



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

SCUOLA DI DOTTORATO IN

**RIPRODUZIONE, PRODUZIONE, BENESSERE ANIMALE E SICUREZZA DEGLI
ALIMENTI DI ORIGINE ANIMALE**

Direttore Prof. Giovanni Garippa

***INDIRIZZO IN:* PRODUZIONE E SICUREZZA DEGLI ALIMENTI DI
ORIGINE ANIMALE (XXII CICLO)**

(coordinatore: prof. Angelo Mario Cosseddu)

**VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE
CHIMICO-FISICHE E NUTRIZIONALI DELLA
CARNE DI AGNELLO DI SARDEGNA IGP**

Docente Guida

Chiar.ma Prof. ssa Rina Mazzette

Direttore

Prof. Giovanni Garippa

Tutor

Dott. ssa Maria Francesca Scintu

Tesi di dottorato della

Dott. ssa Carla Manca

ANNO ACCADEMICO 2008 – 2009

INDICE

Abstract	4
INTRODUZIONE	6
Definizioni e elementi caratterizzanti la filiera di produzione dell’Agnello IGP di Sardegna	10
Prescrizioni relative all’ allevamento	11
Prescrizioni relative alla macellazione, porzionatura e condizionamento	14
Caratteristiche al consumo: tagli commerciali	15
PARTE BIBLIOGRAFICA	
Condizioni ambientali che favoriscono l’allevamento ovino	18
La pecora di Razza Sarda	21
Qualità della carne	25
Qualità chimico fisica e nutrizionale	28
Qualità sensoriale	38
Qualità igienico-sanitaria	46
Qualità tecnologica	48
Trasformazione del muscolo in carne	58
Rigor mortis	59
Frollatura	60
SCOPO E PIANO DEL LAVORO	68
MATERIALI E METODI	71
RISULTATI E DISCUSSIONE	85
CONCLUSIONI	103
TABELLE	105

FIGURE	122
BIBLIOGRAFIA	131
RINGRAZIAMENTI	140

Abstract

In Sardinia island the local Sarda sheep support a breeding system oriented to the production of milk and of meat from suckling lamb slaughtered at light weight.

The EU (Reg. CE N° 138/01) has granted the Protected Geographical Indication (PGI) “Agnello di Sardegna” to this meat product.

In this work, the results of a research aimed to assess some qualitative characteristics of Sarda suckling lambs are reported. The lambs were slaughtered at 30-40 days of age.

In 1st experimental phase physico-chemical characteristics were determined on *Psoas major* (PS), *Quadriceps femoris* (QF) and *Longissimus dorsi* (LD) muscles. The muscle affected the chemical composition, particularly, highest fat content in PS were observed. The LD had better nutritional quality than the QF and, particularly, the PS, as a result of a higher PUFA content and PUFA/SFA ratio, that have a lower thrombogenic

index. These characteristics were also associated with slightly lower amounts of intramuscular lipids and SFA.

In the 2th experimental phase the PS muscle of 52 (31 female and 21 male slaughtered at $6,57 \pm 1,45$ kg) Sarda suckling lambs, coming from 5 different Sardinia areas, submitted at official controls about the product specification, were analysed.

The physico-chemical characteristics was different ($P < 0.05$) in the samples coming from 5 areas.

Meat from lambs with weight > 7 kg showed a highest content of vitamin E, a lower amounts of cholesterol and a highest intramuscular content of CLA c9, t11 and palmitic acid.

Meat from male lamb showed a tendential higher content of unsaturated fatty acids in particular stearic acid and CLA c9, t11.

The feeding system and the origin area could affect the physico-chemical and dietetic value of Sarda lamb meat.

INTRODUZIONE

L'allevamento degli ovini e dei caprini da millenni costituisce una risorsa fondamentale per l'economia di molti Paesi del mondo. I dati della FAO (2003) attestano una consistenza totale del patrimonio ovi-caprino pari a 1. 793. 105. 000 capi (di cui 1. 028. 594. 000 ovini e 764. 511. 000 caprini), mentre per le altre specie maggiormente allevate la consistenza è circa 1. 368. 000. 000 e 170. 500. 000 capi bovini e bufalini rispettivamente (Paoletti R.et al.,2007).

I dati riferiti ai paesi dell'Unione Europea consentono di individuare l'allevamento ovino e caprino come attività strategica, soprattutto nella maggior parte dei paesi del bacino del Mediterraneo. Secondo Eurostat, nel 2000 il patrimonio zootecnico europeo ammontava a 189.551.000 capi, di cui 96.652.000 ovini, 11.496.000 caprini e 81.403.000 bovini.

Il patrimonio ovino italiano è costituito da circa 7.952.000 capi (Paletti R et al, 2007) ed è rappresentato per la maggior parte (51 %) da razze specializzate per la produzione del latte, tra le quali la Sarda con 4.700.000 capi (dati ARA Sardegna,

Ottobre 2009), mentre le razze specializzate da carne rappresentano una percentuale molto limitata (circa 4%). Questo determina nel nostro paese una produzione di carne ovina deficitaria, concorrendo solo per il 50% (Laore Sardegna VII report, 2006) alla copertura dei fabbisogni. La maggior parte della carne ovina prodotta in Italia è rappresentata da agnelli da latte per circa il 34,4% del totale prodotto.

In Sardegna la produzione di carne ovina si aggira intorno a 78,6 mila tonnellate/anno, di cui circa 59,9 mila tonnellate provengono dalla produzione degli agnelli da latte e rappresenta oltre il 36% della produzione nazionale (Servizi Veterinari Regionali, RAS, 2006; Laore Sardegna, Elaborazioni Databank su dati Istat, 2006). La vendita della carne riveste nei nostri allevamenti un ruolo secondario nella formazione del reddito pastorale (circa il 20% del Prodotto Lordo Vendibile). Negli ultimi anni si è verificato un incremento della richiesta di carne ovina. Alcuni sondaggi indicano che i consumatori abituali, così come quelli occasionali, prediligono la carne dell'agnello e particolarmente quella degli agnelli da latte (Bernabeu et al., 2005). Questo dato risulta di notevole importanza per il futuro

dell'allevamento ovino prospettando la possibilità di sfruttare meglio le potenziali risorse del capitale zootecnico della Sardegna.

I prodotti derivati dall'allevamento ovino tuttavia non possono essere competitivi sul mercato globale per i quantitativi limitati e per i costi di produzione generalmente più alti rispetto a realtà produttive più industrializzate.

La competitività sul mercato può, pertanto, essere sviluppata solo valorizzando e trasferendo al consumatore il contesto socio-culturale in cui l'allevamento avviene e la qualità dei prodotti che deriva dall'ambiente e dal sistema nel suo complesso.

La politica agricola europea mette in campo diverse possibilità per favorire il riconoscimento di particolari qualità legate a determinati ambienti e garantire contemporaneamente il consumatore sull'origine degli alimenti.

Tra queste possibilità i regolamenti riguardanti le denominazioni geografiche (Reg CEE 2081/92 oggi sostituito da Reg UE 510/06) hanno rappresentato una opportunità importante per i prodotti del mediterraneo.

In Sardegna la filiera ovina è stata la prima che ha colto tale opportunità potendo vantare attualmente tre denominazioni di origine che riguardano i formaggi ovini Pecorino Romano, Pecorino Sardo e Fiore Sardo e una Indicazione Geografica Protetta che interessa la carne di Agnello di Sardegna.

Il riconoscimento del marchio di “Indicazione Geografica Protetta” all’agnello di Sardegna rappresenta un buon risultato nel percorso di valorizzazione e tutela di uno dei prodotti tipici di maggior interesse per l’economia dell’ isola.

Nella presente tesi vengono riportati i risultati di un progetto finalizzato alla valorizzazione e promozione dell’Agnello di Sardegna IGP, attraverso la definizione di un sistema per il controllo di qualità e la certificazione della carne.

DEFINIZIONI E ELEMENTI CARATTERIZZANTI LA FILIERA DELL'AGNELLO DI SARDEGNA IGP

L'Agnello di Sardegna è l'unico prodotto alimentare isolano che gode dell'Indicazione Geografica Protetta IGP (Reg. CE N° 138/01). Il riconoscimento di questa denominazione ha generato l'opportunità per la valorizzazione della carne di agnello prodotto in Sardegna nonché la possibilità di difendere spazi di mercato sempre più aggrediti da produzioni che arrivano anche da mercati extraeuropei.

La richiesta di riconoscimento della denominazione è stata promossa da un gruppo di allevatori che hanno poi contribuito alla creazione del Consorzio per la tutela dell'Agnello di Sardegna IGP che ha sede a Nuoro.

Il Consorzio rappresenta attualmente la struttura che riunisce le figure coinvolte (allevatori, macellatori e porzionatori) nella filiera di produzione dell'Agnello di Sardegna IGP.

Il consorzio ha proposto e condiviso con le istituzioni regionali e nazionali il Disciplinare di produzione che detta le regole a cui devono attenersi sia gli allevatori sia i macellatori e porzionatori.

Gli obblighi a cui sono è necessario attenersi per poter marchiare e certificare le carni di Agnello di Sardegna IGP sono relativi sia alla fase di allevamento sia alla fase di macellazione e porzionatura e confezionamento.

Prescrizioni relative all'allevamento

Gli allevamenti devono essere ubicati nel territorio amministrativo della Regione Sardegna.

Le aziende devono praticare l'allevamento prevalentemente allo stato brado.

Sono previste tre diverse tipologie di prodotto che differiscono per le tecniche di allevamento e per le caratteristiche al consumo: Agnello da latte, Agnello leggero e Agnello da taglio.

Devono essere allevate razze ovine conformi al disciplinare:

- per l' *Agnello da latte* utilizzo esclusivo di ovini di razza sarda - (non sono consentiti incroci con altre razze);
- per l' *Agnello leggero* utilizzo di ovini di razza sarda - o mediante incroci di prima generazione con razze da carne - Ile De France e Berrichon Du Cher - o altre razze da carne altamente specializzate e sperimentate;
- per l' *Agnello da taglio* ovini di razza sarda - o mediante incroci di prima generazione con razze da carne - Ile De France e Berrichon Du Cher - o altre razze da carne altamente specializzate e sperimentate.

L'*Agnello da latte* deve essere alimentato solo con latte materno e allattamento naturale.

Per l'*Agnello leggero* l'alimentazione di latte materno è integrata con alimenti naturali (foraggi e cereali) freschi e/o essiccati.

Per l'*Agnello da taglio*, dopo la prima fase di alimentazione con latte materno, vengono utilizzati alimenti naturali (foraggi e cereali) freschi e/o essiccati.

Entro 20 giorni dalla nascita l'*Agnello di Sardegna IGP* deve essere identificato, con marchio auricolare di colore verde (Figura 1) riportante il codice aziendale dell'allevamento in grado di garantire la rintracciabilità del prodotto nel rispetto della normativa vigente.



Figura 1- marchio auricolare

Prescrizioni relative alla macellazione, porzionatura e condizionamento

- Gli stabilimenti di macellazione e i laboratori di porzionatura e condizionamento devono essere ubicati nel territorio amministrativo della Regione Sardegna.
- La macellazione deve avvenire entro 24 ore dal conferimento, mediante recisione netta della vena giugulare. Si procede poi allo spellamento (Figura 3) e recisione delle zampe anteriori e posteriori. Successivamente la carcassa derivante dovrà essere liberata dall'apparato intestinale ivi compresa l'asportazione della cistifellea dal fegato il quale deve restare integro all'interno della carcassa unitamente alla coratella. Nella fase successiva la carcassa dovrà essere preparata secondo le tradizionali procedure con il peritoneo aderente alla carcassa.
- La porzionatura ed il condizionamento devono avvenire secondo determinati tagli commerciali.

Caratteristiche al consumo: tagli commerciali

Di particolare importanza sono le tre tipologie di produzione concesse dal disciplinare, alle quali è riservata una etichetta (Figura 4) che permette al consumatore di scegliere carni con caratteristiche qualitative differenti, nonché le modalità e le indicazioni con cui l'*Agnello di Sardegna IGP* può essere immesso sul mercato e consumato.

Le tipologie di produzione ammesse sono:

- Agnello da latte *tra* (5 e 7 Kg);
- Agnello leggero tra 7e 10 Kg;
- Agnello da taglio tra 10-13 Kg.

Più in particolare, come riportato nel disciplinare di produzione, l'agnello designato dall'Indicazione Geografica Protetta "Agnello di Sardegna", può essere immesso al consumo intero e/o porzionato secondo i tagli che seguono:

- intero;

- mezzena: ricavata mediante il taglio sagittale della carcassa in parti simmetriche;
- quarto anteriore e posteriore;
- testa e coratella;

per *l'Agnello leggero* e *l'Agnello da taglio* sono previsti inoltre :

- culotta,:comprendente le due cosce intere compresa la “sella” (destra e sinistra);
- sella inglese: composta dalla parte superiore dorsale, comprendente le due ultime
- coste e le pareti addominali;
- carré:comprendente parte dorsale superiore – anteriore;
- groppa:comprende i due mezzi roast-beef;
- casco: comprende le spalle, le costole basse, il collo e le costole alte della parte anteriore;
- farfalla: comprende le due spalle unite al collo;
- cosciotto: comprende la gamba, la coscia, la regione ileosacrale e la parte

posteriore dei lombi;

- cosciotto accorciato: comprende le membra posteriori della regione ileosacrale e la parte posteriore di lombi.

E altri tagli quali: sella, filetto, carrè coperto, carré scoperto spalla, colletto, cotoletta alte.

Nel disciplinare di produzione sono, inoltre, indicate inoltre le caratteristiche che il consumatore deve cercare e ritrovare nel prodotto certificato con riferimento a particolari qualità organolettiche e nutrizionali.

PARTE BIBLIOGRAFICA

Condizioni ambientali che favoriscono l'allevamento ovino

L'Unione Europea comprende una vasta superficie agricola con pascoli e prati permanenti e diversi erbai, sia nelle aree di pianura, sia in quelle montane. Una superficie di circa 46.613.250 ha è destinata a foraggiere permanenti (Paletti R. et al, 2007).

