.53 ±0.24	0.64 ±0.13 0.52 ±0.22	0.82 ±0.22 0.65 ±0.18				
DHA/EPA	M ³	0.62 ±0.24 0.84 ±0.26	0.56 ±0.22 0.75 ±0.23	0.62 ±0.29 0.97 ±0.59	0.71 ±0.22 1.00 ±0.70	0.85 ±0.37 0.77 ±0.34	0.63 ±0.22 0.89 ±0.26	**	***	***	*
	S	1.20 ±0.69 3.18 ±7.31	1.29 ±1.55 0.94 ±0.50	2.27 ±4.64 1.35 ±1.25	2.40 ±3.73 1.97 ±2.19	2.46 ±4.10 1.55 ±1.58	2.12 ±3.24 1.20 ±0.20				
EPA/ALA	M	0.20 ±0.30 0.07 ±0.03	0.09 ±0.02 0.13 ±0.12	0.10 ±0.03 0.07 ±0.03	0.07 ±0.02 0.05 ±0.02	0.08 ±0.03 0.09 ±0.05	0.08 ±0.02 0.06 ±0.02	NS	***	*	**
	S	0.12 ±0.12 0.06 ±0.02	0.06 ±0.02 0.07 ±0.02	0.09 ±0.06 0.06 ±0.02	0.05 ±0.03 0.05 ±0.02	0.06 ±0.02 0.07 ±0.05	0.06 ±0.02 0.05 ±0.01				
AA/LA	M	0.05 ±0.02 0.06 ±0.02	0.06 ±0.01 0.08 ±0.02	0.06 ±0.03 0.09 ±0.02	0.05 ±0.02 0.06 ±0.01	0.05 ±0.02 0.06 ±0.01	0.05 ±0.01 0.06 ±0.01	***	NS	***	NS
	S	0.07 ±0.06 0.05 ±0.01	0.07 ±0.01 0.06 ±0.01	0.07 ±0.02 0.07 ±0.01	0.05 ±0.02 0.05 ±0.01	0.05 ±0.01 0.06 ±0.02	0.06 ±0.01 0.06 ±0.01				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Anche nel secondo anno della ricerca sono stati analizzati gli isomeri del CLA con la metodica di analisi dei lipidi in GC-FID, nonostante si sia osservato come il protocollo con HPLC-ioni Ag⁺ permetta il recupero di un maggior numero di isomeri. Il CLA rappresenta lo 0.6% del totale degli acidi grassi del latte e l'isomero maggiormente rappresentato è il C9,t11, l'acido rumenico, che costituisce circa l'83% del totale del CLA. Il C9,t11-CLA insieme all'acido vaccenico (t11-C18:1) rappresentano i due

intermedi chiave del processo di bioidrogenazione ruminale. Questi intermedi sono presenti in quantità apprezzabili nel grasso del latte dei ruminanti. Nel rumine inizialmente si accumula principalmente l'acido vaccenico, mentre il C9,t11-CLA è solo transitorio. L'acido vaccenico di origine ruminale, dopo assorbimento, rappresenta il substrato da cui avrà origine la maggior parte del C9,t11-CLA presente nel grasso del latte dei ruminanti, in seguito a un processo di desaturazione operata dall'enzima $\Delta 9$ -desaturasi (Bauman, 2003).

Tabella 38 – Allevamento A - Isomeri del CLA. Valori di concentrazione medi e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali).

		Allevamento A							R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6	7				
t7,c9	M ³	0.36 ±0.17	0.43 ±0.50	0.41 ±0.30	0.43 ±0.24	0.37 ±0.21	0.75 ±0.41	1.02 ±0.62	NS	***	**	NS
	S	0.36 ±0.17	0.24 ±0.16	0.26 ±0.12	0.29 ±0.28	0.30 ±0.24	0.58 ±0.38	0.85 ±0.68				
c9,t11	M	3.45 ±1.34	4.57 ±1.77	5.05 ±1.32	4.39 ±1.28	2.52 ±0.34	4.91 ±1.78	5.86 ±1.98	***	***	***	NS
	S	3.78 ±2.30	3.18 ±0.93	4.41 ±1.00	4.25 ±1.29	2.85 ±1.14	5.11 ±1.67	5.65 ±0.97				
t9,c11	M	0.17 ±0.07	0.22 ±0.27	0.25 ±0.29	0.17 ±0.10	0.07 ±0.03	0.15 ±0.05	0.15 ±0.04	NS	***		***
	S	0.16 ±0.08	0.09 ±0.02	0.10 ±0.05	0.14 ±0.05	0.10 ±0.04	0.13 ±0.07	0.18 ±0.09				
t11,c13	M	0.22 ±0.11	0.31 ±0.35	0.38 ±0.44	0.28 ±0.25	0.09 ±0.08	0.11 ±0.09	0.12 ±0.04	NS	***	NS	**
	S	0.20 ±0.08	0.12 ±0.05	0.19 ±0.12	0.26 ±0.16	0.12 ±0.08	0.15 ±0.15	0.09 ±0.07				
t9,t11	M	0.25 ±0.13	0.33 ±0.24	0.38 ±0.28	0.37 ±0.20	0.14 ±0.07	0.22 ±0.14	0.17 ±0.08	*	**	NS	*
	S	0.20 ±0.13	0.16 ±0.06	0.21 ±0.10	0.36 ±0.39	0.12 ±0.08	0.12 ±0.06	0.23 ±0.11				
t10,t12	M ³	0.30 ±0.17	0.42 ±0.31	0.51 ±0.60	0.39 ±0.24	0.32 ±0.18	0.37 ±0.15	0.54 ±0.42	**	**	NS	*
	S	0.15 ±0.05	0.22 ±0.09	0.28 ±0.10	0.34 ±0.15	0.21 ±0.15	0.21 ±0.18	0.34 ±0.32				
TOTCLA	M	4.39 ±1.57	5.85 ±2.83	6.57 ±2.03	5.61 ±1.72	3.14 ±0.60	5.76 ±1.87	6.84 ±2.16	***	***	***	NS
	S	4.49 ±2.24	3.76 ±1.03	5.19 ±1.28	5.35 ±1.49	3.39 ±1.42	5.73 ±1.74	6.49 ±1.23				
		5.21 ±3.26	6.07 ±1.97	5.07 ±1.66	4.80 ±1.06	4.15 ±1.10	4.18 ±0.76	3.54 ±1.13				
		4.12 ±1.06	5.51 ±1.52	4.68 ±1.83	5.23 ±0.94	4.55 ±0.76	3.43 ±0.58	4.17 ±0.32				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 39 – Allevamento B - Isomeri del CLA. Valori di concentrazione medi e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali).

		Allevamento B						R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6				
t7,c9	M ³	0.39 ±0.22 0.16 ±0.20	0.18 ±0.16 0.24 ±0.22	0.85 ±0.82 0.56 ±0.63	0.35 ±0.44 0.27 ±0.31	0.17 ±0.18 0.48 ±0.44	0.19 ±0.14 0.32 ±0.36	NS	***	**	NS
	S	0.49 ±0.51 0.66 ±0.81	0.17 ±0.17 0.43 ±0.46	0.36 ±0.31 0.15 ±0.15	0.23 ±0.27 0.27 ±0.43	0.16 ±0.21 0.25 ±0.28	0.20 ±0.24 0.22 ±0.23				
c9,t11	M	12.14 ±11.06 8.95 ±6.32	4.58 ±1.77 3.71 ±1.44	11.69 ±3.92 9.27 ±6.90	4.39 ±0.83 4.16 ±0.57	4.59 ±0.38 6.02 ±1.60	5.66 ±1.95 6.08 ±3.14	***	***	***	NS
	S	6.40 ±5.15 7.83 ±4.28	3.21 ±0.82 3.95 ±1.59	2.64 ±0.66 2.84 ±0.92	2.84 ±0.60 2.81 ±1.52	3.22 ±0.49 3.51 ±0.96	4.81 ±1.15 4.26 ±1.23				
t9,c11	M	0.37 ±0.34 0.20 ±0.12	0.11 ±0.04 0.11 ±0.06	0.35 ±0.28 0.28 ±0.19	0.20 ±0.11 0.16 ±0.07	0.23 ±0.10 0.20 ±0.09	0.17 ±0.06 0.17 ±0.12	NS	***		***
	S	0.35 ±0.36 0.27 ±0.15	0.09 ±0.04 0.17 ±0.10	0.11 ±0.09 0.12 ±0.10	0.19 ±0.11 0.08 ±0.03	0.11 ±0.06 0.13 ±0.04	0.10 ±0.03 0.12 ±0.04				
t11,c13	M	0.28 ±0.27 0.32 ±0.46	0.19 ±0.09 0.15 ±0.05	0.77 ±0.46 0.25 ±0.11	0.20 ±0.08 0.16 ±0.09	0.18 ±0.10 0.39 ±0.43	0.18 ±0.09 0.15 ±0.08	NS	***	NS	**
	S	0.60 ±1.17 0.21 ±0.16	0.09 ±0.04 0.20 ±0.10	0.15 ±0.12 0.12 ±0.08	0.17 ±0.12 0.07 ±0.04	0.14 ±0.09 0.12 ±0.06	0.13 ±0.04 0.10 ±0.04				
t9,t11	M	0.29 ±0.29 0.08 ±0.04	0.18 ±0.07 0.16 ±0.11	1.32 ±2.23 0.33 ±0.16	0.27 ±0.18 0.13 ±0.06	0.24 ±0.19 0.23 ±0.15	0.12 ±0.05 0.17 ±0.19	*	**	NS	*
	S	0.45 ±0.67 0.25 ±0.21	0.19 ±0.11 0.22 ±0.12	0.14 ±0.10 0.14 ±0.08	0.19 ±0.12 0.10 ±0.05	0.17 ±0.15 0.17 ±0.09	0.09 ±0.05 0.10 ±0.07				
t10,t12	M ³	0.43 ±0.37 0.26 ±0.17	0.18 ±0.11 0.27 ±0.16	0.97 ±0.67 0.52 ±0.32	0.38 ±0.16 0.28 ±0.15	0.28 ±0.22 0.42 ±0.31	0.24 ±0.12 0.25 ±0.21	**	**	NS	*
	S	0.47 ±0.57 0.29 ±0.19	0.20 ±0.17 0.33 ±0.15	0.26 ±0.18 0.21 ±0.12	0.22 ±0.09 0.18 ±0.08	0.15 ±0.07 0.44 ±0.51	0.21 ±0.10 0.18 ±0.11				
TOT CLA	M	13.51 ±11.30 9.80 ±7.04	5.25 ±1.85 4.41 ±1.57	15.09 ±5.57 10.66 ±7.35	5.43 ±0.81 4.89 ±0.57	5.52 ±0.63 7.26 ±1.87	6.38 ±2.08 6.82 ±3.55	***	***	***	NS
	S	8.27 ±7.36 8.84 ±4.45	3.78 ±0.98 4.86 ±1.76	3.31 ±0.88 3.43 ±1.08	3.59 ±0.74 3.24 ±1.60	3.79 ±0.56 4.37 ±1.44	5.35 ±1.30 4.75 ±1.26				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Gli isomeri *trans* del C18:1 risultano ben separati dalla colonna SLB-IL111, anche se alcuni acidi grassi eluiscono contemporaneamente con alcuni isomeri *cis*. Dai processi di bioidrogenazione ruminale possono formarsi anche altri isomeri *trans* del C18:1 e del CLA, che risultano tuttavia complessi (Tabella 40 e Tabella 41).

Tabella 40 – Allevamento A - Isomeri trans del 18:1. Valori di concentrazione medi e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali).

		Allevamento A							R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6	7				
t4	M ³	0.23 ±0.17 0.23 ±0.26	0.34 ±0.47 0.13 ±0.07	0.30 ±0.25 0.14 ±0.05	0.20 ±0.10 0.20 ±0.16	0.12 ±0.05 0.13 ±0.02	0.17 ±0.05 0.25 ±0.11	0.26 ±0.12 0.20 ±0.09	* *** * NS			
	S	0.47 ±0.54 0.25 ±0.21	0.31 ±0.36 0.16 ±0.07	0.20 ±0.15 0.12 ±0.07	0.21 ±0.07 0.10 ±0.05	0.19 ±0.11 0.14 ±0.07	0.15 ±0.05 0.17 ±0.10	0.17 ±0.08 0.20 ±0.09				
t5/c5	M	0.48 ±0.12 0.54 ±0.16	0.71 ±0.47 0.45 ±0.21	0.60 ±0.27 0.42 ±0.13	0.53 ±0.13 0.53 ±0.22	0.34 ±0.07 0.39 ±0.12	0.67 ±0.27 0.73 ±0.28	0.63 ±0.23 0.82 ±0.27	NS *** * NS			
	S	0.75 ±0.22 0.72 ±0.54	0.59 ±0.21 0.62 ±0.19	0.45 ±0.13 0.40 ±0.14	0.50 ±0.07 0.57 ±0.08	0.59 ±0.20 0.47 ±0.14	0.45 ±0.07 0.39 ±0.15	0.39 ±0.17 0.55 ±0.07				
t6/t7	M	0.32 ±0.11 0.40 ±0.22	0.57 ±0.41 0.38 ±0.16	0.57 ±0.23 0.42 ±0.21	0.47 ±0.22 0.41 ±0.15	0.27 ±0.11 0.30 ±0.15	0.52 ±0.26 0.86 ±0.43	0.46 ±0.13 0.58 ±0.23	NS *** *** NS			
	S	0.50 ±0.19 0.59 ±0.25	0.56 ±0.24 0.51 ±0.17	0.48 ±0.24 0.40 ±0.19	0.38 ±0.18 0.44 ±0.12	0.39 ±0.14 0.53 ±0.21	0.37 ±0.12 0.59 ±0.21	0.32 ±0.07 0.67 ±0.26				
t8/t9	M	1.93 ±0.41 2.14 ±0.87	2.64 ±1.03 1.85 ±0.59	2.51 ±0.62 2.07 ±0.69	2.28 ±0.68 2.06 ±0.34	1.46 ±0.26 1.43 ±0.36	2.31 ±0.73 2.76 ±0.47	2.46 ±0.53 2.65 ±0.51	* *** *** NS			
	S	2.01 ±0.55 2.30 ±0.50	2.39 ±0.79 2.56 ±0.41	1.99 ±0.57 1.92 ±0.67	2.00 ±0.40 2.26 ±0.45	2.00 ±0.57 2.09 ±0.33	1.67 ±0.20 1.72 ±0.25	1.49 ±0.36 2.09 ±0.32				
t10	M	1.91 ±0.48 2.20 ±0.89	2.51 ±0.91 2.01 ±0.69	2.37 ±0.66 2.08 ±0.70	2.10 ±0.64 1.90 ±0.34	1.40 ±0.30 1.29 ±0.37	1.53 ±0.46 1.79 ±0.23	1.68 ±0.50 1.49 ±0.24	*** *** *** NS			
	S	1.80 ±0.61 2.10 ±0.50	2.47 ±0.83 2.42 ±0.54	1.77 ±0.58 1.73 ±0.60	1.74 ±0.41 2.11 ±0.60	1.76 ±0.60 1.98 ±0.44	1.14 ±0.18 1.12 ±0.13	1.13 ±0.28 1.23 ±0.17				
t11	M ³	7.69 ±2.45 9.03 ±4.96	11.09 ±4.93 7.54 ±2.25	11.52 ±4.09 10.30 ±2.84	10.07 ±3.62 10.41 ±3.40	6.08 ±1.37 6.53 ±3.00	12.60 ±5.67 15.64 ±4.56	9.10 ±3.55 10.25 ±2.74	*** *** *** NS			
	S	7.21 ±3.17 8.10 ±2.26	10.96 ±5.73 10.31 ±1.69	10.21 ±4.77 8.95 ±3.27	8.55 ±2.87 8.56 ±1.61	8.61 ±3.46 8.81 ±1.38	9.01 ±2.35 10.81 ±3.26	6.36 ±2.03 11.64 ±3.64				
t12	M	2.55 ±0.59 2.42 ±0.92	3.80 ±1.10 2.62 ±0.96	3.62 ±0.90 3.03 ±1.14	3.20 ±1.17 2.97 ±0.73	2.00 ±0.70 1.93 ±0.77	3.54 ±2.81 4.69 ±2.81	4.27 ±3.75 3.27 ±1.66	** *** NS NS			
	S	2.23 ±0.70 2.61 ±0.70	3.57 ±0.74 3.64 ±1.28	2.71 ±0.69 2.71 ±0.96	2.81 ±0.72 3.42 ±1.13	2.49 ±0.66 2.78 ±0.66	2.58 ±0.88 3.08 ±1.47	2.39 ±1.23 2.64 ±0.93				
t13/t14	M	6.55 ±1.57 5.88 ±2.53	11.35 ±4.35 7.12 ±2.99	10.58 ±3.09 8.60 ±3.91	9.18 ±4.03 8.56 ±3.64	3.96 ±1.30 3.45 ±1.58	2.71 ±0.76 3.48 ±0.76	3.30 ±1.61 2.71 ±1.02	NS *** ** NS			
	S	4.86 ±2.00 6.17 ±2.36	10.36 ±3.47 11.82 ±4.81	8.26 ±2.82 7.96 ±2.61	7.63 ±2.29 9.69 ±4.18	5.03 ±1.29 5.82 ±1.18	2.15 ±0.28 25.12 ±56.51	2.40 ±0.78 2.42 ±0.69				
t16+c14	M	3.35 ±0.87 3.13 ±0.86	4.68 ±1.20 3.21 ±1.22	4.56 ±0.89 3.76 ±1.40	4.34 ±1.49 4.02 ±1.11	2.52 ±0.63 2.24 ±0.66	2.25 ±0.69 2.68 ±0.47	2.33 ±0.50 1.95 ±0.34	NS * *** NS			
	S	2.83 ±1.00 3.30 ±0.98	4.59 ±0.95 4.77 ±1.91	3.32 ±0.85 3.73 ±1.19	4.08 ±0.85 4.58 ±1.23	3.45 ±0.85 3.98 ±0.79	1.74 ±0.24 1.80 ±0.66	1.59 ±0.34 2.12 ±0.34				
t18:1 TOT	M	25.01 ±5.66 25.98 ±10.70	37.68 ±13.53 25.32 ±8.40	36.62 ±9.92 30.81 ±10.26	32.38 ±11.13 31.07 ±7.13	18.15 ±4.49 17.69 ±6.10	26.31 ±10.22 32.90 ±7.03	24.50 ±5.37 23.91 ±4.49	** *** NS NS			
	S	22.67 ±7.21 26.14 ±7.26	35.82 ±12.15 36.81 ±9.27	29.40 ±10.36 27.91 ±8.65	27.90 ±7.24 31.72 ±9.09	24.52 ±7.45 26.60 ±4.06	19.27 ±3.17 44.81 ±56.13	16.25 ±3.93 23.57 ±4.84				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 41 – Allevamento B - Isomeri trans del 18:1. Valori di concentrazione medi e deviazioni standard (ng/mg di lipidi totali).