I dati riportati evidenziano l'importanza vitale del settore zootecnico ovicaprino, che si rivela oggi più che mai strategico per l'utilizzo delle risorse foraggiere disponibili in aree importanti, ma di difficile sfruttamento, quali l'arco alpino e altre zone marginali europee ed extra-europee. In tali ambienti, infatti, le caratteristiche climatiche, geomorfologiche, ambientali del territorio spesso limitano fortemente le possibilità di utilizzazione dei pascoli con altre specie zootecniche e rendono quindi l'allevamento degli ovini e dei caprini il più conveniente strumento gestionale disponibile. L'allevamento ovino può, dunque, giocare un potenziale ruolo

fondamentale nella gestione e manutenzione di molte aree svantaggiate d'Italia ed Europa (Paoletti R. et al.,2007).

I paesi con clima mediterraneo mostrano caratteristiche peculiari: le piogge sono concentrate tra l'autunno e la primavera, con un'estate di solito asciutta. L'inverno è caratterizzato da temperature più o meno rigide accompagnate, ad alte quote, da soventi nevicate.

Queste condizioni climatiche influenzano fortemente la crescita dei pascoli che mostrano 2 periodi principali di crescita: uno in autunno (settembre-dicembre) e l'altro in primavera. Inoltre la disponibilità di erba dovuta all'andamento climatico mostra cambiamenti di anno in anno, così come la composizione chimica e il valore nutritivo delle essenze.

Un'altra peculiarità tipica di molte zone del Mediterraneo è la presenza di copertura arbustiva sempreverde (macchia), utilizzata dal bestiame quando l'erba è scarsa o meno appetibile (S.R. Sanna et al., 1994)

Queste condizioni climatiche insieme alle caratteristiche geomorfologiche (limitanti per altre coltivazioni) può spiegare l'ampia diffusione di grandi aree dove il pascolo è l'unica risorsa disponibile.

La Sardegna, seconda isola del Mediterraneo (24.000 kmq), (S.R. Sanna et al. , 1994) possiede tutte le peculiarità pedoclimatiche che distinguono le regioni dove l'allevamento della pecora e della capra è profondamente radicato nel tempo. In Sardegna la pastorizia vanta infatti una tradizione socio-culturale millenaria e rappresenta ancora il principale punto di forza per lo sviluppo economico, per il mantenimento dell'equilibrio ambientale (conservazione della biodiversità e della qualità dell'acqua, lotta contro erosione, inondazioni e incendi) e della coesione sociale nelle zone rurali dell'isola.

Il sistema tradizionale d'allevamento più diffuso è quello brado e semibrado basato sullo sfruttamento del pascolo naturale. Nell' isola infatti sono disponibili per il pascolamento circa 900.000 ha, considerando i pascoli veri e propri, gli incolti produttivi, le superfici boschive non sottoposte a vincolo forestale ed i seminativi

meno fertili non più coltivati, dove si sono adattate razze rustiche autoctone (bovini, ovini e caprini da latte) (S.Casu, 1972).

La pecora di razza sarda

La pecora sarda è una razza rustica di piccola taglia a prevalente attitudine lattifera, la cui area di allevamento, un tempo limitata alla Sardegna, si è ormai estesa ad altre regioni d'Italia (Lazio, Toscana, Umbria, ecc.). Si tratta di una razza autoctona, probabilmente derivata dal grande ceppo siriano dal quale provengono molte altre razze del bacino del Mediterraneo (S. Casu, 1972)

Nel corso dell'anno il ciclo produttivo della pecora è collegato all' andamento dei pascoli, il quale a sua volta è condizionato dalle succitate caratteristiche climatiche, tipicamente mediterranee.

Per le pecore adulte la stagione di monta comincia a maggio e termina a metà luglio, in modo che i parti avvengano in autunno, all' inizio della ripresa vegetativa dei pascoli. In genere circa il 90 % delle pecore adulte partorisce entro dicembre, mentre le agnelle, che raggiungono la maturità sessuale alla fine dell'estate o nel

primo autunno, vengono avviate alla monta tra agosto e ottobre e partoriscono quindi tra febbraio e aprile.

L'alimentazione della pecora è basata, come si è detto, sul pascolo naturale. Di norma, dopo la pausa estiva, la ripresa vegetativa delle erbe comincia in settembre-ottobre con le prime piogge e lo sviluppo continua nel mese di novembre e nelle zone più calde anche nei mesi invernali.

In questo periodo l'erba non è abbondante, ma di regola è di buona qualità. In gennaio e febbraio, nelle zone più elevate, lo sviluppo delle erbe subisce un rallentamento a causa delle basse temperature, per cui spesso si rende necessaria un'integrazione alimentare costituita da granelle, "mangimi industriali" e foraggi essiccati.

In primavera l'abbondanza delle precipitazioni e le temperature più miti favoriscono lo sviluppo rigoglioso dell'erba e gli animali hanno a disposizione alimento abbondante e di ottima qualità.

Tra maggio e giugno le erbe completano il loro ciclo di sviluppo, disseccano e l'erba secca costituisce l'unica risorsa alimentare del gregge durante la stagione estiva.

E' dunque evidente che la disponibilità alimentare nel corso dell'anno non è tale da soddisfare sempre le esigenze nutritive degli animali (S.R. Sanna et al., 1994).

Tale situazione si riflette sulla produzione del latte, la quale si concentra per il 24 % nei mesi di gennaio e febbraio, e per il 50 % nei mesi di marzo – maggio (S.Casu, 1972).

In Sardegna l'allevamento della pecora di razza sarda altamente specializzata per la produzione di latte da destinare a produzioni lattiero-casearie ha determinato l'attuazione di sistemi che prevedono l'allontanamento precoce dell'agnello che viene destinato al macello subito dopo lo svezzamento. Questo è dettato, da un lato, dalla convenienza dell'allevatore a disfarsi dell'agnello il prima possibile, in modo da ottenere maggior quantità di latte vendibile, dall'altro, dal fatto che gli agnelli di razza sarda sono animali geneticamente poco adatti alla produzione di carcasse di peso elevato.

L'agnello viene macellato a circa 30-40 giorni di vita, soprattutto in concomitanza delle festività natalizie e pasquali alle quali è legato il tradizionale consumo e la conseguente richiesta di mercato.

LA QUALITA' DELLA CARNE

La qualità di un prodotto viene definita come “l’insieme delle caratteristiche in grado di soddisfare la domanda espressa e non espressa del consumatore” (ISO) (Dell’orto e Sgoiffo rossi,2000), quindi la qualità riferita ad un prodotto alimentare, è un concetto dipendente da un gran numero di variabili, molte delle quali sono soggettive e legate a fattori di tradizione etnica o addirittura familiare (Cento ducati 1996, Sanudo et al, 1996, Morrissey et al 1998).

Il soddisfacimento della domanda di qualità è estremamente complesso e legato ad un insieme multifattoriale di componenti igienico-sanitarie, tecnologiche, organolettiche (Panella et al, 1995) molto difficile da definire in modo univoco e comunque estremamente variabile nel tempo e nello spazio.

Nell' acquisto della carne, in passato, dominavano oltre all’aspetto economico alcuni di fattori come il colore e l'odore. Negli ultimi anni a questi se ne sono aggiunti altri come quelli salutistici (carni magre, preferenze di carni bianche vs rosse, ecc), e la garanzia della provenienza (possibilità di leggere etichette

informative o di acquistare carni con marchio). Su questi ultimi aspetti hanno pesato sicuramente crisi dovute al pericolo BSE, afta epizootica e aviaria che hanno portato i consumatori a chiedere maggiore informazione e rintracciabilità.

La nozione di “qualità della carne” include, dunque, una varietà di caratteristiche diverse che possono essere influenzate dal produttore, dagli addetti alla trasformazione e dallo stesso consumatore durante la preparazione e cottura dell’alimento (Stazione di ricerca Agroscope Liebefeld-Posieux ALP).

I fattori che maggiormente influiscono nel determinare la qualità della carne possono essere suddivisi in (Sarti, 1992):

FATTORI ENDOGENI: Età e stato d’ingrassamento, conformazione, genetica e sesso.

FATTORI ESOGENI: alimentazione, management aziendale, fattori climatici, stress (sistema di allevamento e trasporto) e modalità di macellazione (stordimento e trattamento della carcassa).

I diversi fattori assumono peso differente per i consumatori che spesso sono portati

a valutare e far prevalere sulla motivazione di acquisto un singolo aspetto. I diversi attori della filiera di produzione, nell'ottica di migliorare ed ottimizzare uno specifico processo, tengono conto e mirano a raggiungere la qualità del prodotto senza che venga presa in considerazione l'intera filiera produttiva. Ad es. gli aspetti ecologici dell'allevamento ed il benessere animale fanno parte del sistema "qualità della produzione" ma difficilmente viene presa in considerazione dai macellatori e trasformatori .

La maggiore o minore importanza di una caratteristica è quindi da porre in relazione con il soggetto giudicante. Per l'allevatore, considerato che la maggior parte delle transizioni avvengono ancora sulla base del peso vivo, è importante che l'animale cresca velocemente e appartenga, al momento della vendita, alla categoria che spunta i migliori prezzi sul mercato; il macellaio porrà invece attenzione alla resa al macello e allo spolpo (senza troppo grasso separabile né troppo osso); il consumatore darà la priorità all'aspetto del taglio di carne, sapore, tenerezza, valore nutrizionale e sicurezza ecc..

La carne occupa un posto importante nell'alimentazione umana sia per la notevole quantità di nutrienti che possiede: proteine, lipidi, carboidrati, sali minerali, vitamine e acqua sia perché ben si presta alla trasformazione in prodotti che possono essere conservati per periodi più o meno lunghi.

Lo studio delle caratteristiche qualitative della carne può essere articolata in quattro aspetti principali::

- qualità chimico fisica e nutrizionale;
- qualità sensoriale;
- qualità igienico sanitaria;
- qualità tecnologica.

Qualità chimico fisica e nutrizionale

La qualità chimico-fisica e nutrizionale della carne è riferita soprattutto al suo contenuto in grassi, proteine e vitamine.

Il rapporto fra le tre componenti della carne (muscolare, connettivo, grasso) e quindi il valore nutritivo della stessa, varia in funzione della razza, dell'età, della tipologia di allevamento e del tipo di taglio. Indipendentemente dalla razza, il contenuto lipidico tende ad aumentare con l'età, anche se oggi una maggiore attenzione da parte dell'allevatore verso l'alimentazione del bestiame porta all'ottenimento di tagli magri anche da animali non più giovanissimi.

I costituenti della carne che presentano maggiore variabilità sono l'acqua e il grasso.

Il contenuto in acqua può oscillare dal 49% (oca) al 77% (carne magra di vitello). Il contenuto in grasso dallo 0,6-0,7% (coniglio magro, petto di faraona) al 34% dell'oca e al 22% del maiale grasso (http://www.suinmarche.com/frame/libro/il-libro_c20_1.htm, (<http://www.iperserv.com/chimicamente/carni.pdf>).

Lipidi della carne

I lipidi della carne sono rappresentati da grassi saturi (40%), monoinsaturi (35%) e polinsaturi (25%), il contenuto in colesterolo varia fra 45/80 mg per 100 g di parte edibile (Piciocchi N., 2005).

Il grasso dei ruminanti (sia derivante dalla carne che dal latte) costituisce ormai una quota importante della dieta dell'uomo (Chilliard et al. 2000)

Gli acidi grassi sono il componente più importante e comune in tutte le classi di lipidi e come tali sono ampiamente rappresentati negli organismi viventi nei quali svolgono funzioni strutturali, energetiche e metaboliche (Ciaccio M. et al.).

Sono catene acidiche lineari, monocarboniose, di lunghezza variabile; contengono generalmente un numero pari di atomi di carbonio, sebbene in natura siano presenti acidi grassi a catena dispari. Possono essere saturi (nessun doppio legame) o insaturi (uno o più doppi legami).

Essi sono raramente presenti sotto forma di acidi grassi liberi; si trovano più

frequentemente incorporati con legame esterico o amidico nelle varie classi lipidiche (principalmente trigliceridi, fosfolipidi, esteri del colesterolo, sfingolipidi, cere, alcoli alifatici, ecc.) che si formano nel metabolismo lipidico.

La composizione degli acidi grassi nella carne è di notevole importanza per la salute umana. Negli ultimi decenni, gli studi sulla presenza di acidi grassi nella dieta umana si è concentrata principalmente sul ruolo dei diversi acidi grassi.

Infatti gli acidi grassi saturi sono associati all'aumento del rischio di obesità, ipercolesterolemia e tumori.

Gli acidi grassi polinsaturi (PUFA) abbassano il livello di colesterolo, ma un eccessivo consumo può determinare immunosoppressione e neoplasie. Un basso apporto di acidi polinsaturi nella dieta ha dimostrato un aumento del rischio di insorgenza di malattie cardiovascolari, principale causa di morte nei paesi industrializzati (Cristina M.M Alfaia et al. 2006).

La maggior parte degli acidi grassi della carne è sotto forma di acidi grassi saturi (SFA), in alcuni casi imputati di incrementare i livelli serici di colesterolo nell'uomo

(Groff et al. 1999, citato da Leheska et al. 2008), La carne tuttavia è anche una delle fonti naturali più ricche di CLA (acid linoleic conjugated) e di acido trans-vaccenico (Belury, 2002, Bhattacharya et al., 2006, Cabiddu et al. 2006, Huth, 2007, Leheska et al. 2008), che è stato dimostrato avere benefici per la salute umana (Nuernberg et al., 2007) grazie alla sua potente attività anti cancerogena anti lipogena e anti aterogena di immunomodulazione, anti aterogena, controllo dell'obesità, del diabete e di positivo ruolo l'accrescimento osseo.

Il CLA rappresenta il gruppo minore di acidi grassi, composti da isomeri dell'acido linoleico caratterizzati dalla presenza di doppi legami. Venti differenti isomeri del CLA sono ritrovati come componente naturale degli alimenti, specialmente nel grasso dei ruminanti (Sehat et al. 1998) dove sono prodotti nel rumine a partire dai grassi presenti nella dieta.

Talvolta, la definizione della qualità della carne e delle sue caratteristiche organolettiche è legato al rapporto tra acidi grassi polinsaturi e saturi FA (P/S) e in

particolare il rapporto tra n-6 e n-3 FA è considerato responsabili dell'aroma (Melton, 1990; Wood e Enser, 1997).

Durante la cottura, particolarmente gli acidi grassi polinsaturi a catena ramificata e gli Ω 3 (Fisher et al, 2000; Elmore et al., 2000), liberano diverse sostanze volatili, responsabili nella carne ovina di particolari caratteristiche sensoriali.

Il colesterolo, sostanza presente in tutte le cellule dell'organismo, è un composto organico appartenente alla famiglia dei lipidi steroidei. Esso deriva sia dall'alimentazione che dalla sintesi endogena.

Gli alimenti ad alto contenuto di colesterolo sono quelli di origine animale come uova, burro, carni, salumi, formaggi, ed alcuni crostacei, generalmente ricchi di grassi saturi.

Circa l'80-90% del colesterolo totale viene prodotto autonomamente dal nostro organismo, soprattutto dal fegato ma anche dal surrene dalle ghiandole sessuali.

Come tutti i lipidi è scarsamente solubile in acqua per essere trasportato nel

torrente circolatorio necessita, pertanto, di legarsi a specifiche lipoproteine. Esso si lega soprattutto alle lipoproteine a bassa densità o LDL (il cosiddetto colesterolo cattivo) e solo una parte si lega alle lipoproteine ad alta densità o HDL (colesterolo "buono") il quale svolge un'importante funzione protettiva delle arterie. Si calcola che circa il 60-80% del colesterolo totale sia legato alle LDL.

Il colesterolo in eccesso legato a tali lipoproteine tende ad accumularsi sull'endotelio delle arterie, formando aggregati sempre più densi fino a generare delle vere e proprie placche. Valori elevati di colesterolemia sono correlati con l'aumento della mortalità dovuta a determinate malattie, in particolare quelle cardiovascolari su base aterosclerotica (prevalentemente infarto del miocardio ed ictus ischemico).

Tuttavia nell'organismo svolge anche funzioni biologiche importanti ed essenziali: è un componente delle membrane cellulari, di cui regola fluidità e permeabilità, è il precursore degli ormoni steroidei, sia maschili che femminili (testosterone,

progesterone, estradiolo, cortisolo ecc.), della vitamina D e dei sali biliari per l'emulsione dei grassi .

Proteine

La carne contiene un' elevata percentuale di proteine di alto valore biologico, cioè buone quantità e proporzione bilanciata di tutti gli aminoacidi indispensabili alla formazione, all'accrescimento e al mantenimento del nostro organismo, compresi alcuni detti "essenziali" (lisina, triptofano, aminoacidi solforati, ecc.) che in genere sono presenti in quantitativi insufficienti nelle proteine di origine vegetale.

Delle proteine intracellulari, la miosina è la più importante. Il collagene, che dà origine alla gelatina dopo cottura in acqua, forma la parte proteica extracellulare.

Nella carne si trovano inoltre sostanze estrattive azotate, in particolare la creatina, oltre alle basi puriniche, ecc.

Una proteina molto importante per le caratteristiche visive della carne è la mioglobina. Essa è una proteina globulare costituita da una sola catena

polipeptidica fissata ad una proteina ferroporfirinica detta gruppo eme.

Il gruppo eme è costituito da un anello porfirinico formato da 4 nuclei pirrolici eterociclici che avvolgono un atomo di ferro bivalente.

L'atomo di ferro, pur rimanendo bivalente, è impegnato nella molecola con 6 legami differenti: con l'anello porfirinico, 1 con l'azoto dell'istidina e il 6 può legare molecole di O, H₂O, monossido di azoto e ossido di carbonio.

Il contenuto di mioglobina è massimo nelle fibre rosse, minimo in quelle bianche. I muscoli con più del 40% di fibre rosse sono classificati muscoli rossi, quelli con meno del 30% di fibre rosse muscoli bianchi (longissimus dorsii, bicipite femorale).

Un'altra proteina che contraddistingue la carne ed è importante anche per le caratteristiche nutrizionali e sensoriali è l'emoglobina. Essa è legata ai globuli rossi del sangue e dopo il dissanguamento il 95% circa viene eliminata. La concentrazione di emoglobina nel muscolo dipende in gran parte dal grado di dissanguamento che a sua volta può essere influenzato dalle tecniche di macellazione.

Al contrario la mioglobina permane nelle cellule muscolari anche dopo la macellazione e dissanguamento.

Vitamine

La carne è anche un'importante fonte di vitamine (B1, B2, B6, niacina e B12) e minerali (zinco, rame, selenio e ferro).

In Particolare la vitamina E è un antiossidante naturale largamente utilizzato nell'industria alimentare. Numerose ricerche mostrano che la presenza di vitamina E può decisamente migliorare le caratteristiche sensoriali della carne e dei prodotti derivati, quali freschezza, tenerezza, colore, e impedisce la perdita dell'aroma (Smith C.G. et al, 1996).

La Vitamina E è il principale antiossidante naturale attivo sotto forma di alfa-tocoferolo (Lauzurica S. et al., 2005). Funziona come antiossidante liposolubile delle membrane cellulari (Halliwell, 1987). Protegge fosfolipidi e colesterolo contrastando la formazione di radicali liberi, riduce la degradazione delle vitamine del gruppo A

e B, svolge un'attività antitrombotica e previene l'invecchiamento precoce dei tessuti.

E' stato dimostrato che l'apporto di vitamina E con la dieta aumenta la quantità di a-tocoferolo depositato nel muscolo e nei tessuti grassi (Jensen, Lauridsen, & Bertelsen, 1998), riducendo sia i processi ossidativi sia la formazione di metamioglobina (imbrunimento della carne) (Yin, Faustman, Riesen, & Williams, 1993),e migliorando le caratteristiche organolettiche e nutrizionali.

Qualità sensoriali

Le qualità sensoriali delle carni sono generalmente riferite al colore, alla tenerezza, alla succosità, all'odore e all'aroma. Si tratta di qualità percepite in maniera soggettiva dai consumatori. Tuttavia soprattutto il colore e la tenerezza sono fattori che influenzano sostanzialmente la scelta all'acquisto (Martinez –Cerezo et al., 2005).

Colore

La prima percezione che i consumatori hanno di tutte le carni è il colore (R.A Mancini et al, 2005). Il colore della carne può variare dal rosso porpora al grigio chiaro (di maiale). Secondo Feiner (2006), il colore della carne è dovuto per circa il 90-95% alla mioglobina e per circa il 2-5% all' emoglobina e altre proteine che contribuiscono in misura ancora minore.

La struttura di base della mioglobina è simile in tutte le specie animali. Esistono, però, piccole differenze alla base delle caratteristiche visive e della stabilità del colore quali: stabilità in ambiente acido, composizione aminoacidica e Punto Isoelettrico (PI).

La mioglobina, o mioglobina ridotta, ha il ferro allo stato ferroso ed è caratterizzata dall'assenza di leganti nella posizione del sesto legame; il colore è rosso porpora, tipico della carne appena tagliata. Avendo forte affinità per l'ossigeno si combina molto velocemente con quello atmosferico trasformandosi in ossimioglobina (MbO₂) modificando di conseguenza il colore della carne da rosso scuro a rosso

vivo. In questa reazione l'atomo di ferro rimane allo stato bivalente trattandosi di un processo di ossigenazione e non di ossidazione; l'ossigeno si lega nel sesto legame.

L'ossimioglobina è stabile con pressioni parziali di ossigeno alte, ma al diminuire della pressione di ossigeno si deossigena a mioglobina.

Se l'esposizione all'aria è prolungata i pigmenti ossimioglobinici e mioglobinici subiscono un processo ossidativo trasformandosi in metamioglobina di colore bruno, in cui l'atomo di ferro diventa trivalente e lega acqua nel sesto legame (Cattaneo P., 1995).

Le tre forme coesistono (ossimioglobina, mioglobina e metamioglobina) e sono in equilibrio dinamico fra loro. Il prevalere dell'uno o dell'altro determina il colore. Il rapporto tra la forma ridotta della mioglobina (ossimioglobina) e la forma ossidata (metabioglobina) conferisce una diversa colorazione alle carni. La carne esposta all'aria per un tempo prolungato si ossida e tende a diventare più scura. Ciò non incide sulla qualità vera e propria, ma è percepito dal consumatore come scarso

indice di qualità, come pure la colorazione giallastra del grasso dovuta in realtà a pigmenti contenuti negli alimenti di animali al pascolo.

Il colore dipende quindi principalmente dalla mioglobina, dallo stato chimico in cui si trova il ferro all'interno della stessa, da eventuali alterazioni di origine batterica, dal tipo di fibre muscolari che compongono il muscolo (rosse, bianche, intermedie), dall'attività svolta dai muscoli (colore più intenso in muscoli molto sollecitati attraverso la locomozione) e dalla presenza di altri componenti quali il grasso (Hendrick et al., 1994).

Oltre a ciò dipende anche dal suo comportamento rispetto all'assorbimento e alla diffusione della luce che a loro volta sono in relazione al volume miofibrillare e alla penetrazione di ossigeno.

La penetrazione di O₂ e quindi il grado di ossidazione del pigmento dipende anche dalla temperatura di stoccaggio: è massima vicino allo zero quando l'attività enzimatica è minima; a temperature maggiori sarà maggior l'attività degli enzimi respiratori e l'ossigeno può diffondere in maniera minore nel muscolo: si avrà, di

conseguenza, un colore più scuro. Infatti, con il tempo nei muscoli si consuma l'ossigeno e si produce CO_2 , si ha una perdita di ossimioglobina e un movimento di mioglobina verso la superficie.

Alcuni muscoli hanno la capacità di rimanere rossi più a lungo possedendo una proprietà detta MRA, data dalla quantità di glucosio ed enzimi riducenti del muscolo. Questi dipendono dallo stato di nutrizione e dall'esercizio fisico prima della macellazione. Dopo la macellazione si riduce l'MRA: l'attività enzimatica diventa più intensa riducendo la stabilità del colore (Cattaneo P., 1995).

Le concentrazioni di mioglobina possono variare anche in base alla specie animale, età sesso alimentazione, allevamento. Per esempio nel manzo vi è una maggiore concentrazione di mioglobina rispetto al vitello, ciò è dovuto alla dieta latte dei vitelli molto povera in rame e ferro.

Tenerezza

La tenerezza della carne è intesa come resistenza opposta alla masticazione (Monson et al., 2005).

Normalmente, è determinata sia da caratteristiche estrinseche quali sesso, razza, allevamento stress pre-macellazione, tecniche di macellazione (stordimento, stimolazione elettrica delle carni ecc.) che dalle caratteristiche intrinseche del muscolo, dal “progredire” della rigidità cadaverica o fase di rigidità, dalla fase di frollatura o “tenerizzazione” (Koochmaraie & Geesink, 2006). Le caratteristiche del muscolo sono a loro volta influenzate dalla lunghezza e frammentazione dei sarcomeri, dal diametro delle fibre, dalle caratteristiche delle proteine stromatiche, dalla dimensione delle fibre di elastina e soprattutto dalla solubilità del collagene. Speciale attenzione da parte dei ricercatori è stata rivolta allo studio del connettivo, la cui influenza sulla tenerezza sembra riconducibile non tanto alla quantità, quanto piuttosto al numero di legami inter ed intramolecolari che aumentano con l’età (Hendrick et al., 1994).

Anche il grado di marezza (quantità di grasso intramuscolare) influenza la tenerezza, la succosità, il sapore della carne e limita la contrattura da freddo, perché determina un graduale raffreddamento delle carcasse poste a maturare

nelle celle frigorifere. Durante la cottura, invece, il grasso trattiene la giusta quantità di acqua nella carne, rendendola più succosa.

Aroma

L'aroma (Heymann et al. 1993) è definito come "l'interpretazione psicologica di una risposta fisiologica a uno stimolo fisico". Laing e Jinks (1996) descrivono la percezione del sapore degli alimenti:

Un processo complesso che coinvolge i sensi dell'olfatto e del gusto, e chemesthesis (il senso comune, chimica, chiamata anche pungenza o irritazione)."

La percezione del sapore deriva dalla individuazione di composti organici volatili (odoranti e irritanti) da parte delle cellule recettoriali della cavità nasale e del rinofaringe e la percezione del gusto attraverso le regioni sensibili della bocca (Laing e Jinks 1996).

Gli odori, rilevati dalle cellule dei recettori nella cavità nasale, possono essere classificati in molte categorie, mentre i gusti sono stati classificati in dolce, salato, acido, amaro e umami. Questi cinque gusti sono percepiti da recettori posti ai lati,

nella parte posteriore e anteriore della lingua, così come nelle guance, nel palato molle e nell'esofago (Laing e Jinks 1996).

Odore e sapore sono legati alla presenza di un elevato numero di composti chimici, alcuni dei quali non ancora ben identificati (Lawrie, 1983) come acidi grassi a catena ramificata (BCFAs), composti fenolici (Reid et al., 1993) e prodotti di ossidazione dei fosfolipidi (Bukley et al., 1995) specie nella carne cotta (Gandemer et al., 1995). I primi sono sotto il controllo di fattori genetici e alimentari; i secondi, derivando dalla fermentazione degli alimenti da parte dei microrganismi ruminali.

Ogni consumatore ricerca una carne con un odore gradevole, ma quello che può essere gradevole per una persona, ad esempio l'intenso e caratteristico odore della carne ovina, non lo è per un altro. Effettivamente, una delle principali ragioni che inducono alcuni consumatori a preferire la carne d'agnello è proprio quel suo caratteristico aroma (Arsenos et al, 2001) che , per contro, può risultare poco gradita ad altre categorie di consumatori.

Qualità igienico-sanitaria

Con la definizione di qualità igienico-sanitaria si fa riferimento, principalmente, ai concetti di sicurezza e salubrità. Gli "alimenti salubri" sono definiti, dal D.L. 155 del 97, come quegli "alimenti idonei al consumo umano dal punto di vista igienico". Un alimento sicuro è quello privo di agenti biologici, chimici o fisici in grado di arrecare danno alla salute umana.