		Allevamento B						R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6				
t4	M ³	0.63 ±0.47 0.33 ±0.12	0.15 ±0.06 0.21 ±0.13	0.63 ±0.63 0.88 ±1.38	0.18 ±0.06 0.13 ±0.07	0.16 ±0.13 0.29 ±0.15	0.13 ±0.10 0.17 ±0.18				
	S	0.61 ±0.76 0.59 ±0.55	0.15 ±0.05 0.23 ±0.13	0.23 ±0.33 0.12 ±0.11	0.14 ±0.07 0.08 ±0.04	0.10 ±0.06 0.14 ±0.07	0.13 ±0.09 0.10 ±0.06	*	***	*	NS
t5/c5	M	1.41 ±0.64 0.63 ±1.15	0.38 ±0.13 0.36 ±0.25	1.45 ±1.53 0.78 ±0.31	0.38 ±0.18 0.55 ±0.16	0.34 ±0.16 0.79 ±0.40	0.49 ±0.22 0.28 ±0.24				
	S	1.47 ±1.65 1.41 ±1.47	0.44 ±0.14 0.55 ±0.21	0.41 ±0.10 0.37 ±0.09	0.44 ±0.25 0.36 ±0.09	0.40 ±0.13 0.42 ±0.20	0.49 ±0.15 0.33 ±0.20	NS	***	*	NS
t6/t7	M	2.62 ±2.56 1.80 ±1.03	0.44 ±0.21 0.54 ±0.30	0.90 ±0.32 1.21 ±1.15	0.32 ±0.10 0.44 ±0.07	0.39 ±0.19 0.76 ±0.39	0.30 ±0.13 0.46 ±0.28				
	S	2.19 ±2.34 2.59 ±2.52	0.39 ±0.19 0.42 ±0.18	0.26 ±0.14 0.34 ±0.13	0.32 ±0.14 0.29 ±0.07	0.32 ±0.08 0.37 ±0.14	0.29 ±0.12 0.35 ±0.19	NS	***	***	NS
t8/t9	M	8.32 ±6.07 5.97 ±2.94	1.97 ±0.49 2.10 ±0.89	4.84 ±1.70 4.24 ±2.73	1.87 ±0.35 2.22 ±0.27	1.93 ±0.37 3.15 ±0.91	1.98 ±0.51 2.03 ±0.66				
	S	6.22 ±5.43 8.11 ±6.97	1.85 ±0.48 2.15 ±0.51	1.49 ±0.26 1.56 ±0.49	1.55 ±0.31 1.44 ±0.38	1.63 ±0.19 1.77 ±0.45	1.89 ±0.37 1.74 ±0.44	*	***	***	NS
t10	M	7.81 ±5.76 5.87 ±3.65	2.00 ±0.56 2.22 ±0.91	4.62 ±1.40 4.40 ±3.10	1.97 ±0.40 2.46 ±0.38	1.97 ±0.36 2.61 ±0.54	1.56 ±0.43 1.64 ±0.57				
	S	4.56 ±3.46 7.01 ±5.21	1.76 ±0.48 2.07 ±0.51	1.44 ±0.26 1.58 ±0.53	1.67 ±0.43 1.50 ±0.39	1.72 ±0.24 1.56 ±0.44	1.54 ±0.36 1.54 ±0.30	***	***	***	NS
t11	M ³	41.51 ±39.02 22.20 ±14.97	11.86 ±5.81 8.87 ±4.27	30.77 ±13.93 21.18 ±13.54	8.68 ±1.62 9.19 ±1.77	8.53 ±1.63 14.64 ±6.67	9.30 ±2.15 9.64 ±3.14				
	S	16.84 ±13.47 25.20 ±17.96	8.27 ±2.11 9.63 ±3.39	6.96 ±1.53 7.29 ±2.59	6.56 ±1.41 6.38 ±2.55	7.02 ±1.29 7.18 ±2.94	9.56 ±2.80 8.02 ±2.05	***	***	***	NS
t12	M	5.71 ±2.85 4.22 ±1.96	2.73 ±0.79 2.44 ±0.97	5.94 ±2.82 3.82 ±1.19	1.85 ±0.41 2.29 ±0.15	1.82 ±0.49 2.39 ±0.61	1.60 ±0.64 1.92 ±0.55				
	S	4.60 ±4.13 6.24 ±4.19	2.36 ±0.74 2.89 ±0.78	1.78 ±0.49 1.97 ±0.63	1.48 ±0.25 1.47 ±0.29	1.41 ±0.43 1.65 ±0.74	1.42 ±0.38 1.55 ±0.41	**	***	NS	NS
t13/t14	M	10.92 ±6.62 7.36 ±4.93	7.17 ±2.19 5.36 ±3.03	17.53 ±6.95 9.22 ±3.50	3.93 ±0.89 4.76 ±0.62	3.45 ±1.00 4.72 ±0.75	2.36 ±0.85 2.58 ±0.76				
	S	6.98 ±5.87 11.41 ±9.26	6.23 ±2.07 7.10 ±2.19	4.08 ±1.15 4.80 ±1.70	3.25 ±0.86 2.88 ±0.66	2.67 ±0.51 2.79 ±0.79	1.91 ±0.55 2.35 ±0.45	NS	***	**	NS
t16+c14	M	4.90 ±2.12 3.96 ±1.92	3.37 ±1.03 2.64 ±1.37	8.70 ±2.73 4.96 ±1.89	2.49 ±0.57 2.90 ±0.43	2.22 ±0.60 3.39 ±1.02	1.85 ±0.65 1.98 ±0.53				
	S	3.70 ±2.90 6.68 ±5.04	3.66 ±0.94 4.08 ±1.11	2.46 ±0.53 2.65 ±0.75	2.10 ±0.48 1.99 ±0.46	1.82 ±0.35 1.91 ±0.47	1.99 ±0.46 1.87 ±0.44	NS	*	***	NS
t18:1 TOT	M	83.82 ±63.29 41.87 ±35.78	30.09 ±10.56 24.74 ±11.04	75.38 ±26.96 50.70 ±24.61	21.66 ±4.09 24.93 ±2.95	20.81 ±4.22 32.73 ±9.77	19.57 ±4.91 20.71 ±5.45				
	S	47.16 ±39.28 69.24 ±51.21	25.10 ±6.64 29.11 ±7.57	19.10 ±3.81 20.68 ±6.20	17.52 ±3.78 16.38 ±3.94	17.09 ±2.50 17.79 ±4.45	19.23 ±4.54 17.85 ±3.65	**	***	NS	NS

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Nelle tabelle successive sono riportati i valori dei principali rapporti di desaturazione, espressione dell'attività della Δ9-desaturasi mammaria che inserisce un doppio legame con configurazione *cis* in posizione 9 (Tabella 42 e Tabella 43).

Tabella 42 – Allevamento A - Indici di desaturazione. Valori medi e deviazioni standard.

		Allevamento A							R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6	7				
14:1/14:0	M ³	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.01 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.02 ±0.01 0.02 ±0.01	*	***	*	NS
	S	0.01 ±0.00 0.02 ±0.02	0.01 ±0.01 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.01 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00				
15:1/15:0	M	0.02 ±0.02 0.02 ±0.02	0.03 ±0.02 0.02 ±0.01	0.04 ±0.03 0.02 ±0.01	0.02 ±0.01 0.01 ±0.01	0.01 ±0.00 0.01 ±0.01	0.01 ±0.01 0.01 ±0.01	0.01 ±0.01 0.01 ±0.01	NS	***	*	NS
	S	0.04 ±0.08 0.02 ±0.02	0.03 ±0.02 0.02 ±0.01	0.02 ±0.01 0.01 ±0.01	0.02 ±0.01 0.02 ±0.01	0.02 ±0.01 0.01 ±0.01	0.01 ±0.00 0.01 ±0.01	0.01 ±0.01 0.01 ±0.01				
16:1/16:0	M	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.01 ±0.00 0.02 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.03 ±0.01 0.03 ±0.01	NS	NS	NS	NS
	S	0.02 ±0.00 0.02 ±0.01	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.01 ±0.00 0.02 ±0.00	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.02 ±0.01 0.03 ±0.00				
18:1/18:0	M	1.49 ±0.28 1.51 ±0.14	1.43 ±0.28 1.43 ±0.15	1.41 ±0.26 1.46 ±0.30	1.52 ±0.41 1.34 ±0.33	1.41 ±0.24 1.44 ±0.42	1.81 ±0.28 1.60 ±0.43	2.41 ±0.82 2.85 ±0.99	***	***	***	NS
	S	1.62 ±0.32 1.37 ±0.15	1.49 ±0.40 1.55 ±0.50	1.47 ±0.31 1.43 ±0.18	1.36 ±0.33 1.60 ±0.39	1.36 ±0.48 1.45 ±0.19	1.66 ±0.28 1.33 ±0.59	1.91 ±0.49 1.89 ±0.11				
19:1/19:0	M	0.82 ±0.36 0.66 ±0.14	1.72 ±1.68 1.15 ±0.60	1.31 ±0.74 1.29 ±0.68	1.05 ±0.47 0.80 ±0.36	0.81 ±0.24 0.85 ±0.27	0.68 ±0.22 0.54 ±0.14	1.01 ±0.28 0.82 ±0.47	*	***	**	*
	S	0.83 ±0.38 0.48 ±0.25	1.87 ±1.37 1.23 ±0.94	1.45 ±0.97 1.39 ±0.99	1.03 ±0.44 1.15 ±0.85	0.73 ±0.31 0.95 ±0.59	0.77 ±0.18 0.51 ±0.15	0.93 ±0.19 0.71 ±0.24				
20:1/20:0	M ³	0.15 ±0.07 0.10 ±0.05	0.13 ±0.07 0.09 ±0.03	0.12 ±0.08 0.11 ±0.06	0.08 ±0.02 0.10 ±0.04	0.08 ±0.03 0.08 ±0.04	0.09 ±0.03 0.08 ±0.02	0.10 ±0.03 0.11 ±0.05	NS	**	NS	NS
	S	0.17 ±0.16 0.12 ±0.04	0.18 ±0.10 0.10 ±0.04	0.13 ±0.08 0.09 ±0.03	0.09 ±0.04 0.10 ±0.03	0.06 ±0.03 0.09 ±0.03	0.09 ±0.02 0.09 ±0.02	0.09 ±0.02 0.09 ±0.02				
CLA/VA	M	0.58 ±0.09 0.51 ±0.06	0.54 ±0.12 0.51 ±0.06	0.60 ±0.20 0.51 ±0.08	0.58 ±0.10 0.53 ±0.09	0.52 ±0.06 0.54 ±0.11	0.49 ±0.12 0.38 ±0.11	1.05 ±1.21 0.69 ±0.29	***	***	***	***
	S	0.77 ±0.55 0.53 ±0.12	0.64 ±0.23 0.53 ±0.12	0.53 ±0.12 0.52 ±0.07	0.59 ±0.16 0.62 ±0.09	0.52 ±0.16 0.52 ±0.10	0.48 ±0.07 0.34 ±0.12	0.57 ±0.14 0.39 ±0.13				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

Tabella 43 – Allevamento B - Indici di desaturazione. Valori medi e deviazioni standard.

		Allevamento B						R ²	C	A	L
		1 ¹	2	3	4	5	6				
14:1/14:0	M ³	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.02 ±0.01 0.01 ±0.00	*	***	*	NS
	S	0.01 ±0.01 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00	0.01 ±0.00 0.02 ±0.01	0.01 ±0.00 0.01 ±0.00				
15:1/15:0	M	0.03 ±0.03 0.03 ±0.02	0.03 ±0.02 0.02 ±0.02	0.03 ±0.03 0.02 ±0.01	0.02 ±0.02 0.01 ±0.00	0.02 ±0.01 0.02 ±0.01	0.01 ±0.01 0.01 ±0.00	NS	***	*	NS
	S	0.06 ±0.10 0.05 ±0.05	0.02 ±0.01 0.04 ±0.03	0.02 ±0.01 0.03 ±0.01	0.02 ±0.01 0.02 ±0.01	0.02 ±0.01 0.02 ±0.01	0.02 ±0.02 0.02 ±0.01				
16:1/16:0	M	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.02 ±0.00 0.02 ±0.01	0.01 ±0.00 0.02 ±0.01	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.02 ±0.01 0.02 ±0.00	0.03 ±0.00 0.03 ±0.00	NS	NS	NS	NS
	S	0.02 ±0.00 0.26 ±0.87	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.02 ±0.00 0.02 ±0.00	0.02 ±0.01 0.02 ±0.00	0.02 ±0.01 0.02 ±0.01	0.02 ±0.00 0.03 ±0.00				
18:1/18:0	M	1.45 ±0.23 1.84 ±0.34	1.33 ±0.38 1.72 ±0.66	1.27 ±0.40 1.61 ±0.57	1.50 ±0.32 1.56 ±0.31	1.86 ±0.45 1.79 ±0.26	2.33 ±0.56 2.23 ±0.37	***	***	***	NS
	S	1.52 ±0.31 1.27 ±0.21	1.30 ±0.19 1.32 ±0.31	1.23 ±0.19 1.27 ±0.17	1.37 ±0.32 1.41 ±0.29	1.49 ±0.54 2.01 ±0.86	1.93 ±0.41 1.89 ±0.31				
19:1/19:0	M	1.23 ±0.92 0.53 ±0.19	1.44 ±0.86 1.40 ±1.06	0.81 ±0.33 1.10 ±0.71	0.82 ±0.20 0.77 ±0.18	0.77 ±0.43 0.77 ±0.30	0.92 ±0.45 0.85 ±0.35	*	***	**	*
	S	0.74 ±0.48 0.68 ±0.36	0.91 ±0.33 0.88 ±0.85	0.77 ±0.30 0.66 ±0.41	0.74 ±0.27 0.54 ±0.20	0.58 ±0.30 0.65 ±0.37	0.65 ±0.30 0.49 ±0.25				
20:1/20:0	M ³	0.12 ±0.08 0.09 ±0.04	0.10 ±0.05 0.14 ±0.09	0.18 ±0.29 0.07 ±0.03	0.10 ±0.05 0.10 ±0.04	0.09 ±0.03 0.09 ±0.04	0.08 ±0.03 0.09 ±0.03	NS	**	NS	NS
	S	0.20 ±0.28 0.10 ±0.06	0.08 ±0.03 0.11 ±0.05	0.12 ±0.09 0.21 ±0.46	0.09 ±0.05 0.07 ±0.03	0.08 ±0.03 0.10 ±0.06	0.07 ±0.03 0.08 ±0.04				
CLA/VA	M	0.35 ±0.11 0.43 ±0.03	0.48 ±0.15 0.52 ±0.11	0.52 ±0.16 0.51 ±0.12	0.64 ±0.09 0.55 ±0.10	0.67 ±0.18 0.53 ±0.11	0.68 ±0.13 0.69 ±0.13	***	***	***	***
	S	0.56 ±0.26 0.40 ±0.10	0.46 ±0.05 0.51 ±0.10	0.48 ±0.09 0.48 ±0.09	0.56 ±0.11 0.50 ±0.07	0.55 ±0.08 0.64 ±0.16	0.58 ±0.14 0.59 ±0.07				

¹ 1, 2, 3, 4: Campionamento; ² R: razza; C: campionamento; A: allevamento; L=lattazione; ³ M: Maltese; S: Sarda

Primo rigo = animali di secondo parto (SECONDIPARE)

Secondo rigo (in corsivo) = animali di primo parto (PRIMIPARE)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001, NS=Non Significativo

DISCUSSIONE

Nel presente studio vengono confermate le differenti caratteristiche delle capre di razze Sarda e Maltese. Differenze importanti riguardano le caratteristiche e le attitudini degli animali, la resistenza alle patologie e le produzioni. Inoltre queste si riflettono chiaramente sul profilo lipidico e su alcuni indici del metabolismo lipidico.

Nel corso della ricerca è risultata evidente nella capra di razza Maltese la spiccata attitudine alla produzione di latte e la maggiore sensibilità alle infezioni intramammarie. La capra di razza Sarda ha confermato la sua maggiore rusticità e una maggiore capacità di adattamento alle condizioni pedo-morfologiche più difficili.

In entrambe le lattazioni la percentuale di grasso nel latte della capra di razza Sarda risulta maggiore rispetto a quello della razza Maltese (1^a lattazione: 6.20% vs 5.11%; 2^a Lattazione: 5.3% vs 4.3%).

Nella ricerca, la definizione del profilo lipidico è stata realizzata con metodiche differenti nei campioni di latte delle due lattazioni. La prima metodica, pur complessa nelle sue applicazioni, permette una migliore valutazione della concentrazione degli isomeri sia del CLA che del 18:1, attraverso l'utilizzo delle colonne cromatografiche a ioni Ag⁺. La seconda metodica offre un quadro più ampio del profilo lipidico e una migliore valutazione quantitativa degli acidi grassi presenti nel latte con l'utilizzo di un solo strumento, il GC-FID.

Le differenze rilevate sul profilo lipidico del latte riguardano soltanto alcuni degli acidi grassi di maggiore interesse nutrizionale. Nelle capre di razza Maltese risultano più abbondanti i principali acidi grassi appartenenti alle famiglie lipidiche n-6 e n-3, in entrambe le lattazioni. Tra le due razze non si osservano differenze significative nel profilo dei prodotti del metabolismo delle due famiglie n-6 e n-3 a livello dell'attività di

desaturasi ed elongasi. Nella razza Sarda si potrebbe dedurre una maggiore efficacia del processo β -ossidativo perossisomiale che porta alla formazione di DHA (22:6) a partire da EPA (20:5). Il contenuto in DHA nel latte della capra Sarda è più elevato in entrambe le lattazioni, soprattutto nella seconda lattazione ($P < 0,05$). Anche l'indice metabolico DHA/EPA mostra un valore significativamente maggiore nel latte della capra Sarda rispetto a quello di capra Maltese, in entrambe le lattazioni ($P < 0,001$). La capra Sarda dimostra un maggiore catabolismo degli eicosanoidi e dei prodotti da stress ossidativo, evidenziando il maggior equilibrio metabolico e la maggior efficacia di risposta agli stimoli da stress.

Nelle capre di razza Maltese sono maggiormente abbondanti i principali acidi grassi monoinsaturi (MUFA), l'acido oleico (c9-18:1), l'acido palmitoleico (c9-16:1) e l'acido miristoleico (c9-18:1). In entrambe le lattazioni, l'acido oleico è il secondo acido grasso più abbondante dopo il 16:0, l'acido palmitico.

L'acido grasso più abbondante nel latte in entrambe le razze e in entrambe le lattazioni è il 16:0, l'acido palmitico. Altri acidi grassi presenti in concentrazioni elevate nel latte di entrambe le razze sono: il 18:0, il 10:0, 14:0 e il 12:0. Nelle capre di razza maltese sono più abbondanti in generale anche gli Acidi Grassi Saturi (SFA), ma solo alcuni in maniera significativa. Nel latte della razza Maltese, rispetto alla razza Sarda, il contenuto in 15:0, il 16:0, il 22:0 ed il 24:0 è significativamente più elevato ($P < 0,01$). Gli Acidi Grassi Saturi con catena carboniosa corta (da 4 a 10 atomi di Carbonio) (SCFA, Short Chain Fatty Acids), caratteristici del latte di capra, sono stati recuperati in maniera differente dalle due metodiche utilizzate per l'analisi dei campioni delle due lattazioni. La tecnica adottata per l'analisi dei campioni prelevati nella prima lattazione, con l'utilizzo di solventi acquosi, ha limitato il recupero di SCFA, in

particolare del 4:0. Nella seconda lattazione il 4:0, insieme al 6:0, risulta significativamente più elevato nel latte delle capre di razza Maltese ($P<0,05$). Nel latte della razza Maltese la concentrazione degli SCFA è maggiore (ns), in entrambe le lattazioni.

La concentrazione del CLA è più elevata nel latte delle capre Maltesi, nella prima e nella seconda lattazione. Nella prima annualità i campioni sono stati analizzati sia in HPLC-DAD con colonna C18 a fase inversa, sia mediante HPLC-DAD e colonna a ioni Ag+ a fase diretta, che fornisce informazioni più dettagliate sulla composizione in isomeri. La razza Maltese mostra una concentrazione del CLA totale maggiore, che è tuttavia significativa ($P<0,01$) solo nei dati ottenuti mediante la colonna C18 a fase inversa. Nella seconda lattazione, nella capra Maltese, i dati ottenuti mediante GC-FID mostrano una concentrazione significativamente maggiore del CLA ($P<0,001$), confermando i risultati ottenuti in HPLC-DAD con colonna C18 a fase inversa nella prima lattazione.

Tra gli isomeri del CLA il più abbondante in entrambe le razze è il c9,t11 (Acido Rumenico) che rappresenta nella prima lattazione il 70.5% di quelli totali e l'83% nella seconda. Nel latte della razza Maltese, l'acido Rumenico mostra una concentrazione maggiore rispetto alla razza Sarda, significativa solo nella seconda lattazione ($P<0.001$). Nel latte della razza Maltese risultano maggiormente concentrati anche gli altri isomeri presi in considerazione in entrambe le annualità, il t7,c9, il t11,c13, il t9,t11 e il t10,t12. L'isomero del t10,c12-CLA, è risultato poco abbondante, come frequentemente osservato nel latte. Anche l'acido vaccenico, precursore del CLA a livello della ghiandola mammaria e noto per le sue attività benefiche, mostra una concentrazione maggiore nel latte di questa razza in entrambe le lattazioni ($P<0.01$).

Il latte della razza sarda è caratterizzato da una minor concentrazione, significativa solo nel secondo anno di lattazione ($P < 0.01$), degli isomeri *trans* del 18:1, spesso ritenuti indesiderati negli alimenti per i loro effetti sulla salute umana.

L'indice di desaturazione, CLA/ $t_{11-18:1}$, risulta influenzato dalla razza in entrambe le lattazioni. La razza Maltese infatti mostra un valore maggiore di tale indice rispetto alla razza Sarda, particolarmente evidente nella seconda lattazione ($P < 0.001$). La maggiore concentrazione del CLA nel latte è da attribuire all'azione della $\Delta 9$ -desaturasi che nella ghiandola mammaria prontamente converte il $t_{11-18:1}$ in $c_{9,t_{11-18:1}}$ -CLA (Bauman, 2003). L'acido vaccenico ($t_{11-18:1}$) nel latte deriva invece dall'attività ruminale, in seguito ai processi di bioidrogenazione microbica. Il latte della razza Maltese è caratterizzato anche dal maggior valore di un altro indice di desaturazione, il rapporto $c_{9-18:1}/18:0$ ($P < 0.05$). Anche in questo caso l'attività della $\Delta 9$ -desaturasi mammaria sugli acidi grassi risulterebbe maggiormente efficace nella razza Maltese, con valori maggiori rispetto alla Razza Sarda.

La composizione lipidica del latte è stata influenzata dalle differenti condizioni di allevamento degli animali nelle due aziende, contraddistinte da differente livello di alimentazione degli animali. Tra gli altri fattori analizzati la data di campionamento ha mostrato una influenza importante, mentre il numero di parti (solo secondo anno) ha mostrato una influenza limitata.

L'allevamento determina variazioni significative, in particolare negli SCFA. Infatti nell'allevamento B, quello a gestione meno razionale e maggiormente dedito al pascolo, gli SCFA presentano delle concentrazioni significativamente maggiori ($P < 0.01$).