L'aumento degli allevamenti di tipo intensivo, ha portato ad un uso maggiore di farmaci non solo nella cura degli animali, ma anche per favorirne la crescita, con la conseguenza che residui tossici, derivanti dalla biotrasformazione di queste molecole, possono essere rinvenuti nel prodotto edibile. Antibiotici, anabolizzanti, cortisonici, beta-agonisti e/o beta-stimolanti possono essere fraudolentemente utilizzati per aumentare le rese alla macellazione e ridurre i costi di alimentazione, con rischi per la salute umana.

Un altro problema può essere rappresentato dai rischi sanitari dovuti alla presenza di microrganismi patogeni, dei loro metaboliti e delle loro tossine presenti in natura.

La qualità igienico-sanitaria delle carni deve essere pertanto garantita lungo tutta la filiera produttiva, durante la fase di allevamento facendo un uso oculato di: prodotti farmaceutici e rispettando i tempi di sospensione utilizzando mangimi che non arrechino danni alla salute dell'animale; durante la macellazione, che deve essere eseguita tenendo conto delle elementari norme di buona prassi igienica (cioè pulizia delle attrezzature, dei locali e degli indumenti del personale) ed evitando il più possibile le contaminazioni crociate che possono avvenire, ad esempio, con il passaggio del personale dalle zone "sporche" a quelle "pulite".

A garanzia del consumatore tutti gli animali destinati alla macellazione e le carni macellate devono essere sottoposti a visita veterinaria. "Sono dichiarate non idonee al consumo umano le carni provenienti da animali non sottoposti a visita ante mortem e ispezione post mortem" (Reg.CEE 853/2004).

Uno strumento a garanzia del consumatore è rappresentato dalle certificazioni di processo riguardanti l'igiene e la sicurezza delle carni. L'autocontrollo dei processi

produttivi obbliga il responsabile dell'industria alimentare al ritiro dei prodotti che possono presentare un rischio immediato per la salute dell'uomo.

Qualità tecnologica

La qualità tecnologica fa riferimento all'attitudine della carne ad essere conservata e trasformata. Comprende, la ritenzione idrica, l'attitudine alla conservazione in condizioni di refrigerazione ed il pH, che, nonostante sia una caratteristica chimica, in seguito alle modificazioni post mortem, assume un ruolo importante nella conservazione e trasformazione della carne. Le caratteristiche tecnologiche risultano da misurazioni oggettive, mediante strumentazioni, di caratteri che i consumatori percepiscono attraverso i loro sensi. Tra questi fattori, particolare importanza meritano.

Capacità di ritenzione idrica (WHC)

LA capacità di ritenzione idrica (WHC o Water Holding Capacity) rappresenta la

capacità della carne di trattenere l'acqua durante l'applicazione di forze esterne, quali il taglio, la macinatura o la pressione ed influisce sull'aspetto della carne cruda, sul suo comportamento durante la cottura e sulla sua succosità durante la masticazione.

L'acqua presente nei tessuti muscolari normalmente si trova in stadi diversi per quantità e mobilità secondo il tipo di legame con le proteine:

Acqua di costituzione o di idratazione: localizzata tra le molecole proteiche e chimicamente legata alle proteine. Normalmente l'energia di legame tra questa quota di acqua e le proteine è di molto superiore al resto dell'acqua presente, per cui non è mobilizzabile e non viene persa con il normale essiccamento.

Acqua di interfaccia: localizzata sulla superficie proteica in strati mono o plurimolecolari. Le forze che legano acqua soluti o acqua sono superiori a quelli dell'acqua normale tale da impedire il congelamento e la mobilità. A questa non è associata la WHC.

Acqua libera: costituisce la maggior parte dell'acqua del muscolo , legata da forze capillari , principalmente tra i filamenti spessi e sottili. Questa quota viene persa facilmente per evaporazione o essiccamento ed e` più o meno evidenziabile applicando una forza. E` la porzione maggiormente importante nel determinare le variazioni di WHC.

La capacità del muscolo di trattenere acqua è minima al punto isoelettrico delle proteine quando non sono più disponibili cariche per legarla.

E' una proprietà della carne molto importante poichè esso influenza l'aspetto della carne cruda, il suo comportamento dopo la cottura e la succosità alla masticazione.

La WHC e` infatti uno dei criteri qualitativi che permettono di distinguere le carni in funzione della loro attitudine tecnologica: quelle con basso WHC , evidenziata da una notevole essudazione della carne refrigerata cruda , sono ritenute indesiderabili sia per il consumo diretto, sia per la trasformazione. La carne con un elevato WHC può essere inaccettabile per il consumatore, ma e` utilizzabile in molti processi di

trasformazione, poiché è molto importante che , in particolare dopo la cottura, trattiene la sua acqua di costituzione (Cattaneo P, 2003).

La WHC del muscolo condiziona non solo il rendimento, ma anche le caratteristiche sensoriali del prodotto, che non beneficia sicuramente di una consistenza asciutta.

La WHC è influenzata da 2 importanti fattori il pH e le variazioni nel volume delle miofibrille.

pH

Il pH è un valore di importanza fondamentale nel determinare la qualità della carne fresca in quanto la sua evoluzione post-mortem influenza notevolmente l'attitudine della carne alla trasformazione ed alla conservazione, nonché alcune caratteristiche qualitative come colore, potere di ritenzione dell'acqua, tenerezza e aroma (Marcato, 1995).

Al momento della macellazione i muscoli presentano un pH debolmente alcalino (7.3-7.5) che si modifica abbassandosi nelle prime ore post-mortem (Gracey et al.,

1992) in tempi diversi a seconda della specie animale di appartenenza oltre che alla temperatura cui è sottoposto il muscolo; la caduta del pH è conseguenza della produzione di acido lattico a partire dal glicogeno nella glicolisi anaerobia, reazione utilizzata da numerosi organismi viventi per produrre energia, sia come reazione obbligatoria (organismi anaerobi), facoltativa (o. anaerobi facoltativi), o come emergenza per brevissimi periodi (o. aerobi) in caso di forti richieste di energia intracellulare in tempi brevi, come per esempio nei muscoli a fibre bianche ad alta velocità di contrazione ma bassa resistenza alla fatica.

Dopo la morte dell'animale il tessuto muscolare continua a mantenere un metabolismo minimo per permettere il funzionamento delle pompe ioniche per il calcio e quelle sodio-potassio, al fine di mantenere una certa organizzazione cellulare (Lawrie, 1983). Altri componenti che continuano a richiedere energia dopo la morte dell'animale sono l'ATPasi non contrattile della miosina e l'ATPasi contrattile dell'actina (Bendall, 1951; Lawrie, 1983). Il fenomeno fondamentale che avviene, a livello muscolare, nell'animale appena abbattuto e dissanguato è la

cessazione dell'apporto ematico di ossigeno che si ripercuoterà sulla produzione aerobia di ATP; il piruvato, prodotto terminale della glicolisi invece che seguire il ciclo di Krebs, viene convertito in acido lattico, che, in seguito alla mancanza di un sistema per eliminarlo, ossia la corrente sanguigna, si accumulerà all'interno del muscolo determinando l'abbassamento del pH. L'abbassamento non è improvviso e tumultuoso poiché nell'immediato periodo post macellazione è ancora presente il sistema creatina-fosfocreatina che tende a mantenere costante la quantità di ATP donando gruppi fosforici all'ADP presente, e limitando la produzione di ac. lattico (Greaser, 1986).

La trasformazione del glicogeno in acido lattico, avviene entro le 24-48 h post mortem fino al raggiungimento di un pH finale (pHu) di circa 5,6-5,3 (Immonem et al., 2000). La produzione di acido lattico viene a cessare sia perché si ha il completo utilizzo del glicogeno, perché pur essendo presente non è accessibile agli enzimi glicolitici, infine sia questi enzimi vengono inattivati dal pH stesso, quando

raggiunge il valore di 5,4 o per mancanza di adenosina monofosfato (AMP) e conseguente blocco della produzione di ATP.

L'abbassamento del pH è indice del progredire della glicolisi. Questo abbassamento e la diminuzione della concentrazione del glicogeno non sono lineari (Immonem et al., 2003), ma una regressione curvilinea (Przybylski et al., 1993).

Velocità ed entità di caduta del pH sono in relazione a vari fattori, alcuni dipendenti dal muscolo in se, altri relativi a fattori esterni (Marcato, 1995): quali la temperatura alla quale è mantenuto il muscolo.

La velocità e l'entità dell'abbassamento post mortem del pH muscolare è molto variabile e può avere un impatto notevole su alcune caratteristiche, quale il colore della carne e capacità di ritenzione idrica, tenerezza e aroma (Marcato, 1995).

Per quanto riguarda la WHC normalmente si riduce con la diminuzione del pH , sia per la diminuita disponibilità di legami ionici a legare l'acqua, sia per la riduzione degli spazi tra le miofibrille del muscolo che provoca espulsione di acqua.

A pH finale le catene proteiche sono legate tra loro da ponti disolfuro, elettrostatici e formati da cationi divalenti. I ponti elettrostatici sono più numerosi all'avvicinarsi del punto isoelettrico, creando una struttura chiusa, dove le molecole di acqua di costituzione sono legate ai siti idrofili delle proteine. La contrazione delle miofibrille e la degradazione delle proteine, che avviene con la frollatura, porta alla formazione di una struttura aperta dove l'acqua può raggiungere i siti idrofili e agganciarsi, ma l'effetto non è sufficiente a superare i fenomeni che portano alla perdita di fluidi.

Più il pH della carne è acido e più le proteine si avvicinano al punto isoelettrico e più numerosi sono i ponti elettrostatici con riduzione della WHC. Al contrario, più il pH è alto più (carni DFD) la struttura delle carni è "aperta" consentendo una maggiore possibilità di legare acqua.

Se il pH diminuisce velocemente fino a un valore del 5,5-5,7 entro 45 minuti il muscolo apparirà molto chiaro e soffice tipico delle carni (PSE Pale soft exudative) mentre se il valore del pH rimane alto le carni saranno scure e con superficie asciutta (DFD, Dark Firm Dry).

Il cambiamento di colore osservato nelle carni PSE e DFD sono dovute a cambiamenti strutturali nel muscolo ,al tasso di ossigenazione della mioglobina e alla carica sulle proteine che compongono il muscolo.

Questi cambiamenti strutturali modificano la spaziatura tra le fibre della carne e di conseguenza influiscono sul modo in cui la luce viene riflessa e assorbita, e quindi sull'aspetto visivo .Inoltre, il pHu influisce sulla stabilità del colore della carne fresca modificando l'attività degli enzimi riducenti (necessari per convertire metamioglobina in ossimioglobina) e quindi sul tasso di ossigenazione della mioglobina. Inoltre, come detto, quando il muscolo possiede un elevato pHu presenta superficie asciutta che limita la penetrazione di ossigeno e il conseguente processo di ossigenazione. (Jane Ann Boles and Ronald Peg; 2009).

La qualità tecnologica comprende inoltre proprietà importanti oltre che della carne anche del grasso.

Per quanto concerne il grasso, sono principalmente il tenore e la consistenza a ricoprire un ruolo preponderante, poiché entrambi sono determinanti per la

trasformazione della carne (Stazione di ricerca Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 2009).

Infine sta assumendo sempre più importanza quella che definisco qualità sociale e che comprende aspetti bioetici ed etici legati al processo produttivo di un alimento.

Gli aspetti bioetici sono legati alla sensibilità della società verso il rispetto del benessere e dei diritti degli animali. Gli aspetti etici si riferiscono al consumo di alimenti nella produzione di un prodotto di origine animale.

Trasformazione del muscolo in carne

Tra gli aspetti che condizionano le caratteristiche qualitative della carne vanno considerati i fenomeni biochimici che interessano il muscolo nella fase immediatamente post-mortem.

Il muscolo viene convertito in carne in seguito a una serie di modificazioni metaboliche e variazioni strutturali. Nell' immediato periodo post-mortem il muscolo cerca di mantenere la propria omeostasi: il glicogeno muscolare è metabolizzato attraverso la glicolisi anaerobica, e quindi fosforilazione ADP in ATP.

La glicolisi anaerobia genera acido lattico che si accumula nel muscolo determinando, l'abbassamento del pH intracellulare, in modo che entro 24 h post mortem, il pH è scende ad un valore finale (UpH) di circa 5,4 -5, 7.

Il muscolo è sensibile alla concentrazione di ATP e Ca^{2+} , che sono entrambi coinvolti nel processo di contrazione e rilassamento. I livelli di ATP sono ridotti e livelli di ioni Ca^{+} liberi aumenta con la formazione di legami irreversibili tra actina e miosina responsabili del cosiddetto "rigor mortis" (Charlotte Maltin et al., 2003).

Rigor mortis

L'instaurarsi del rigor mortis si verifica di solito entro le prime 24 h post-mortem.

E' causato da un accorciamento del sarcomero (Koochmaraie et al. 1996; Wheeler & Koochmaraie, 1994) e da un' esaurimento delle fonti energetiche (ATP e glicogeno) .

In assenza di ATP, l'actina e la miosina si combinano tra loro formando catene rigide di actomiosina (Aberle et al., 2001)

La rigidità cadaverica si produrrebbe pressappoco con il medesimo meccanismo con il quale si produce la contrazione del muscolo nell'animale in vita: durante la contrazione muscolare si formerebbe un composto labile, l'actomiosina con la compartecipazione di ATP, di ioni di K, Ca e Mg; quando l'actomiosina si scinde, il muscolo si rilascia. Nella rigidità cadaverica accadrebbero i medesimi fenomeni della contrazione muscolare, con la differenza che la sua successiva risoluzione sarebbe dovuta ai processi autolitici del muscolo stesso e questo spiegherebbe il tempo più o meno lungo del suo permanere (Bendall, 1951): non esisterebbe quindi nessuno stretto rapporto tra la formazione di acido lattico derivato dalla

scomposizione del glicogeno e la comparsa della rigidità cadaverica anche se si è visto che il rigor comincia normalmente a pH di 5,7-5,8 (Hannula, Puolanne, 2004);

Quando la concentrazione di ATP cade a zero, la contrazione del muscolo si ferma nella metà del ciclo. La lunghezza di questa fase dipende dal tipo e dall'attività del muscolo, specie animale, trattamento post-mortem e dalle condizioni di refrigerazione (Veiseth et al., 2004).