Gli altri acidi grassi Saturi non rivelano particolari differenze di concentrazione nel latte dei due allevamenti, e quelle evidenti risultano solo nei dati relativi alla prima

lattazione. La concentrazione del CLA risulta maggiormente elevata nel latte degli animali dell'allevamento B, ovvero quello dedito maggiormente al pascolo e ciò conferma quanto osservato in precedenti lavori (Dhiman, 1999).

La data di campionamento mostra la sua influenza in generale su tutti gli FA ($P < 0,05$), in entrambi gli anni di lattazione. Il suo effetto è collegato alla stagionalità e alla disponibilità di alimenti capaci di fornire precursori per il metabolismo lipidico. In generale la concentrazione degli acidi grassi nel latte tende ad aumentare nei campionamenti intermedi, in corrispondenza dei pascoli primaverili e a diminuire negli ultimi campionamenti, effettuati in periodo estivo.

CONCLUSIONI

Le due razze hanno mostrato delle differenze nel profilo qualitativo lipidico del latte. La capra Sarda ha dimostrato un profilo migliore con una maggiore quantità di acidi grassi n-3 (DHA) utili alla salute umana. L'effetto benefico del latte di capra Sarda è dimostrato anche dal minor contenuto di acidi grassi trans. Il latte di capra Maltese invece ha mostrato un profilo migliore, rispetto al latte della Sarda, per il maggiore contenuto di CLA e VA, di cui sono stati studiati gli effetti nutrizionali e benefici per la salute umana.

I risultati evidenziano diverse peculiarità metaboliche delle due razze. La razza Sarda evidenzia una maggiore efficacia del processo di β -ossidazione perossisomiale in particolare a carico degli acidi grassi n-3 rispetto alla Maltese. Mentre nella razza Maltese si può ipotizzare una maggiore attività della $\Delta 9$ -desaturasi mammaria sugli acidi grassi, in particolare su quelli a 18 atomi di C.

I risultati di questo studio hanno mostrato come in capre alimentate con una dieta identica e allevate con le stesse condizioni generali di management, la razza abbia significativamente influenzato la composizione in acidi grassi del latte.

Diverse condizioni di gestione aziendale possono invece determinare differenze nel profilo qualitativo lipidico. Tra questi fattori si includono: le ore di pascolo, la qualità del pascolo, il tipo di alimentazione in stalla, le condizioni degli ambienti in cui sono allevati gli animali.

Le differenze fra razze per il metabolismo lipidico e per l'attività mammaria sono coerenti con le peculiarità tipiche e note per le due razze. La razza Sarda ha confermato il suo carattere rustico e la sua adattabilità alle condizioni più estreme d'allevamento. La razza Maltese invece ribadisce la sua attitudine lattifera e la sua

maggior suscettibilità alle infezioni, che si riflettono nella minore concentrazione di acidi grassi precursori di eicosanoidi anti-infiammatori (DHA).

La biodiversità nella specie caprina è una risorsa per la scelta delle razze e della loro adattabilità ai contesti ambientali e obiettivi di produzione che di volta in volta vengono stabiliti. Lo studio della biodiversità dal punto di vista della composizione lipidica può essere un buon punto di partenza per la selezione di razze con diverse capacità di adattamento e da destinare alla produzione di alimenti con differenziate caratteristiche nutrizionali.

ABBREVIAZIONI

LA	acido linoleico
ALA	acido α -linoleico
AA	acido arachidonico
EPA	acido eicosapentaenoico
DHA	acido eicosapentaenoico
OA	acido oleico
PA	acido palmitico
VA	acido vaccenico
CLA	acido linoleico coniugato
LDL	Low Density Lipoprotein
HDL	High Density Lipoprotein
CHD	Malattie coronariche del cuore
CCS	Conta delle cellule somatiche
ACC	acetil-CoA-carbossilasi
FAS	sintetasi degli acidi grassi

BIBLIOGRAFIA

Alais C. 2000. Scienza del latte. Tecniche nuove, 2000.

Alferez M.J.M, M. Barrionuevo, I. Lopez Aliaga, M.R. Sanz Sampelayo, F. Lisbona, J.C. Robles and M.S. Campos, (2001). Digestive utilization of goat and cow milk fat in malabsorption syndrome. *J. Dairy Res.* 68 pp. 451–461

Alonso L, Fontecha J, Lozada L, Fraga MJ, Juarez M. (1999). Fatty acid composition of caprine milk: major, branched-chain and trans fatty acids. *J. Dairy Sci.*,82 pp.878-884.

Attaie, R., Richter, L. (2000). Size distribution of fat globules in goat milk. *Journal of Dairy Science*, 83 pp. 940-944.

Avila, C. D., E. J. DePeters, H. Perez-Monti, S. J. Taylora, and R. A. Zinn. (2000). Influences of saturation ratio of supplemental dietary fat on digestion and milk yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83 pp.1505-1519.

Babayan, V.K., 1981. Medium chain length fatty acids esters and their medical and nutritional applications. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 59, 49A–52A.

Barber M C, Clegg R A, Travers M T, Vernon R G. (1997): Lipid metabolism in the lactating mammary gland. "*Bioch.Bioph.Acta*", 1347, pp.101-126.

Barbosa E, Oliveira C, Casal S, Soares L, Vale AP, Lopes JC, Oliveira B, Brito NV. (2003). Quantification and variability of conjugated linoleic acids levels in sheep milk of two autochthonous portuguese breeds. *EJEAFChe*, 1579-4377.

Bauchart D, Legay F, Doreau M, Gaillard B. (1990). Lipid metabolism of liquid-associated and solid-adherent bacteria in rumen contents of dairy cows offered lipid-supplemented diets. *British J. Nutrition*,63:563.

Bauchart, D., V´erit´e, R., R´emond, B., 1984. Long-chain fatty acid digestion in lactating cows fed fresh grass from spring to autumn. *Can. J. Anim. Sci.* 64 (Suppl.), 330–331.

Bauman D. E., Perfield II J. W., de Veth M. J., and Lock A. L. New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. (2003) *Proc. Cornell Nutr. Conf.* pp. 175-189.

Bauman, D. E., and J. M. Griinari (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.*, 23:203-227.

Bauman, D. E., B. A. Corl, and D. G. Peterson (2003). The biology of conjugated linoleic acids in ruminants. In: J. L. Sebedio, W. W. Christie and R. Adlof (ed.) *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research.*, 146-173. AOCS

Bauman, D.E., Griinari, J.M., (2001). Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livest. Prod. Sci.* 70, 15–29.

Baumgard LH, Corl BA, Dwyer DA, Saebø A and Bauman DE 2000. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 278, R179–R184.

Beam, T. M., T. C. Jenkins, P. J. Moate, R. A. Kohn, and D. L. Palmquist (2000). Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. *J. Dairy Sci.*, 83:2564-2573.

Bligh, E.G. and Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37:911-917.

Bobé G, Freeman AE, Lindberg GL, Beitz DC. (2004). The influence of milk protein phenotypes on fatty acid composition of milk from Holstein cows. *Milchwissenschaft*, 59: 3-6.

Boyazoglu, J., Hatziminaoglou, I., Morand-Fehr, P., 2005. The role of the goat in society: past, present and perspectives for the future. *Small Rumin. Res.* 60, 13–23.

- Boza, J., Sanz Sampelayo, M.R., 1997. Aspectos nutricionales de la leche de cabra. [Nutritional aspects of goat milk]. *Ann. Acad. Cienc. Vet. Andaluc'ia Oriental*. 10, 109–139.
- Bracco U, Hidalgo J, Bohren H, (1972). Lipid composition of the fat globule membrane of human and bovine milk. "J.Dairy Sci.", 55, pp.165-172.
- Cameron, P.J., Rogers, M., Oman, J., May, S.G., Lunt, D.K., Smith, S.B. (1994). Stearoyl coenzyme A desaturase enzyme activity and mRNA levels are not different in subcutaneous adipose tissue from Angus and American Wagyu steers. *J Anim Sci* 72, 2624-2628.;
- CAST (Ed.), 1982. *The U.S. Sheep and Goat Industry: Products, Opportunities and Limitations*. Council for Agricultural Science and Technology Publisher, Ames, Iowa, USA, Report No. 94, 41 pp.
- Cattaneo D, Dell'Orto V, Varisco G, Agazzi A, Savoini G. (2006). Enrichment in n-3 fatty acids of goat's colostrum and milk by maternal fish oil supplementation. *Small Ruminant Research*,64:22-29.
- Ceballos, L.S.; Morales, E.R.; Adarve, G.D.L.T.; Castro, J.D.; Martínez, L.P.; Sampelayo, M.R.S.. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *J. of Food Composition and Analysis*. 22:322–329 (2009)
- Chiang SD, Gesset CF, Lo H. (1957). Colorimetric determination of extracted lipids. An adaptation for microgram amounts of lipids obtained from cerumen. *Curr. List. Med. Lit. Res.*, 33-56.
- Chillard, Y., (2000). [Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants](#).
- Chilliard Y 1986 *Revue bibliographique: variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation*. 1. Chez la ratte. *Reproduction, Nutrition, Development* 26 1057–1103.
- Chilliard Y, Glasser F, Ferlay A, Bernard L, Rouel J and Doreau M 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109, 828–855.
- Chilliard Y, Rouel J, Leroux C. (2006). Goat's alpha-s1 casein genotype influences its milk fatty acid composition and delta-9. *Animal Feed Science and Technology*, 131:474–487.
- Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., Doreau M. (2007). Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*,109: 828-855.
- Chilliard,Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet G. A Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis. *J. Dairy Sci.* (2003) 86:1751–1770
- Chin SF, Liu W, Albright K and Pariza MW 1992. Tissue levels of cis-9, trans-11 conjugated dienoic isomer of linoleic acid (CLA) in rats fed linoleic acid (LA). *The FASEB Journal* 6, A1396.
- Collins Y.F., McSweeney P.L.H., Wilkinson M.G., 2003 – Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal* 13, 841-866.
- Contarini G., M. Povolo, E. Bonfitto, L. Noe', G.F.Greppi. Tecniche analitiche e statistiche nello studio del polimorfismo della as1 caseina nel latte e nel formaggio di capra Verzaschese. *Atti del Convegno " Strumenti Innovativi per la ricerca avanzata nelle produzioni animali"* Ed. MG Scientific Publications. Milano 17 Dicembre 1999 Pgg. 225-240.
- Daniel ZC, Wynn RJ, Salter AM and BATTERY PJ 2004. Differing effects of forage and concentrate diets on the oleic acid and conjugated linoleic acid content of sheep tissues: the role of stearoyl-CoA desaturase. *Journal of Animal Science* 82, 747–758.
- Davis, C. L. 1990. *Fats in Animal Feeds*. Barnaby Inc., Sycamore, IL.
- Dawson RMC, Hemington N and Hazlewood GD 1977. On the role of higher plant and microbial lipases in the ruminal hydrolysis of grass lipids. *The British Journal of Nutrition* 38, 225–232.
- Delmonte P, Kiaa A R F, Kramer J K G,1, Mossobaa M M, Sidiskyc L, Rader J I; Separation characteristics of fatty acid methyl esters using SLB-IL111, a new ionic liquid coated capillary gas chromatographic column; *Journal of Chromatography A*, 1218 (2011) 545–554.

- Demeyer, D., and M. Doreau. (1999). Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proc. Nutr. Soc.*, 58:593-607.
- Desjeux J.F., 1993. Valeur nutritionnelle du lait de chevre. *Lait* 73 : 573 – 580.
- Destailats F., Trottier J.P., Galvez J.M.G., Angers P.. Analysis of α -Linolenic Acid Biohydrogenation Intermediates in Milk Fat with Emphasis on Conjugated Linolenic Acids. *Journal of Dairy Science*, Vol. 88, Issue 9, September 2005, Pages 3231-3239
- Devillard E, McIntosh FM, Newbold CJ and Wallace RJ 2006. Rumen ciliate protozoa contain high concentrations of conjugated linoleic acids and VA, yet do not hydrogenate linoleic acid or desaturate stearic acid. *The British Journal of Nutrition* 96, 697–704
- Dewhurst RJ, Shingfield KJ, Lee MRF and Scollan ND 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Animal Feed Science and Technology* 131, 168–206.
- Dewhurst, R.J., King, P.J., 1998. Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. *Grass Forage Sci.* 53, 219–224.
- Dhiman, T.R., Anand, G.R., Satter, L.D., Pariza, M.W., 1999. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 82, 2146–2156
- Diamanti A., Castro M. (2005) Il latte di capra in età pediatrica e il suo utilizzo per il trattamento dell'intolleranza al latte vaccino” *tecnologie alimentari* 6, 59-60.
- Doreau, M., and A. Ferlay (1994). Digestion and utilization of fatty-acids by ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 45:379-396.
- Doreau, M., and Y. Chilliard (1997). Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *Br. J. Nutr.* 78:S15-S35.
- Doreau, M., D. I. Demeyer, and C. J. Van Nevel (1997). Transformation and effects of unsaturated fatty acids in the rumen: consequences on milk fat secretion. In: R. A. S. Welch, D. J. W. Burns, S. R. Davis, A. I. Popay, and C. G. Prosser (Eds.) *Milk Composition, Production and Biotechnology.*, 73-92. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- Eknes M., Havrevoll O., Volden H., Hove K., 2009 – Fat content, fatty acid profile and off-flavours in goats milk – effects of feed concentrates with different fat sources during the grazing season. *Animal Feed Science and Technology* 152, 112-122.
- Eknes M., Kolstad K., Volden H., Hove K., 2006 – Changes in body reserves and milk quality throughout lactation in dairy goats. *Small Ruminant Research* 63, 1-11.
- El-Agamy, E.I. The challenge of cow milk protein allergy. *Small Ruminant Research*, Volume 68, Issues 1-2, March 2007, Pages 64-72.
- Elgersma A, Tamminga S and Ellen G 2006. Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology* 131, 207–225.
- Elgersma, A., Ellen, G., Dekker, P.R., van der Horst, H., Boer, H., Tamminga, S., 2003a. Effects of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) cultivars with different linolenic acid contents on milk fatty acid composition. *Asp. Appl. Biol.* 70, 107–114.
- Elgersma, A., Ellen, G., van der Horst, H., Muuse, B.G., Boer, H., Tamminga, S., 2003b. Influence of cultivar and cutting date on the fatty acid composition of perennial ryegrass. *Grass Forage Sci.* 58, 323–331 (also Erratum *Grass Forage Sci.* 59, 104).
- Elgersma, A., Tamminga, S., Ellen, G., (2006). Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 207-225.
- Enjalbert, F., M. C. Nicot, C. Bayourthe, M. Vernay, and R. Moncoulon (1997). Effects of dietary calcium soaps of unsaturated fatty acids on digestion, milk composition and physical properties of butter. *J. Dairy Res.*, 64:181-195.
- EUROSTAT,2010.http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=apro_mt_lsgoat&lang=en

- Farah N. Talpur , M.I. Bhanger, Nusrat N. Memon (2009). Milk fatty acid composition of indigenous goat and ewe breeds from Sindh, Pakistan Journal of Food Composition and Analysis 22 59–64.
- Fay J P, Jakober K D, Cheng K J, Costerton J W, (1990). Esterase activity of pure cultures of rumen bacteria as expressed by the hydrolysis of p-nitrophenylpalmitate, "Can.J.Microb.", 36, p.585.
- Fellner, V., F. D. Sauer, and K. J. K. G. Kramer. (1995). Steady-state rates of linoleic acid biohydrogenation by ruminal bacteria in continuous culture. J. Dairy Sci., 78:1815-1823.
- Folch J, Less M, Sloane-Stanley GH. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. J. Biol. Chem., 226:497-509.
- Fontecha, J., Rios, J. J., Lozada, L., Fraga, M. J., Juarez, M., (2000). Composition of goat's milk fat triglycerides analysed by silver ion adsorption-TLC and GC-MS. Int. Dairy J.,10:119-128.
- Freund, G., 2000. Goat Milk: Composition and Nutritional Value, a Bibliography. Inst. Techn. Prod. Laitiers Caprins (ITPLC) Publ., Surgeres, France, p. 79.
- García Unciti, M., 1996. Utilidad terapéutica de los triglicéridos de cadena media (MCT). Dietas cetogénicas en la epilepsia infantil. [Therapeutic utility of the medium-chain triglycerides. Ketogenic diets in the infantile epilepsy]. Nutr. Clin. 16, 7–35.
- Garton GA 1977. Fatty acid metabolism in ruminants. In International review of biochemistry of lipids II (ed. TW Goodwin), vol. 14, pp. 337–370. University Park Press, Baltimore, USA.
- Givens DI 2005. The role of animal nutrition in improving the nutritive value of animal-derived foods in relation to chronic disease. The Proceedings of the Nutrition Society 64, 395–402.
- Givens DI and Shingfield KJ 2004. Food derived from animals: the impact of animal nutrition on their nutritive value and ability to sustain long-term health. Nutrition Bulletin 29, 325–332.
- Glass, R.L., Troolin, H. A., Jenness, R., (1967). Comparative biochemical studies of milks-IV. Constituent fatty acids of milk fats. Comparative Biochemistry and Physiology, 22,415-425.
- Glatzle J.. Olive Oil and Septic Pulmonary Dysfunctions. (2010) In: Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention. Pages 1033-1037
- Glimp, H.A., Fitzhugh, H.A., 1977. The Role of Sheep and Goats in Agricultural Development. Winrock International Livestock Research and Training Center Publisher, Morrilton, Arkansas, 244 pp.
- Goetsch A.L., Zeng S.S., Gipson T.A. Factors affecting goat milk production and quality. Small Ruminant Research (2011) *In press*.
- Goodfriend T.L., Elliott M.E., Fatty acids in cell signaling. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, Vol.52, Issues 2-3, February-March 1995, Page 75
- Griinari J.M. DDA, McGuire M.A., Bauman, D.E., Palmquist D.L. and Nurmela K.V.V. (1998). Trans-ottadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. J Dairy Sci.,81:1251.
- Griinari JM, Corl BA, Lacy SH, Chouinard PY, Nurmela KV and Bauman DE 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta(9)-desaturase. The Journal of Nutrition 130, 2285–2291.
- Griinari JM, Corl BA, Lacy SH, Chouinard PY, Nurmela KV and Bauman DE 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta(9)-desaturase. The Journal of Nutrition 130, 2285–2291.
- Grousclaude F., Ricordeau G., Martin P., Remuef F., Vassal L., Buillon J. (1994). Du gene au fromage: le polymorphisme de la caseine α 1 caprine, ses effets, son evolution. Prod. Anim. 7, 3 – 9.
- Hacelaf W.W., Boukhreda M., Razafindrakoto O.. (1993). Le lait du chevre peut-il remplacer le lait de vache chez l'enfant malnutri ? Lait, 73 : 4-5, 601- 611.
- Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition. Small Ruminant Research, Volume 51, Issue 2, February 2004, Pages 155-163