Sotto la combinazione di alte temperature, l'acido lattico, derivante dal metabolismo del glicogeno (glicolisi anaerobia) determina la rapida caduta dei pH, da 7 a circa 5,5 (L'Università di Bristol, FRPERC, 2008), proteine come la miosina iniziano a denaturare con una riduzione delle miofibrille.

Alcuni autori suggeriscono che vi è una forte relazione negativa tra la lunghezza sarcomero e la tenerezza della carne; quando i sarcomeri sono più brevi di 2 JLM si ha un indurimento della carne. (Wheeler, Shackelford, e Koohmaraie, 2000).

Frollatura

La frollatura è quel processo durante il quale si ha una trasformazione biochimica

del muscolo che acquista le caratteristiche di tenerezza, di succosità e di sapore tipiche della carne. Il tasso di “tenerizzazione” varia con la temperatura e specie (Polidori et al, 2000). Infatti la velocità di questo processo diventa più elevato con l'aumentare della temperatura.

È caratterizzato da un allungamento dei sarcomeri, dalla rottura dell'integrità delle miofibrille e del tessuto connettivo. Il suo risultato è legato a processi che coinvolgono temperatura e pH, in grado di attivare i sistemi enzimatici preposti alla rottura delle miofibrille (calpaine/calpastatina e catepsine) (Hendrick et al ., 1994).

Si assiste a un riarrangiamento fisico o intramolecolare che determina l'idrolisi dei legami chimici degli aminoacidi delle catene polipeptidiche (Lawrie, 1998) che può essere accompagnato da una perdita dell'attività biologica, aumento della reattività, cambiamento della forma molecolare e diminuzione della solubilità.

Durante la frollatura la denaturazione delle proteine riguarda solamente le proteine contrattili e quelle sarcoplasmatiche, poiché sia il collagene che l'elastina non si denaturano (Wierbiki et al, 1954; Lawrie, 1991) ecco perché aumentando

l'età dell'animale, per la maggiore presenza di tessuto connettivo, la carne risulta più dura.

La proteolisi, invece, interessa tutte le proteine del muscolo compreso il tessuto connettivo (Nishimura et al., 1998), aumentando in tal modo la quantità di collagene che può essere solubilizzata (Stanton, Light, 1987); le proteine coinvolte sono quelle contrattili actina e miosina (Roncales et al, 1995), quelle strutturali intramiofibrillare, vinculina, desmina, titina, nebulina e probabilmente la troponina T, quelle di collegamento tra miofibrille e sarcolemma, vinculina e distrofina, e tra cellule muscolari e lamina basale, laminina, fibronectina (Koochmaraie, 1996).

Il meccanismo intenerimento inizia con il rilascio di Ca^{++} dal reticolo sarcoplasmatico che stimola l'attività delle Calpaine o CASF (Calcium Activated Sarcoplasmic Factor), proteasi a localizzazione sarcoplasmatiche attivate ad un pH non troppo acido (circa 6) (Dransfield, 1994), che sulla base di numerosi esperimenti sembrano essere le proteasi più precoci ed importanti sul processo d'intenerimento della carne (Goll et al., 1995; Koochmaraie et al., 1996; Ouali, 1992; Taylor et al.,

1995); la loro azione si basa sulla rottura dei ponti M che legano due filamenti di miosina, sulla rottura delle strie Z, agendo sul plasminogeno, sulla demolizione della troponina T, della desmina, e della connettina ("gap filaments") (Marcato, 1995); la loro attività in vivo viene inibita e modulata dalle calpastatine (Koomaraie, 1992), sotto influenza di del livello del calcio e del pH (Morton et al., 1999). Le catepsine sono invece proteasi lisosomiali (Zeece et al., 1992), che demoliscono rapidamente le troponine T, I e C, lentamente la miosina, l'actina, la tropomiosina, l' α -actinina, la nebulina e la titina, i legami crociati del collagene e i proteoglicani; distinte in B, D, H ed L, inibite in vivo dalla cistatina (Zeece et al., 1992) vengono liberate ed attivate man mano che il pH si abbassa (si attivano a pH di 6,1, ma hanno un optimum di circa 5,4-5,5) (Dransfield, 1992), ma hanno un'efficacia inferiore rispetto alle precedenti (Got, 1998); secondo alcuni autori (Koomaraie, Whipple, Kretchmar, Crouse, Mersmann, 1991) la loro azione è blanda, secondo altri (O'Halloran et al.,) invece hanno una elevata partecipazione nel processo di intenerimento, soprattutto le catepsine B e B+L. Altri enzimi che intervengono nella frollatura sono le β -glucuronidasi, enzimi a localizzazione endolisosomiale che idrolizzano i

mucopolisaccaridi; vengono rilasciati nel citosol per rottura dei lisosomi (Dutson, Lawrie, 1974; Got, 1998). Altri sistemi enzimatici che possono avere un ruolo nella proteolisi post mortem è quella del sistema ubiquitina-proteosoma, ma la loro attività è ancora oggetto di studio (Hopkins, 2002). La frollatura provoca la separazione dei filamenti di actina dalle strie Z, (Ebashi, 1964; Valin, 1968; Davey, Dickson, 1970); i filamenti di actina allora crollano su quelli di miosina, allargano la banda A (Davey, Gilbert, 1967) e indebolendo la giunzione A-I

Il tempo di frollatura e la temperatura influisce positivamente sulla tenerezza (Charlotte Maltin et al., 2003), ma è limitato dallo sviluppo microbico, con conseguente alterazione delle carni.

Di notevole importanza è, infatti, la temperatura di stoccaggio della carne generalmente compresa tra 1 a 4 °C che induce una maggiore tenerezza delle carni dopo cottura e garantisce la sicurezza del prodotto inibendo la crescita di batteri nocivi (Warris 2000)..

Al fine di garantire un efficace processo di frollatura, il rapido raffreddamento delle carcasse prima del completamento del rigor mortis dovrebbe essere evitato per il fatto che essa provoca un la cosiddetta contrattura da freddo o “cold shortening” che genera un indurimento della carne alla successiva cottura.

E' un fenomeno che si osserva quando si raffreddano rapidamente le carni con una una rapida diminuzione di 14-19°C della temperatura (Locker, Hagyard 1963; Locker, 1985) prima che si instauri la fase di rigidità cadaverica. Temperatura e pH al momento dell'inizio del rigor possono essere considerati il fattore decisivo di questo fenomeno (Hannula, Puolanne, 2004.: il raffreddamento rapido e il pH in diminuzione compromettono la funzionalità delle proteine di membrana del reticolo sarcoplasmatico e dei mitocondri a causa di cambiamento di fase dei lipidi.

La capacità di questi organuli viene compromessa, la pompa del calcio non riesce a sequestrare e legare il calcio in eccesso che viene liberato in modo incontrollato nel sarcoplasma. Viene stimolata in continuo la ATP-asi contrattile actomiosinica con idrolisi accelerata di ATP. Poiché ci sono ancora discrete quantità di ATP, Questo

causa la contrazione delle fibre muscolari sino al massimo della possibilità e l'accorciamento irreversibile del muscolo.

La durezza massima si ha in carni che subiscono un'a contrattura che va dal 25 al 50%.

Viene ipotizzato che la selezione di animali aventi carcasse con un ridotto pannicolo adiposo possa predisporre l'instaurarsi del cold-shortering.

Nel sarcomero contratto, il diametro della fibra aumenta a causa dell'accavallarsi dei filamenti l'uno sull'altro. La contrattura da freddo differisce fra i tipi di muscoli ed anche fra le varie specie (Hannula & Puolanne, 2004). Ciò indica che tutti i muscoli non ne sono influenzati allo stesso grado (Hannula & Puolanne, 2004): le fibre rosse sono più suscettibili delle bianche (Bendall, 1973; Cornforth et al., 1980), poiché quest'ultime hanno quantità più elevate di glicogeno e di enzimi glicolitici , quindi un calo più precoce ed intenso del pH durante il rigor e contenendo più mitocondri e un reticolo sarcoplasmatico meno sviluppato sono più sensibili al raffreddamento.

Stati supplementari della contrattura del sarcomero sono il rigore da disgelo o thaw rigor. Il rigor da disgelo è una forma di rigidità che si sviluppa quando il muscolo congelato prima del rigor mortis o ai primi stadi dell'insorgenza del rigor con ATP ancora presente (Aberle et al., 2001) viene scongelato o sottoposto a elevate temperature: si ha così la contrazione delle fibre prodotta dal rilascio improvviso di Ca^{2+} nel sarcoplasma con conseguente riduzione fisica del 60-80% della lunghezza originale del muscolo. La carne risulta molto dura con un rilascio di grandi quantità di liquido. Periodi di congelamento molto lunghi riduce il fenomeno poiché la glicolisi continua anche nel muscolo congelato.

SCOPO E PIANO DEL LAVORO

L'allevamento ovino, attore di un'agricoltura sostenibile e multifunzionale, rappresenta una importantissima attività agricola ed economica in Europa e nel resto del mondo.

In Sardegna la pastorizia vanta una tradizione socio-culturale millenaria profondamente radicata nel tempo e rappresenta ancora il principale punto di forza per lo sviluppo economico, per il mantenimento dell'equilibrio ambientale (conservazione della biodiversità e della qualità dell'acqua, lotta contro erosione, inondazioni e incendi) e della coesione sociale nelle zone rurali dell'isola.

La possibilità di valorizzare i prodotti derivanti dall'allevamento ovino, anche attraverso la normativa comunitaria in materia di denominazioni d'origine, implica l'implementazione di studi e ricerche mirate a dare risposte oggettive alle attività di tutela e controllo dei prodotti. L'applicazione della normativa comunitaria prevede un'attività di controllo basata sia sulla tracciabilità del prodotto sia sulla garanzia delle caratteristiche che lo contraddistinguono.

Nel caso specifico del riconoscimento dell'Indicazione Geografica Protetta" Agnello di Sardegna, sancito dal Regolamento (CE) n.138/01 pubblicato in Gazzetta ufficiale delle Comunità europee del 25.1.2001 serie L 23/1, proprio la carenza di informazioni e dati scientifici, riguardanti le caratteristiche peculiari della carne, hanno rappresentato una criticità rilevante nel predisporre e applicare il piano dei controlli previsto nel sistema delle certificazioni.

Per ovviare a tale carenza il Consorzio per la Tutela dell'Agnello di Sardegna IGP in collaborazione con l'Agenzia per la Ricerca in Agricoltura AGRIS Sardegna - Dipartimento Produzioni Animali con sede a Bonassai, ha avviato un progetto che aveva come obiettivo generale la definizione di un sistema da utilizzare per le analisi di controllo di qualità e certificazione della carne in oggetto.

Per la realizzazione dell'obiettivo generale il lavoro è stato articolato in 2 fasi sperimentali:

Fase 1. L'obiettivo specifico di questa fase è stato quello di individuare il muscolo su cui effettuare in una fase successiva i campionamenti per lo studio delle

caratteristiche peculiari. In letteratura la caratterizzazione della carne dal punto di vista chimico-fisico viene eseguita principalmente utilizzando il muscolo *Longissimus dorsi*. Nel caso dell'Agnello di Sardegna IGP, qualora si utilizzasse tale muscolo per i controlli necessari nelle attività di controllo e certificazione, si renderebbe di fatto la carcassa non commercializzabile (Figura 8), con un aggravio di costi sul sistema produttivo. Si è pertanto deciso di verificare se fosse possibile utilizzare, per i controlli di routine, un muscolo il cui prelievo fosse meno invasivo e distruttivo rispetto al prelievo del *Longissimus dorsi*.

Fase 2. L'obiettivo specifico di questa fase riguardava la valutazione chimico-fisica e nutrizionale della carne di Agnello di Sardegna IGP, attraverso analisi condotte sul muscolo prescelto sulla base dei risultati ottenuti nella Fase 1.

MATERIALI E METODI

In Sardegna la disponibilità degli agnelli da latte si registra prevalentemente nelle stagioni primaverile ed invernale, in concomitanza con le festività pasquali e natalizie.

Nel presente studio i prelievi dei campioni è stato eseguito principalmente nei mesi primaverili.

Nel periodo compreso tra maggio 2008 e maggio 2009 presso 2 stabilimenti di macellazione, dotati di riconoscimento Europeo, situati nella provincia di Oristano e Cagliari, sono stati macellati 82 agnelli di razza Sarda, provenienti da 9 allevamenti iscritti al Consorzio di Tutela del "Agnello di Sardegna" IGP e provvisti di marchi (Figura 2) auricolari applicati entro 20 giorni dalla nascita, così come previsto da disciplinare di produzione.

1° fase sperimentale

Nel periodo compreso tra maggio e novembre 2008, presso uno dei macelli inclusi nell'indagine sono stati macellati 30 agnelli di razza Sarda, provenienti da 4 aziende situate nelle provincie di Nuoro e Oristano.

Gli agnelli, di cui 22 maschi e 8 femmine, provenienti da allevamenti iscritti al Consorzio per la tutela dell'Agnello di Sardegna IGP e inseriti nel sistema di controllo, sono stati macellati secondo le modalità previste nel disciplinare, ad un'età compresa tra i 30- 40 giorni e un peso medio delle carcasse di circa 6 kg.

Da ciascuna carcassa, a 24h dalla macellazione, sono stati prelevati 3 muscoli: *Longissimus dorsi* (Figura 8), *Psoas major*(Figura 9) e *Quadriceps femoralis*(Figura 6).

I campioni venivano trasportati in condizioni di refrigerazione sino al laboratorio di analisi dove sono state eseguite le determinazioni analitiche descritte successivamente

2° fase sperimentale

Nel periodo compreso tra marzo e maggio 2009, presso i due stabilimenti sono stati macellati 52 agnelli di razza Sarda provenienti da allevamenti, anch'essi iscritti al Consorzio per la Tutela dell' "Agnello di Sardegna" IGP.

Gli agnelli macellati provenivano da aziende situate in 5 differenti zone dell'area di produzione ed erano così distribuiti:

n° 12 agnelli dal Sulcis-Iglesiente;

n° 10 dal Mandrolisai;

n° 10 dal Campidano di Oristano;

n° 10 dalla Barbagia di Ollolai;

n° 10 dalla - Nurra di Sassari.

Gli agnelli, di cui 21 maschi e 31 femmine, sono stati macellati ad un'età compresa tra i 30- 40 giorni e un peso medio delle carcasse di circa 6,5 kg.

Da ciascuna carcassa, a 24 h dalla macellazione, è stato prelevato il muscolo *Poas major* (individuato nella fase 1-come quello più adatto per le attività di controllo finalizzate alla certificazione). Successivamente i campioni sono stati trasportati in condizioni di refrigerazione sino al laboratorio di analisi dove sono state eseguite le determinazioni analitiche previste.

Attività eseguite in macello

Presso le strutture di macellazione su tutti gli agnelli inclusi nell'indagine nella Fase 1 e 2, sono stati eseguiti i seguenti rilievi *ante-mortem* e *post mortem*.

Rilevazioni ante-mortem

All'arrivo in macello, venivano effettuate le seguenti operazioni:

- raggruppamento dei soggetti in recinti separati dagli altri ovini da macellare non inseriti nel sistema dell'Agnello di Sardegna IGP;

- individuazione e registrazione dell'area di provenienza attraverso la consultazione del foglio rosa;
- visita clinica ante-mortem su ogni animale;
- determinazione del sesso.

Rilevazioni *post-mortem*

Dopo la macellazione si procedeva alla:

- *Identificazione* di ogni soggetto per garantire la tracciabilità della singola carcassa in catena di macellazione: all'inizio dello scuoiamento veniva apposta al garretto una targhetta in materiale plastico con numerazione progressiva.
- *Classificazione delle carcasse*: Le carcasse sono state valutate in relazione al peso tenendo conto di quanto indicato nei regolamenti comunitari (Regolamenti CEE 2137/92 e 461/93). La determinazione del peso delle carcasse veniva effettuata a caldo (dopo 1 ora dalla macellazione) e a freddo (dopo 24 di refrigerazione). Le carcasse sono state classificate come appartenenti alla I categoria (peso sino a 7Kg) o alla II (peso tra 7 e > kg).

– *Determinazione del pH a 1 ora ed a 24 ore dalla macellazione*: nella prima fase la misurazione veniva effettuata mediante infissione dell'apposito elettrodo in profondità nei muscoli *Longissimus dorsi*, *Psoas major* e *Quadriceps femorale*, previa incisione del sottocute. La misurazione veniva ripetuta nel medesimo sito dopo 24 h di refrigerazione delle carcasse a 4°C. Nella seconda fase sperimentale il rilevamento del pH ha interessato solo i muscoli *Psoas major* e *Longissimus dorsi*. La scelta di determinare il pH sul muscolo *Longissimus dorsi* è stata dettata dall'esigenza di testare la possibilità di eseguire anche in situazione di routine, lungo la catena di macellazione, una rilevazione del pH veloce e poco invasiva per le carcasse.

–

-*Valutazione strumentale del colore del muscolo*: è stata effettuata sia a 1 ora sia a 24 ore dalla macellazione. Nella prima fase ha interessato i muscoli *Longissimus dorsi* (Figura 11), *Psoas major* e *Quadriceps femorale* previa asportazione del sottocute.

Nella seconda fase la determinazione ha riguardato solo i muscoli *Psoas major* e il *Retto dell'addome* (Figura 12). Anche in questo caso la scelta di eseguire la misurazione

anche sul *Retto dell'addome* è stata dettata dalla necessità di verificare la possibilità di effettuare nei controlli di routine una rilevazione poco invasiva, veloce e che rispettasse le indicazioni riportate (*muscoli addominali*) nel disciplinare di produzione dell' "Agnello di Sardegna IGP".

– La determinazione del colore a 1 h veniva effettuata in tutti i soggetti sulla superficie dei muscoli dopo asportazione della fascia connettivale. Per convenzione si è scelto il lato sinistro. Dopo la misurazione la fascia veniva riposizionata al fine di evitare l'ossidazione e la disidratazione della parte di muscolo esposta.

La determinazione a 24h veniva effettuata allo scopo di valutare eventuali differenze di colore dovute a fenomeni di tipo ossidativo intervenuti dopo la morte dell'animale nel corso della refrigerazione.

Entrambe le valutazioni venivano effettuate con l'utilizzo del colorimetro CHROMA METER CR-400 della KONICA MINOLTA utilizzando il sistema CIELab, "L" (luminosità), "a" (rosso), "b" (giallo).

Prelievo dei campioni

Il *Longissimus dorsi* è stato prelevato nella porzione compresa tra la 5 e l'ultima vertebra lombare. (Figura 5) Con l'utilizzo di un bisturi è stata sezionata la parte ed è stato eseguito lo scollamento del connettivo sottocutaneo e successivamente la separazione del muscolo dalle porzioni vertebrali suddette.

Il *Quadriceps femoralis* è stato prelevato dalla sua origine, sulla faccia craniale del femore, fino alla sua terminazione, sulla faccia craniale della rotula (Figura 7). Con l'utilizzo di un bisturi si è effettuato lo scollamento del connettivo sottocutaneo fino a completo isolamento del muscolo.

Il *Psoas major* è stato prelevato dall'origine, in prossimità dell'ultima vertebra toracica fino alla giuntura sacro-iliaca (Figura 10). Con l'utilizzo di un bisturi si è proceduto allo scollamento del grasso viscerale e si è effettuato l'isolamento del muscolo dai corpi vertebrali.

Ogni campione veniva confezionato singolarmente in sacchetti di materiale plastico per alimenti, impermeabili all'aria, debitamente etichettati e trasportati in condizioni

di refrigerazione presso il laboratorio di chimica del Dipartimento di Ricerca per le produzioni animali dell'AGRIS Sardegna.

Analisi chimico-fisiche e nutrizionali della carne

Presso il laboratorio di chimica del DIRPA dell'Agris Sardegna, i campioni venivano macinati fino a completa omogeneizzazione. Da ciascuno di essi si prelevava, in doppio, circa un grammo di carne, che veniva conservata sotto azoto per le successive analisi delle vitamine e del colesterolo, mentre la restante parte del campione veniva conservato sottovuoto. Entrambe le aliquote venivano tenute alla temperatura di -20°C.

In seguito i campioni venivano scongelati e, nell'arco della stessa giornata, si procedeva alla determinazione dei seguenti parametri:

Analisi centesimale

- *Analisi Sostanza secca e ceneri (metodo AOAC1990: 945.46)*: venivano pesati circa 10 g di campione, precedentemente omogeneizzati e posti in capsule numerate e preventivamente essiccate e portate a peso costante. Le capsule venivano messe in stufa alla temperatura di 100 ± 3 °C per 24 h in modo da essiccare il campione fino a completa eliminazione dell' acqua. Si procedeva alla pesata delle capsule per valutare la differenza di peso così ottenuta e misurare la sostanza secca attraverso la formula

Successivamente le capsule venivano trasferite in muffola alla temperatura di 525 °C fino all'ottenimento di ceneri bianche. Si procedeva, nuovamente alla pesata delle capsule per valutare la differenza di peso e calcolare la percentuale di ceneri presenti nel campione. Le analisi venivano effettuate in doppio.

- *Grasso (metodo Soxtec A.O.A.C., 1990, 960.39)*. La determinazione dei lipidi è stata eseguita ricorrendo all'apparecchiature SOXHLET: sono stati pesati

esattamente circa 3-6 gr di campione che venivano posti in un ditale di cellulosa con circa 2 gr di sodio solfato anidro e essiccati in stufa a 125 °C per 1,5 h.

I lipidi sono stati estratti mediante etere di petrolio, il solvente è stato fatto evaporare e il residuo essiccato a 125±1 °C fino a peso costante. Le analisi venivano effettuate in doppio.

$$\text{GRASSO \%} = \frac{(\text{Peso pallone} + \text{Peso grasso}) - (\text{tara pallone})}{\text{Peso campione}} * 100$$

- *Proteine (metodo Kjeldhal, A.O.A.C., 1990, n. 981,10):* Sono stati utilizzati circa 2 g di campione. Il procedimento si basa sulla mineralizzazione dell'azoto mediante trattamento a caldo con acido solforico e successiva distillazione dell'azoto ammoniacale con raccolta su acido cloridrico 0,1 N e successiva titolazione con con Sodio idrossido 0,1 N.

Il valore delle proteine totali è ottenuto con la formula: NT* 6,25

L'analisi veniva effettuata in doppio.

Determinazione degli acidi grassi totali (AGT)

- *Estrazione della frazione lipidica con il metodo Folch modificato (Christie, 1989):*

circa 10 g di campione venivano addizionati con 100 ml di metanolo e omogeneizzati per 1 minuto con l'ultraturrax. Venivano poi aggiunti 200 ml di cloroformio e si omogeneizzava per altri due minuti. Dopo aver filtrato l'omogeneizzato, si recuperava il residuo dal filtro e lo si sospendeva in 300 ml di una soluzione cloroformio/metanolo (2:1 v/v), lo si omogeneizzava per altri tre minuti e si filtrava nuovamente. Successivamente si lavava il residuo del filtro con 200 ml di cloroformio e con 100 ml di metanolo. Dopo aver raccolto le fasi organiche in cilindri di vetro veniva aggiunta una soluzione di KCl 0.88%, per circa di $\frac{1}{4}$ del volume filtrato, al fine di ottenere una migliore separazione delle fasi. Si raccoglieva nel cilindro la fase cloroformica, in cui sono disciolti i lipidi ed a questa veniva aggiunta una soluzione di metanolo/acqua (1:1 v/v) per circa di $\frac{1}{4}$ del volume del filtrato. La miscela veniva, poi, versata in un imbuto separatore e si agitava per circa tre minuti. Dopo aver lasciato separare le due fasi, la fase cloroformica veniva

raccolta in una beuta e successivamente, il cloroformio veniva fatto evaporare al rotavapor, provvisto di pompa del vuoto, alla temperatura di 40 °C .

I lipidi così ottenuti sono stati sottoposti a *transesterificazione in ambiente acido*, (Chin et al., 1992; Stanton et al., 1997).

A 50 mg di lipidi sono stati aggiunti 10 ml di soluzione di reagente metilante (in metanolo anidro al 10% in Cloruro di acetile) contenente gli STD interni metilati in ragione di 1mg/ml (MeC5, MeC9, MeC13 e MeC19).

Un µl della fase esanica, contenente gli esteri metilici degli acidi grassi, veniva iniettata al gascromatografo in modalità "split" con un rapporto di 1:50.

- *Separazione e quantificazione degli AGT:*

La separazione gascromatografica dei metil esteri è stata eseguita usando un GC VARIAN 3900 su una colonna SP 2560 (100m, 0.25mm id, 0.2 µm di fase fissa non bonded biscyanopropylpolisiloxane). È stato usato He come gas di trasporto a flusso costante di 1ml/min. La separazione è stata ottenuta applicando le seguenti condizioni di temperatura/tempo: 45°C per 4 min, da 45°C a 175°C a 13°C al min, a

175°C per 27 min, da 175°C a 215°C a 4°C al min, a 215°C per 35 min. Le temperature dell'iniettore e del FID sono di 290°C.

Gli acidi grassi sono stati identificati per confronto dei tempi di ritenzione con quelli degli standards di riferimento (MeC5 per C4-C7; MeC9 per C8-C11, MeC13 per MeC12-C17; C19 per C18 - C22:6).

Gli acidi grassi sono espressi come g/100 di acidi grassi totali.

Vitamine liposolubili A, E e colesterolo. Le vitamine liposolubili A ed E ed il colesterolo nei campioni di carne sono stati determinati per HPLC (High Performance Liquid Chromatography) secondo i seguenti metodi: Panfili *et al.*, (1994) High Performance Liquid Chromatography for the Simultaneous Determination of Tocopherols, Carotenes, and Retinols and its Isomers in Italian Cheeses. *Analist*, 119, 1161-1165; Manzi *et al.*, (1996), Normal and Reversed-Phase HPLC for more complete evaluation of Tocopherols, Retinols, Carotenes and Sterols in Dairy Products. *Chromatographia*, 43, 89-93.

ANALISI STATISTICA

I risultati relativi alla macrocomposizione, all'analisi colorimetrica e al profilo acidico sono stati sottoposti ad analisi della varianza, utilizzando la procedura ANOVA *one way*, con il programma STATGRAPHIC. Nella prima fase sperimentale sono stati valutati gli effetti dei fattori: "muscolo", "peso" e "sesso". Nella 2° fase sono stati considerati "subregione" di allevamento, "peso" e "sesso" degli animali. Il confronto multiplo tra le medie è stato condotto con il test di LSD di Fisher.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nella tabella 1 sono evidenziati i valori medi di pH dei muscoli *Psoas Major*, *Quadriceps femoralis* e *Longissimus dorsi* rilevati ad 1 ora ed a 24 ore dalla macellazione nella Fase 1 del progetto. L'analisi dei valori mostra una variazione media: di 0,26 UpH (unità pH) per lo *Psoas major*, di 0,63 UpH per il muscolo

Quadriceps femoralis e di 1,00 UpH per il muscolo *Longissimus dorsi* (Tabella 1).

I dati relativi alle misurazioni effettuate dopo 1 ora dalla macellazione evidenziano sensibili differenze, riconducibili in particolare al metabolismo più marcatamente ossidativo del muscolo *Psoas major* rispetto al muscolo *Longissimus dorsi*, nonostante entrambi siano classificabili nell'ambito dei muscoli a fibre bianche e quindi a contrazione lenta e duratura.

Nella tabella 2 sono riportati i risultati dell'analisi della varianza applicata ai dati sulla macrocomposizione dei muscoli, prelevati dagli agnelli macellati durante la prima fase sperimentale. L'effetto "muscolo" è risultato statisticamente significativo ($P < 0,05$) per i valori medi di pH a 1h e a 24h dalla macellazione, di umidità e di grasso. Non sono state evidenziate, invece, differenze significative per proteine e ceneri, che mostrano per il muscolo *Longissimus dorsi* valori simili a quelli riportati da Vacca et al. (2007) in uno studio condotto su agnelli da latte di razza Sarda.