- Haenlein, G.F.W., 1992. Role of goat meat and milk in human nutrition. In: Lokeshwar, R.R. (Ed.), Proceedings of the V International Conference on Goats. vol. II. International Goat Association, New Delhi, India, pp. 575–580.
- Haenlein, G.F.W., 1996. Nutritional value of dairy products of ewe and goat milk. In: Proceedings of the, IDF/CIRVAL, Seminar Production, Utilization of Ewe, Goat, Milk, vol. 9603, Internat. Dairy Fed. Publ., Brussels, Belgium, pp. 159–179.
- Haenlein, G.F.W., Sherman, D.M. (Eds.), 2004. Invited papers Roundtable IGA 20th Anniversary Meeting and EAAP Annual Conference, Cairo, Egypt, September 2, 2002. Small Rumin. Res. 51, 115–200.
- Harfoot C.G, Noble RC, Moore JH. (1973). Factors influencing the extent of biohydrogenation of linoleic acid by rumen microorganism in vitro. J. Food Agric.,24:961.
- Harfoot CG 1981. Lipid metabolism in the rumen. In Lipid metabolism in ruminant animals (ed. WW Christie), pp. 21–55. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Harfoot CG and Hazlewood GP 1997. Lipid metabolism in the rumen. In The rumen microbial ecosystem (ed. PN Hobson and CS Stewart), pp. 382–426. Chapman & Hall, London, UK.
- Harfoot, C. G. Lipid metabolism in the rumen. (1981). In: W. W. Christie (ed.) Lipid Metabolism in Ruminant Animals.,21-55. Pergamon Press Ltd., Oxford, UK.
- Harfoot, C.G. and Hazlewood, G.P., 1997. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson, P.N. and Stewart, C.S. eds. The rumen microbial ecosystem. 2nd edn. Blackie Academic and Professional, London, 382-426.
- Hawke, J.C., 1973. Lipids. In: Butler, G.W., Bailey, R.W. (Eds.), Chemistry and Biochemistry of Herbage. Academic Press, London, UK, pp. 213–263.
- Hazlewood G and Dawson RMC 1979. Characteristics of a lipolytic and fatty acid – requiring *Butyrivibrio* sp isolated from the ovine rumen. Journal of General Microbiology 112, 15–27.
- Hazlewood GP and Dawson RMC 1975. Isolation and properties of a phospholipid-hydrolysing bacterium from ovine rumen fluid. Journal of General Microbiology 89, 163–174.
- Henderson C 1968. A study of the lipase of *Anaerovibrio lipolytica*: a rumen bacterium. PhD, University of Aberdeen, Aberdeen.
- Henderson C 1971. A study of the lipase of *Anaerovibrio lipolytica*: a rumen bacterium. Journal of General Microbiology 65, 81–89.
- Henderson C and Hodgkiss W 1973. An electron microscopic study of *Anaerovibrio lipolytica* (strain 5s) and its lipolytic enzyme. Journal of General Microbiology 76, 389–393.
- Hespe, R. B., and P. J. O’Bryan-Shah. 1988. Esterase activities in *Butyrivibrio fibrisolvens* strains. Appl. Environ. Microbiol. 54:1917
- Hobson PN and Mann SO 1961. The isolation of glycerol-fermenting and lipolytic bacteria from the rumen of the sheep. Journal of General Microbiology 25, 227–240.
- Host A et al. Dietary products used in infants for treatment and prevention of food allergy. Joint Statement of the European Society for Paediatric Allergology and Clinical Immunology (ESPACI) Committee on Hypoallergenic Formulas and the European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition (ESPGHAN) Committee on Nutrition. Arch Dis Child 1999;81:80-4
- IDF (Ed.), 2000. Proceedings of the International Symposium. Nicosia, Cyprus, Greece, April 13–14, 2000. International Dairy Federation Publisher, Brussels, Belgium, Bulletin no. 354/2000, 43 pp.
- IDF (Ed.), 2005. Proceedings of the International Symposium. Zaragoza, Spain, October 28–30, 2004. International Dairy Federation Publisher, Brussels, Belgium, Bulletin 0501/Part 1–5, 340 pp.
- ISTAT,2010.http://agri.istat.it/sag_is_pdwout/jsp/dawinci.jsp?q=plB040000010000013000&an=2010&ig=1&ct=204&id=8A|11A|9A
- Jahreis G, Fritsche J, Mockel P, Schone F, Moller U, Steinhart H. (1999) The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, cis-9, trans-11 C18:2, in milk of different species: Cow, goat, ewe, sow, mare, woman. Nutr. Res.,19(10):1541-1549.

- Jarrige R., 1978. Consommation d'aliments et d'eau. In: R. Jarrige (Ed.) Alimentation des Ruminants. p 177. INRA Publications, Route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.
- Jenkins T. C. Lipid Metabolism in the Rumen. In: Symposium: Advances In Ruminant Lipid Metabolism 1993 J Dairy Sci 76:3851-3863
- Jenkins TC, Wallace RJ, Moate PJ and Mosley EE 2008. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. Journal of Animal Science 86, 397–412.
- Kemp, P., and D. J. Lander. (1984) Hydrogenation in vitro of α -linolenic acid to stearic acid by mixed cultures of pure strains of rumen bacteria. J. Gen. Microbiol., 130:527-533.
- Kim, Y. J., R. H. Liu, J. L. Rychlik, and J. B. Russell. (2002) The enrichment of a ruminal bacterium (*Megasphaera elsdenii* YJ-4) that produces the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid. J. Appl. Microbiol., 92:976-982.
- King, J.W.B. (Ed.), 1988. Directory of Current Research on Sheep and Goats. CAB International Publishers, Wallingford, UK, 271 pp.
- Kinsella, J.E. (1972). Stearyl CoA as a precursor of oleic acid and glycerolipids in mammary microsomes from lactating bovine: possible regulatory step in milk triglyceride synthesis. Lipids 7, 349-355.
- Bickerstaffe e Johnson (1972)
- Kondyli E., Katsiari M.C., Voutsinas L.P., 2007 – Variations of vitamin and mineral contents in raw goat milk of the indigenous Greek breed during lactation. Food Chemistry 100, 226-230.
- Lawless F, Stanton C, L'Escop P, Devery R, Dillon P, Murphy J. J. (1999). Influence of breed on bovine milk cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid content. Livestock Production Science, 62:43–49.
- Lee MRF, Theodorou MK, Chow TT and Scollan ND 2002. In-vitro evidence for plant enzyme mediated lipolysis in the rumen. Proceedings of the Nutrition Society 61, 103A.
- Lee, M.R.F., Harris, L.J., Dewhurst, R.J., Merry, R.J., Scollan, N.D., 2003a. The effect of clover silages on long-chain fatty acid rumen transformations and digestion in beef steers. Anim. Sci. 76, 491–501.
- Lee, M.R.F., Winters, A.L., Scollan, N.D., Dewhurst, R.J., Theodorou, M.K., Minchen, F.R., 2003b. Plant-mediated lipolysis and proteolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities. J. Sci. Food Agric. 84, 1639–1645.
- Lessire, M., M. Doreau, and A. Aumaitre (1992). Digestion and metabolism of fats in domestic animals. In: Manuel des Corps Gras., 683-694. Lavoisier, Paris.
- Liu K, Wang J, Bu D, Zhao S, McSweeney C, Yu P and Li D 2009. Isolation and biochemical characterization of two lipases from a metagenomic library of China Holstein cow rumen. Biochemical and Biophysical Research Communications 385, 605–611.
- Lock AL, Teles BM, Perfield JW, Bauman DE and Sinclair LA 2006. A conjugated linoleic acid supplement containing trans-10, cis-12 reduces milk fat synthesis in lactating sheep. Journal of Dairy Science 89, 1525–1532.
- Lock, A. L. and K. J. Shingfield (2003). Optimising milk composition. In: E. Kebreab, J. Mills, and D. Beever (eds.) UK Dairying: using science to meet consumers' needs. Nottingham University Press, Nottingham, UK;
- Lourenc_o M., Ramos-Morales E. and Wallace R. J.. The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. Animal (2010), 4:7, pp 1008–1023
- Lucas A., Coulon J.B., Agabriel C., Chilliard Y., Rock E. (2008). Relationships between the conditions of goat's milk production and the contents of some components of nutritional interest in Rocamadour cheese, Small Ruminant Research, 74(1-3), 91-106.
- Maia MRG, Chaudhary LC, Figueres L and Wallace RJ 2007. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. Antonie van Leeuwenhoek 91, 303–314.
- Mallatou H., Pappa E., Massouras T. (2003) Changes in free fatty acids during ripening of Teleme cheese made with ewes', goats', cows' or a mixture of ewes' and goats' milk International Dairy Journal, Volume 13, Issues 2-3, , Pages 211-219

- Mariani, P., Corriani, F., Fossa, E. & Pecorari, M. 1987. Composizione chimica, ripartizione delle frazioni azotate e caratteristiche di coagulazione del latte di capra durante un ciclo di produzione. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*, 38: 7-30.
- Martin, G.S., Lunt, D.K., Britain, K.G., Smith, S.B. (1999). Postnatal development of stearoyl coenzyme A desaturase gene expression and adiposity in bovine subcutaneous adipose tissue. *J Anim Sci* 77, 630-636
- Matsushita M., Tazinafo N.M., Padre R.G., Oliveira C.C., Souza N.E., Visentainer J.V., Macedo F.A.F., Ribas N.P., 2007 – Fatty acid profile of milk of Saanen goats fed a diet enriched with three vegetable oils. *Small Ruminant Research* 72, 127-132.
- Mehaia MA. (1995). The fat globule size distribution in camel, goat, ewe, and cow milk. *Milchwissenschaft*, 50(5):260-263.
- Mele M, Buccioni A, Petacchi F, Serra A, Banni S, Antongiovanni M, Secchiari P. (2006). Effect of forage/concentrate ratio and soybean oil supplementation on milk yield, and composition from Sarda ewes. *Anim. Res.*, 55:273-285.
- Mele M, Conte G, Serra A, Buccioni A, Secchiari P. (2007). Relationship between beta-lactoglobulin polymorphism and milk fatty acid composition in milk of Massese dairy ewes. *Small Ruminant Research*, 73:37-44.
- Mensink Ronald P, Zock Peter L, Kester Arnold DM, Katan Martijn B. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, May 2003, Vol. 77, No. 5, 1146-1155.
- Merin, U., (2000) Influence of breed and husbandry on viscosity of Israeli goat milk yogurt Volume 35, Issue 2, Pages 175-179
- Moore J H and Christie W W. (1991) Lipid metabolism in the mammary gland of ruminant animals. Pergamon Press, pp 227-277.
- Mosley E.E., Powell G.L., Riley M.R, and Jenkins T.C. (2002). Microbial biohydrogenation of oleic acid to trans isomers in vitro. *J. Lipid Res*, 43:290-296.
- National Research Council. (NRC) Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. National academy of Sciences, Washington, DC 2001.
- Noble, R. C. (1981) Digestion, transport and absorption of lipids. In: W. W. Christie (Ed.) Lipid metabolism in ruminant animals. pp. 57-93. Pergamon Press Ltd., Oxford, UK;
- Noble, R. C., Moore J. H, and Harfoot C. G. (1974). Observations on the pattern on biohydrogenation of esterified and unesterified linoleic-acid in the rumen. *Br. J. Nutr.*, 31:99-108.
- Nudda A, Battacone G, Usai MG, Fancellu S, Pulina G. (2006) Supplementation with extruded linseed cake affects concentrations of conjugated linoleic acid and vaccenic acid in goat milk. *J. Dairy Sci.*, 89:277-282.
- Offer NW, Marsden M and Phipps RH 2001. Effect of oil supplementation of a diet containing a high concentration of starch on levels of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in bovine milk. *Animal Science* 73, 533-540.
- Omar Faruque AJM, Jarvis BDW and Hawke JC 1974. Studies on Rumen Metabolism. IX. Contribution of plant lipases to release of free fatty-acids in rumen. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 25, 1313-1328.
- Page, A.M., Sturdivant, C.A., Lunt, D.K., Smith, S.B. (1997) Dietary whole cottonseed depresses lipogenesis but has no effect on stearoyl coenzyme desaturase activity in bovine subcutaneous adipose tissue. *Comp Biochem Physiol* 118, 79-84.
- Palmquist DL, Lock AL, Shingfield KJ and Bauman DE 2005. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Advances in Food and Nutrition Research* 50, 179-217.
- Pandya A.J., Ghodke K.M., 2007. Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt. *Small Ruminant Research* 68, 193-206.