Nella comparazione fra i muscoli il valore più basso del pH 1h ($5,95 \pm 0,14$) è stato riscontrato nel muscolo *Psoas major*. I valori di pH 24h e di umidità risultavano

invece più bassi nel *Longissimus dorsi*. I valori del grasso nel *Quadricepito femorale* e nel *Longissimus dorsi* risultavano inferiori (rispettivamente $2,31\pm 0,61\%$ e $1,98\pm 0,86\%$) rispetto al muscolo *Psoas major*, in contrasto con quanto riportato da Perez et al. (2002) in uno studio condotto su agnelli di razza Suffolk Down di 23-30 giorni di età e peso medio di 10 kg.

In Tabella 3 è riportata l'analisi della varianza dei risultati dei rilievi colorimetrici effettuati sui muscoli *Psoas major*, *Quadricepito femorale* e *Longissimus dorsi* ad un'ora ed a ventiquattro ore dalla macellazione. L'effetto "muscolo" è risultato significativo ($P < 0,05$) per i valori, rilevati a 24h, di L (luminosità) e b (giallo) nel muscolo *Longissimus dorsi*, che mostrava il valore più alto di "L" e quello più basso di "b", rispetto ai muscoli *Psoas major* e *Quadricepito femorale*. I risultati ottenuti mostrano valori simili a quanto riportato da T.E. Tschirhart-Hoelscher et al. in uno studio comparato fra 18 muscoli di agnelli (incroci commerciali) macellati a 3-8 mesi di età, con un peso della carcassa compreso tra i 30,5 e 32,7 kg.

Nella Tabella 4 è riportata la composizione acidica dei tre muscoli in esame prelevati nella 1° fase sperimentale. Sono riportati gli acidi grassi più rappresentativi a corta, media e lunga catena, nonché le classi degli acidi grassi saturi, monoinsaturi, polinsaturi (SFA, MUFA, PUFA e UFA) e gli indici più significativi usati per definire la qualità nutrizionale della carne ($\Sigma\omega6/\Sigma\omega3$, P/S e h/H).

Il tipo di muscolo ha, in generale, un'influenza significativa ($P<0,05$) sulla composizione acidica del grasso intramuscolare nei campioni di carne (Tabella 4). Il muscolo *Psoas Major* è caratterizzato da valori significativamente più elevati di acidi grassi saturi (SFA), in particolare, C14:0, C16:0 e C18:0, rispetto al *Longissimus dorsi*. Il maggior contenuto di C14:0 e di C16:0 nel muscolo *Psoas major* depone per una qualità nutrizionale inferiore, a causa della potenziale attività colesterolemica di questi acidi grassi saturi a media catena.

Il muscolo *Quadriceps femorale* presenta valori intermedi degli stessi acidi grassi rispetto agli altri due muscoli analizzati.

Negli ultimi dieci anni l'attenzione dei ricercatori si è focalizzata su alcuni acidi grassi caratteristici del grasso dei ruminanti, gli acidi linoleici coniugati (CLA), ed in particolare l'isomero CLA 9c 11t (acido rumenico), di cui sono note le proprietà anticarcinogeniche. Questo isomero deriva dal metabolismo ruminale dell'acido linoleico (C18:2 9c, 12c) e linolenico (C18:3 9c, 12c, 15c), precursori assunti dai ruminanti con l'alimentazione. Gli acidi linoleico e linolenico sono inoltre i precursori di due classi di acidi grassi poliinsaturi molto importanti, rispettivamente gli omega-3 ($\Sigma\omega3$) e gli omega-6 ($\Sigma\omega6$).

Riguardo al contenuto in acido rumenico i tre muscoli non hanno mostrato (Tabella 4) alcuna differenza significativa. I valori del CLA 9c 11t, determinati nei campioni in esame, sono risultati confrontabili con quelli riportati da Serra *et al.* (2009) per agnelli di razza Massese alimentati con latte materno.

Il muscolo *Longissimus dorsi* è caratterizzato da valori significativamente più elevati degli acidi grassi poliinsaturi (PUFA), ed in particolare di quelli appartenenti alle famiglie $\omega6$ ($\Sigma\omega6$,) ed $\omega3$ ($\Sigma\omega3$,), rispetto al muscolo *Psoas major* e mostra valori superiori a quelli riportati da Vacca *et al.* (2007) in agnelli da latte di razza Sarda.

Fra gli acidi grassi della serie ω_6 , solo l'acido arachidonico (C20:4 5c 8c 11c 14c) risultava significativamente più elevato nel muscolo *Longissimus dorsi* rispetto al muscolo *Psoas major*. Relativamente alla serie ω_3 , il muscolo *Longissimus dorsi* è risultato caratterizzato da valori significativamente più elevati degli acidi grassi EPA (C20:5 5c 8c 11c 14c 17c), DPA (C22:5 7c 10c 13c 16c 19c) e DHA (C22:6 4c 7c 10c 13c 16c 19c) rispetto al muscolo *Psoas Major*. Anche per questi acidi grassi il muscolo *Quadriceps femoralis* mostrava valori intermedi rispetto agli altri due muscoli analizzati.

Il rapporto tra acidi grassi poliinsaturi e saturi (P/S) e il rapporto tra acidi grassi omega 6 e omega 3 ($\Sigma\omega_6/\Sigma\omega_3$) sono considerati due indici importanti per la valutazione nutrizionale del grasso. La tipica dieta occidentale è caratterizzata da un apporto elevato di acidi grassi ω_6 e basso di acidi grassi ω_3 . In campo medico, le raccomandazioni nutrizionali suggeriscono di aumentare il livello di acidi grassi ω_3 assunti con la dieta, cercando di privilegiare alimenti che abbiano un valore di tale rapporto ($\Sigma\omega_6/\Sigma\omega_3$) inferiore a 4 (Department of Health, 1994). Nei campioni analizzati il tipo di muscolo non ha avuto alcuna influenza significativa sul valore di

tale rapporto (Tabella 4), che comunque risulta essere sempre inferiore al limite raccomandato (3.15, 2.82 e 2.97 rispettivamente per il *Psoas Major*, *Quadriceps femorale* e *Longissimus dorsi*). Questi valori sono confrontabili con quelli riportati da Lanza *et al.* (2006) in agnelli di razza Barbaresca alimentati esclusivamente con latte materno. Valori inferiori sono stati invece messi in evidenza in agnelli di razza Massese (Serra *et al.*, 2009) e in agnelli di razza Sarda (Vacca *et al.*, 2007) . In generale in agnelli alimentati al pascolo il valore del rapporto $\Sigma\omega_6/\Sigma\omega_3$ tende a diminuire avvicinandosi all'unità.

Il rapporto P/S è un altro indice normalmente utilizzato per definire il valore nutrizionale del grasso, il valore raccomandato in una dieta equilibrata è di 0.45 (Department of Health, 1994). La carne con un valore di grasso intramuscolare inferiore a 0.45 è considerata qualitativamente mediocre dal punto di vista nutrizionale, in quanto il suo consumo può indurre un aumento dei livelli del colesterolo. Nei campioni di muscolo in esame il valore di tale rapporto è stato influenzato significativamente dal tipo di muscolo analizzato ed in particolare il

Longissimus dorsi è risultato caratterizzato dal valore più elevato (0.52) con differenze che risultano significative solo rispetto allo *Psoas Major* (0.38). Valori inferiori sono stati riportati da Vacca et al. (2007) in *Longissimus dorsi* di agnelli di razza Sarda alimentati con latte materno e superiori in agnelli da latte di razza Barbaresca (Lanza et al., 2006), mentre inferiore risulta il rapporto P/S determinato in agnelli di razza Merino Italiano, macellati a 30 giorni di età, sia in campioni di *Longissimus dorsi* sia di *Quadriceps femorale* (Oriani et al., 2005).

Alcuni autori suggeriscono che il rapporto P/S potrebbe non essere adatto per valutare il valore nutrizionale del grasso perché considera che tutti gli acidi grassi saturi inducano allo stesso modo un aumento dei livelli del colesterolo, trascurando inoltre gli effetti anticolesterolemici degli acidi grassi monoinsaturi ed in particolare del C18:1 9c (Santos-Silva et al., 2002). Una valutazione più precisa del valore nutrizionale del grasso potrebbe essere data da un indice basato sugli effetti funzionali degli acidi grassi come per esempio il rapporto h/H dato dal rapporto della somma degli acidi grassi ipocolesterolemici (C18:1 9c, C18:2 9c 12c, C18:3 9c

12c 15c, C20:4, C20:5, C22:5 e C22:6) e degli acidi grassi ipercolesterolemici (C14:0 e C16:0) (Dietschy, 1998; Williams, 2000).

Il tipo di muscolo in esame ha influenzato significativamente il valore del rapporto h/H nei campioni di agnello analizzati, che è più elevato nel muscolo *Longissimus dorsi*, rispetto agli altri due muscoli analizzati. I valori ottenuti sono paragonabili a quelli determinato in agnelli di razza Merino Branco in purezza e in incrocio con Ile de France (Santos-Silva et al. 2002).

La composizione acidica del grasso intramuscolare è in generale influenzata dal tipo di muscolo analizzato. Fra i tre muscoli presi in esame, il *Longissimus dorsi* è sicuramente la parte anatomica caratterizzata dal valore nutrizionale più elevato, seguita dal *Quadriceps femoralis* e dallo *Psoas Major*.

Sulla base dei risultati ottenuti al termine della prima fase del progetto comparando i tre muscoli, è stato possibile individuare il *Psoas major* come quello più adatto alla valutazione della qualità della carne di agnello di Sardegna IGP.

Nelle Tabelle 5-13 sono riportati i risultati della macrocomposizione ed i rilievi colorimetrici relativi ai campionamenti realizzati nella fase sperimentale 2.

La Tabella 5 mostra i dati inerenti la variazione nel corso delle 24 h del pH dei muscoli *Psoas major* e *Longissimus dorsi* effettuati nella 2° fase sperimentale, in relazione alla area di provenienza degli animali.

L'analisi dei suddetti valori ha mostrato una variazione nelle 24 ore pari a 0,93 UpH per il muscolo *Longissimus dorsi* e a 0,20 UpH per lo *psoas major*. Velocità ed entità di caduta del pH sono in relazione a vari fattori, alcuni dipendenti dal muscolo, altri relativi a fattori esterni. La velocità e l'entità dell'abbassamento post mortem del pH muscolare è molto variabile e può avere un impatto notevole su alcune caratteristiche, quale il colore della carne e capacità di ritenzione idrica, tenerezza e aroma (Marcato, 1995).

In Tabella 6 sono riportati i dati relativi alla macrocomposizione di agnelli provenienti da 5 subregioni della Sardegna . In tabella 7 sono riportati i dati relativi all'analisi della varianza sulla macrocomposizione .

E' noto come l'allevamento abbia un influenza significativa sulle caratteristiche chimico-fisiche della carne (Martinez Cerezo et al., 2005; Texeira et al., 2005). Nella comparazione fra le cinque sub regioni considerate l'effetto "Subregione" di allevamento ha avuto una influenza significativa ($P < 0,05$) su tutti i parametri considerati: i valori del pH 1h e 24h mostrava valori superiori nei campioni provenienti dalle subregioni 1 e 2 rispetto a quelli delle subregioni 3, 4, 5, uguali fra loro.

Per quanto concerne l'umidità solo i campioni provenienti da agnelli allevati nella subregione 4 mostrava valori statisticamente inferiori alle altre. Le ceneri mostravano differenze significative solo tra le subregioni 4 e 5. I valori del grasso sono risultati significativamente diversi ($P < 0,05$) in relazione alla sub-regione di provenienza, ed in particolare i campioni provenienti dalla sub-regione 1 mostravano il valore più alto, mentre quelli della subregione 3 presentavano invece il valore più basso ($1,63 \pm 0,33\%$). Anche il contenuto in proteina è risultato differente ($P < 0,05$) in relazione alla subregione di provenienza. L'effetto "subregione" di allevamento è

risultato statisticamente significativo ($P < 0,05$) anche nei confronti dei valori della vitamina E: i campioni provenienti dalla subregione 1 differivano da quelli provenienti dalle subregione 2 e 4, mentre i campioni della subregione 3 differivano da quelli della 2 e 4 e da quelli delle sub regioni 1 e della 5. Questo andamento potrebbe essere riconducibile a differenti condizioni di pascolo e alimentazione delle madri nelle diverse sub regioni di allevamento. E' noto, infatti, come la concentrazione nel latte delle vitamine liposolubili sia strettamente correlata al sistema di alimentazione (Cabiddu et al, 2007). L'apporto di vitamina E con la dieta incrementa il deposito di α -tocoferolo nei muscoli e nei tessuti (Lauzurica et al., 2005) riducendo i processi ossidativi e migliorando le caratteristiche organolettiche della carne (Smith C.G. et al, 1996).

Per quanto concerne il colesterolo i valori hanno mostrato differenze significative tra le subregioni 1 e 3 con valori inferiori nella subregione 1 ($842,10 \pm 85,57$ vs $917,04 \pm 62,20$), ma superiori a quanto riportato da Costa et al. (2006) in agnelli di razza Barrosa di 6-8 mesi di età.

In Tabella 8 è riportata l'analisi della varianza della macrocomposizione e i livelli di significatività dei fattori "Sesso" e "Peso". Il primo fattore non ha mostrato diversità significative nei parametri considerati come riportato da Costa et al.,(2006) , mentre l'effetto "Peso", che ha un'influenza diretta sulla qualità della carne (Bianchi et al, 2005), ha evidenziato un effetto significativo nei confronti del contenuto in colesterolo, il quale è risultato maggiore negli agnelli con peso inferiore a 7 chilogrammi, e alla concentrazione di Vitamina E che, invece, presenta valori maggiori in soggetti di peso superiore a 7 kg (Tabella 8).

Nella tabella 9 sono riportati i dati colorimetrici dei muscoli *Psoas major* e *Retto dell'addome*.