- Pariza MW 2004. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *The American Journal of Clinical Nutrition* 79, 1132S–1136S.
- Park Y.W., Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. *Small Ruminant Research*, Volume 14, Issue 2, August 1994, Pages 151-159
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, Volume 68, Issues 1-2, March 2007, Pages 88-113
- Parodi, P. W., (1999). Conjugated Linoleic Acid and Other Anticarcinogenic Agents of Bovine Milk Fat. *Journal of Dairy Science*, 82, 1339-1349.
- Parodi, P.W., 1977. Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. *J. Dairy Sci.* 60, 1550.
- Pizzillo M., Claps S., Cifuni G.F., Fedele V., Rubino R. (2005). Effect of goat breed on the sensory, chemical and nutritional characteristics of ricotta cheese. *Livestock Production Science*; Volume 94, Issues 1-2, June 2005, Pages 33-40.
- Polidori F, Sgoifo Rossi CA, Senatore EM, Savoini G, Dell’Orto V. (1997) Effect of recombinant bovine somatotropin and calcium salts of long-chain fatty acids on milk from italian buffalo. *J. Dairy Sci.*,80:2137-2142.
- Pollard, M.R., Gunstone, F.D., James, A.T., Morris, L.J. (1980) Desaturation of positional and geometric isomers of monoenoic fatty acids by microsomal preparations from rat liver. *Lipids* 15, 306-314.
- Precht D, Molкетин J, Destailats F, Wolff RL. (2001) Comparative studies on individual isomeric 18:1 acids in cow, goat and ewe milk fats by low temperature high resolution capillary gas-liquid chromatography. *Lipids*,36(8):827-832.
- Priolo A, Bella M, Lanza M, Galofaro V, Biondi L, Barbagallo D, Ben Salem H, Pennisi P. (2005) Carcass and meat quality of lambs fed fresh sulla (*Hedysarum coronarium*) with or without polyethylene glycol or concentrate. *Small Ruminant Research*, 59:281-288.
- Russell JB andWallace RJ 1997. Energy yielding and consuming reactions. In *The rumen microbial ecosystem* (ed. PN Hobson and CS Stewart), pp. 185–215. Chapman & Hall, London, UK.
- Russo G. L., Della Pietra V., Mercurio C., Palumbo R., Iacomino G., Russo M., Tosto M., Zappia V.. (1999) Protective Effects Of Butyric Acid In Colon Cancer . *Advances Experimental Medicine & Biology* ,Vol. 472:131-147.
- Saebø A, Saebø PC, Griinari JM and Shingfield KJ 2005. Effect of abomasal infusions of geometric isomers of 10, 12 conjugated linoleic acid on milk fat synthesis in dairy cows. *Lipids* 40, 823–832.
- Salvadori Del Prato Ottavio. *Trattato di tecnologia casearia*, 1998, Il Sole 24 Ore Edagricole
- Sands, M., McDowell, R.E. 1978. *The Potential of the Goat for Milk Production in the Tropics*. Department of Animal Science, Cornell University Publisher, Ithaca, New York, USA, Cornell Internat. Agr. Mimeogr. 60, 53 pp.
- Santos-Silva, J, Bessa RJB, Santos-Silva F. (2002) Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77:187-194.
- Sauvant D., Chilliard Y. And Morand-Fehr P. (1991). In "Goat Nutrition", Ed. P. Morand: Fehr), pp. 124-42 (Pudoc, Wageningen)
- Schmid A., Schmid A., Collomb M., Sieber R., Bee G. - Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science* 73 (2006) 29–41.
- Scollan N, Hocquette JF, Nuernberg K, Dannenberger D, Richardson I and Moloney A 2006. Innovations in beef productions systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science* 74, 17–33.
- Scollan N, Hocquette JF, Nuernberg K, Dannenberger D, Richardson I and Moloney A 2006. Innovations in beef productions systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science* 74, 17–33.

- Secchiari P, Antongiovanni M, Mele M, Buccioni A, Serra A, Ferruzzi G. (2001) Effect of dietary fat on milk fat acidic composition of ewes and cows. *Liv. Prod. Science*,70:175.
- Secchiari P.L. (2008), Aspetti del valore nutrizionale e nutraceutico degli alimenti di origine animale. *Ital. J. Agron. / Riv. Agron.*, 2008, Suppl. 1, p.73-101
- Shingfield KJ and Griinari JM 2007. Role of biohydrogenation intermediates in milk fat depression. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109, 799–816.
- Shingfield KJ, Ahvenjarvi S, Toivonen V, Arola A, Nurmela KVV, Huhtanen P, Griinari M. (2003) Effect of fish oil on biohydrogenation of fatty acids and milk fatty acid content in cows. *Anim. Sci.*,77:165-179.
- Shingfield KJ, Ahvenjarvi S, Toivonen V, Arola A, Nurmela KVV, Huhtanen P and Griinari JM 2003. Effect of dietary fish oil on biohydrogenation of fatty acids and milk fatty acid content in cows. *Animal Science* 77, 165–179.
- Shingfield KJ, Saebø A, Saebø PC, Toivonen V and Griinari JM 2009. Effect of abomasal infusions of a mixture of octadecenoic acids on milk fat synthesis in lactating cows. *Journal of Dairy Science* 92, 4317–4329.
- Simopoulos AP 2004. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International* 20, 77–90.
- Soryal K., Beyene F.A., Zeng S., Bah B., Tesfai K. (2005). Effect of goat breed and milk composition on yield, sensory quality, fatty acid concentration of soft cheese during lactation. *Small Ruminant Research*, 58(3), 275-281.
- Strzałkowska N, Józwik A, Bagnicka E, Krzyżewski J, Horbańczuk K, Pyzel B, Słoniewska D, Horbańczuk J. O. The concentration of free fatty acids in goat milk as related to the stage of lactation, age and somatic cell count. *Animal Science Papers and Reports* vol. 28 (2010) no. 4, 389-395
- Strzałkowska N., Józ Wik A., Bagnicka E., Krzyżewski J., Horbańczuk J.O. 2009 – Studies upon genetic and environmental factors Stephan Thomanna, Arno Brechenmacher , Jörg Hinrichs (2008) Strategy to evaluate cheesemaking properties of milk from different goat breeds *Small Ruminant Research* 74 172–178
- Sung, Y.Y., Wu, T.I., Wang, P.H., (1999) Evaluation of milk quality of Alpine, Nubian, Saanen and Toggenburg breeds in Taiwan *Small Ruminant Research* 33 (1999) 17±23
- Thomanna S, Brechenmacher A, Hinrichs J. Strategy to evaluate cheesemaking properties of milk from different goat breeds. *Small Ruminant Research*. Volume 74, Issue 1, Pages 172-178 (January 2008).
- Tocher, D.R., Leaver, M.J., Hodgson, P.A. (1998) Recent advances in the biochemistry and molecular biology of fatty acyl desaturases. *Prog Lipid Res* 37, 73-117.
- Trygve Skjevdal. Flavour of goat's milk: A review of studies on the sources of its variations. *Livestock Production Science* Volume 6, Issue 4, October 1979, Pages 397-405
- Tsiplakou E., Mountzourisa K.C. and Zervas G., (2006). Concentration of conjugated linoleic acid in grazing sheep and goat milk fat. *Livestock Science*, Volume 103, Issues 1
- Tsuzuki T, Tokuyama Y, Igarashi M and Miyazawa T 2004. Tumor growth suppression by alpha-eleostearic acid, a linolenic acid isomer with a conjugated triene system, via lipid peroxidation. *Carcinogenesis* 25, 1417–1425.
- Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T. (1991) - Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, 338: 985-992
- Van Nevel, C. J., and D. I. Demeyer. (1995) Lipolysis and biohydrogenation of soybean oil in the rumen in vitro: Inhibition by antimicrobials. *J. Dairy Sci.*, 78:2797-2806.
- Van Nevel, C. J., and D. I. Demeyer. (1996b) Influence of pH on lipolysis and biohydrogenation of soybean oil by rumen contents in vitro. *Reprod. Nutr. Dev.*, 36:53-63.
- Van Ranst G, Fievez V, Vandewalle M, De Riek J and Van Bockstaele E 2009. In vitro study of red clover polyphenol oxidase activity, activation, and effect on measured lipase activity and lipolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 6611–6617.

- Vernon, R. G. and Finley, E., (1988). Roles of insulin and growth hormone in the adaptations of fatty acid synthesis in white adipose tissue during the lactation cycle in sheep. *Biochemical Journal*, 256, 873-878.
- Wachira, A. M., L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson, K. Hallett, M. Enser, and J. D. Wood. (2000) Rumen biohydrogenation of n-3 polyunsaturated fatty acids and their effects on microbial efficiency and nutrient digestibility in sheep. *J. Agric. Sci.*, 135:419-428.
- Walstra P, Geurts TJ, Noomen A, Jellema A, Van Boekel MAJS. (1999) Dairy technology: principle of milk properties and process. Marcel Dekker, New York.
- Ward, R.J., Travers, M.T., Richards, S.E., Vernon, R.G., Salter, A.M., Buttery, P.J., Barber, M.C. (1998) Stearoyl-CoA desaturase mRNA is transcribed from a single gene in the ovine genome. *Biochim Biophys Acta* 1391, 145-156.
- Wąsowska I, Maia MRG, Niedzwiedzka KM, Czauderna M, Ramalho Ribeiro JMC, Devillard E, Shingfield KJ and Wallace RJ 2006. Influence of fish oil on ruminal biohydrogenation of C18 unsaturated fatty acids. *The British Journal of Nutrition* 95, 1199–1211.
- Whigham LD, Cook ME and Atkinson RL 2000. Conjugated linoleic acid: implications for human health. *Pharmacological Research* 42, 503–510.
- Wilde PF and Dawson RM 1966. The biohydrogenation of alpha-linolenic acid and oleic acid by rumen micro-organisms. *Biochemical Journal* 98, 469–475.
- World Health Organization (WHO) 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Technical report series 916. WHO, Geneva.
- Yañez-Ruiz DR, Scollan ND, Merry RJ and Newbold CJ 2006. Contribution of rumen protozoa to duodenal flow of nitrogen, conjugated linoleic acid and VA in steers fed silages differing in their water-soluble carbohydrate content. *The British Journal of Nutrition* 96, 861–869.
- Yurawecz, M.P., Roach, J.A.G., Sehat, N., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., Fritsche, J., Steinhart, H., Ku, Y. (1998) A new conjugated linoleic acid isomer, 7 trans, 9 cis-octadecadienoic acid, in cow milk, cheese and human milk and adipose tissue. *Lipids* 33, 803–809
- Zan, M.; Stibilj, V.; Rogelj, I.. Milk fatty acid composition of goats grazing on alpine pasture. *Small Ruminant Research* 64:45–52 (2006)
- Zhang CM, Guo YQ, Yuan ZP, Wu YM, Wang JK, Liu JX and Zhu WY 2008. Effect of octadeca carbon fatty acids on microbial fermentation, methanogenesis and microbial flora in vitro. *Animal Feed Science and Technology* 146, 259–269.