Le tabelle 10 e 11 mostrano i valori colorimetrici del muscolo *Psoas Major* relativamente alle subregioni di provenienza degli agnelli, al sesso e alla classe di peso. In Tabella 10 l'analisi della varianza mostra differenze significative per tutti i parametri considerati, ad eccezione del parametro b rilevato a 1h, che presenta valori maggiori ($2,38 \pm 0,84$) per i campioni provenienti dalla sub regione 2. Per

quanto riguarda i fattori "Peso" e "Sesso" (Tabella 11) non mostrano significatività se non per i valori di "a" 24h, maggiore nei soggetti di sesso femminile. Nelle tabelle 12 e 13 sono riportati i medesimi dati riferiti al muscolo *Retto dell'addome*. L'effetto "subregione" mostra significatività relativamente ai parametri (L, a, b) rilevati alle 24h dopo la macellazione, mentre l'effetto "Peso" relativamente a "L" 24 h e "b" 24h mostra valori maggiori nei soggetti con un peso > di 7 kg. Il colore, generalmente, è influenzato dal peso della carcassa il quale tende a diventare più scuro per la maggiore presenza di pigmenti muscolari (Sanudo et al. 1998).

Nel complesso i dati ottenuti risultano leggermente inferiori ai valori riportati da Lanza et al sullo studio di 14 agnelli da latte di razza Barbaresca macellati a 40 giorni dalla nascita.

La Tabella 14 mostra l'analisi della varianza del profilo acido dei campioni di carne prelevati durante la seconda fase sperimentale. Il regime alimentare e quindi la regione di provenienza influenzano direttamente la composizione acida della carne (Morgante et al.,2007). In particolare è noto che i livelli di CLA nel latte di

ovini allevati al pascolo sono più alti di quelli allevati in stalla (Kelly et al.,1998b; GRjinari et al., 1998b). La variazione delle caratteristiche del pascolo potrebbe spiegare anche la variazione della concentrazione di CLA nel latte osservata da Riel (1993) e di conseguenza spiegare il differente profilo acidico riscontrato nella carne di agnelli lattanti provenienti dalle diverse sub regioni della Sardegna. La qualità della carne degli agnelli prelevati nella sub regione 1 (Sulcis-Iglesiente) è nutrizionalmente inferiore, in termini degli indici $\omega 6/\omega 3$, P/S e P/S2, rispetto alla carne proveniente dalle altre sub regioni. Questo aspetto è una conseguenza del contenuto significativamente più basso in acidi grassi polinsaturi (PUFA) ed in particolare della serie $\omega 3$. Il grasso intramuscolare degli agnelli prelevati nelle sub regioni Campidano di Oristano ed in particolare Barbagia di Ollolai è caratterizzato da valori tendenzialmente più elevati di acido rumenico (CLA 9c, 11t), di acido linoleico (C18:2 9c, 12c), linolenico (C18:3 9c, 12c, 15c) e conseguentemente di PUFA sia della serie $\omega 6$ che $\omega 3$. La carne degli agnelli provenienti dalla sub regione 5 (Nurra di Sassari), pur essendo caratterizzata dal valore significativamente più basso in acido rumenico (CLA9c, 11t) presenta comunque il miglior valore del rapporto

$\omega 6/\omega 3$ (1,97) che è risultato essere significativamente più basso rispetto a quello delle altre sub regioni.

In Tabella 15 è riportata l'analisi della varianza del profilo acido relativamente ai fattori "Sesso" e "Peso". Il fattore "Sesso" ha influenzato significativamente il contenuto di CLA 9c, 11t che è risulta essere maggiore nella carne dei soggetti di sesso maschile (1,24 g/100 FA nei maschi vs 0,92 g/100 FA nelle femmine). La stessa tendenza, anche se non significativa, è stata osservata da Costa et al. (2005) in agnelli di razza Barrosa macellati in primavera.

Il peso della carcassa ha mostrato una influenza significativa relativamente ad alcuni acidi grassi. Gli agnelli con peso inferiore a 7 kg sono caratterizzati da valori significativamente più alti di acidi grassi a lunga catena ed in particolare di acido stearico (C18:0, Tabella 15). Gli agnelli con peso superiore a 7 Kg sono caratterizzati invece da valori significativamente più alti di acidi grassi a media catena ed in particolare di acido palmitico (C16:0), anche il contenuto di acido miristico risulta essere tendenzialmente maggiore nel grasso intramuscolare degli agnelli più pesanti

(> 7 kg). Risultati simili sono stati ottenuti da Cañeque et al. (2005) in agnelli Manchego di peso compreso fra 8 e 14 kg. Zygoiannis et al (1992) riportano che la concentrazione di acido stearico decresce, mentre la proporzione di altri acidi grassi saturi aumenta, nel grasso di agnelli non svezzati con l'aumentare dell'età e dell'entità del deposito di grasso. La composizione in acidi grassi ed in particolare in acidi grassi saturi può influenzare la qualità della carcassa. Infatti la consistenza della carne della carcassa, che dipende dal punto di fusione del grasso subcutaneo e intramuscolare, è influenzata dalla composizione acidica del grasso. Bas and Morand-Fehr (2000) e Enser and Wood (1993) hanno riportato un'alto coefficiente di correlazione (0.88) tra il contenuto in acido stearico e il punto di fusione del grasso. In generale la proporzione di acido stearico e il punto di fusione diminuiscono con l'aumentare del peso della carcassa (Cañeque et al., 2005). L'effetto "Peso" ha influenzato inoltre significativamente il contenuto CLA 9c, 11t che risulta essere superiore nel grasso intramuscolare degli agnelli più pesanti (>7 kg). Risultati simili sono stati ottenuti da Serra et al., (2009) in agnelli di razza Massese. Gli autori hanno attribuito l'aumento del contenuto in acido rumenico

(CLA 9c, 11t) negli agnelli più pesanti ad una maggiore attività dell'enzima delta-9 desaturasi (SCD) ed ad una maggiore attività ruminale.

Conclusioni

I risultati ottenuti nella prima fase sperimentale hanno permesso di individuare nel muscolo *Psoas major* quello da utilizzare per la caratterizzazione della carne di Agnello di Sardegna IGP, che ben si presta anche ad essere utilizzato nelle attività di controllo e certificazione del prodotto. Infatti il prelievo del muscolo *Psoas major*, da avviare ai laboratori che dovranno eseguire le analisi per la certificazione, consente di avere una carcassa ancora commercializzabile.

Il confronto dei dati fisico-chimici misurati nei tre muscoli studiati ha messo in evidenza che, per alcuni parametri, non vi è uniformità tra i muscoli che risultano significativamente differenti, in particolare il muscolo *Psoas major* dal *Longissimus dorsi*. Tutti e tre i muscoli differiscono tra di loro per i valori di pH misurati sia a 1 ora sia a 24h; il *Psoas major* presenta valori statisticamente differenti dal *Quadriceps femorale* per la % di grasso, ma non per la composizione acidica, al contrario di quanto avviene per il *Longissimus dorsi*, dal quale differisce per la composizione acidica, ma non per la % di grasso. I valori colorimetrici di L e b sono

statisticamente differenti per il *Longissimus dorsi* rispetto a *Psoas major* e *Quadriceps femorale*, ma non fra questi ultimi.

Dai rilievi effettuati nella 2° fase sperimentale è stato possibile definire un primo quadro delle caratteristiche chimico fisiche medie della carne di Agnello di Sardegna IGP. I risultati mettono in evidenza che la composizione è comparabile con quanto trovato da altri autori per agnelli da latte allevati con latte materno.

Per quanto riguarda invece il confronto tra la carne di agnello proveniente da differenti zone della Sardegna si è potuto notare che le differenze principali hanno interessato il pH ad 1ed a 24 ore dalla macellazione, il contenuto in proteina e in vitamina E.

Il sistema di allevamento in Sardegna seppure riconducibile ad un unico metodo possiede numerose peculiarità dovute al microclima e a gestioni specifiche.

La gestione dell'allevamento in termini di risorse genetiche, ordinamento colturale e alimentazione delle madri potrebbe contribuire a determinare la variabilità riscontrata.

Per le variabili peso e sesso l'elaborazione dei dati ha permesso di verificare che non vi sono differenze significative per il fattore sesso che potrebbe essere riconducibile alla giovane età dei soggetti. Mentre le differenze riscontrate per l'effetto peso potrebbe derivare dal fatto che gli agnelli, che seguono le madri al pascolo, crescendo cominciano a passare da una alimentazione esclusivamente latte ad una di cui cominciano a far parte anche erba e fieno.

Va inoltre ricordato che la fase 2 è stata portata avanti su campioni di carne di agnelli del periodo primaverile pertanto sarebbe opportuno poter disporre delle stesse informazioni anche su agnelli allevati nel periodo invernale.

In termini generali i risultati della ricerca, sebbene preliminari, rappresentano un contributo importante alla conoscenza delle caratteristiche di qualità dell'Agnello di Sardegna IGP, oltre che un supporto tecnico alla gestione dei controlli previsti dal disciplinare.

Va, inoltre, sottolineato il peso economico sempre crescente che la filiera dell'Agnello IGP sta assumendo in Sardegna. Si tratta infatti di un settore per il

quale si aprono importanti prospettive di sviluppo, in quanto la disponibilità di incentivi economici da parte della Regione Sardegna potrebbe portare all'adesione al Consorzio di almeno 9.000 aziende, che trainerebbero gli stabilimenti coinvolti nella macellazione e nel porzionamento, i quali gioco forza dovranno aderire alla filiera certificata per poter acquistare gli agnelli dagli allevatori.

In questo contesto, risulta evidente che tali prospettive impongono l'implementazione di un sistema di gestione e controllo agile, snello e basato principalmente su controlli spalmati lungo l'intera filiera, in cui la professionalità degli operatori e degli organismi di controllo offrano un garanzia di efficaci e di reale tutela degli interessi dei consumatori da un lato e dei produttori dall'altro.

TABELLE

Tabella 1 – Variazione del pH nelle 24h (media±deviazione standard).
Campionamenti 2° fase sperimentale.

	pH 1 h	pH 24 h	Variazione media
<i>Psoas Major</i>	5,95±0,14	5,69±0,10	0,26±0,12 UpH
<i>Quadriceps femorale</i>	6,36±0,14	5,73±0,16	0,63±0,15 UpH
<i>Longissimus dorsi</i>	6,64±0,12	5,64±0,14	1,00±0,13 UpH

Tabella 2 – Composizione della carne (media±deviazione standard) e significatività per il fattore “Muscolo”.
Campionamenti 1° fase sperimentale

	Psoas major	Quadricipite femorale	Longissimus dorsi	Effetto Muscolo
pH 1h	5,95±0,14 c	6,36±0,14 b	6,64±0,12 a	*
pH 24h	5,69±0,10 ab	5,73±0,16 a	5,64±0,14 b	*
Umidità **	75,98±1,36 ab	76,70±0,95 a	75,40±1,13 b	*
Grasso **	3,54±1,37 a	2,31±0,61 b	1,98±0,86 b	*
Proteina **	18,81±0,95 a	19,14±1,15 b	21,17±0,45 a	ns
Ceneri **	1,26±0,09	1,31±0,05	1,28±0,07	ns

** : % t.q.; Lettere diverse sulla stessa riga indicano differenze significative

*:P<0,05; ns: non significativo

Tabella 3 – Analisi colorimetrica della carne (media±deviazione standard) e significatività per il fattore “Muscolo”. Campionamenti 1° fase sperimentale.

	<i>Psoas major</i>	<i>Quadriceps femorale</i>	<i>Longissimus dorsi</i>	
L 1 h	45,16±5,96	42,62±4,90	42,54±6,06	ns
a 1h	15,07±3,07	14,47±2,44	13,67±2,25	ns
b 1h	4,03±1,20	4,38±2,53	5,04±1,89	ns
L 24h	46,44±3,19 a	51,41±12,08 a	44,55±5,94 b	*
a 24h	15,87±2,25	15,03±2,32	15,60±2,26	ns
b 24h	6,08±2,31 b	4,46±2,92 b	6,49±1,75 a	*

Lettere diverse sulla stessa riga indicano differenze significative

*:P<0,05; ns: non significativo

Tabella 4 – Profilo acido della carne e (media±deviazione standard) significatività per il fattore "Muscolo". Campionamenti 1° fase sperimentale

g/100 g FA	<i>Psoas major</i>	<i>Quadricepitem femorale</i>	<i>Longissimus dorsi</i>	Effetto muscolo
corta catena	0,60±0,39 b	0,54±0,37ab	0,62±0,53a	ns
Media catena	30,59±3,95 a	29,11±4,30 ab	28,80±4,59 b	ns
C14:0	5,55±1,14 a	5,10±0,93 ab	4,77±1,31b	*
C16:0	18,07±2,31	17,43±2,15	17,25±2,82	ns
lunga catena	68,81±4,08	69,84±3,51	70,57±4,76	ns
C18:0	13,93±2,02 a	12,88±1,17 b	12,70±1,38 b	*
C18:1 9c	28,73±3,64	27,94±3,32	27,42±3,43	ns
C18:1 11t	2,80±1,27	2,62±1,13	2,47±1,18	ns
C18:2 9c,12c	7,29±1,88 b	8,21±2,05 ab	9,26±2,63 a	*
C18:3 9c,12c,15c	1,49±0,46	1,74±0,53	1,76±0,67	ns
CLA 9c,11t	1,31±0,54	1,35±0,55	1,18±0,55	ns
C20:4 5c,8c,11c,14c	2,45±0,89 b	3,24±1,11 a	3,58±1,36a	*
C20:5				*
5c,8c,11c,14c,17c	0,23±0,11 b	0,32±0,13 b	0,57±0,38 a	
C22:5				*
7c,10c,13c,16c,19c	1,07±0,30 b	1,40±0,39 a	1,43±0,51a	
C22:6				*
4c,7c,10c,13c,16c,19c	0,45±0,14 b	0,76±0,27 a	0,82±0,36 a	
SFA	43,39±3,00 a	41,44±3,13 b	41,04±3,77 b	*
MUFA	40,25±2,85 a	39,34±2,82 ab	38,25±3,33 b	*
PUFA	16,35±2,49 b	19,23±3,29 a	20,72±4,72 a	*
UFA	56,61±3,00 b	58,56±3,13 a	58,96±3,77 a	*
ω3	3,25±0,66 b	4,25±0,90 a	4,60±1,48 a	*
ω6	9,86±2,67 b	11,57±3,06 a	12,99±3,87 a	*
ω6/ ω3	3,15±1,15	2,82±0,95	2,97±1,03	ns
AI	0,73±0,15 a	0,66±0,12 ab	0,64±0,17 b	*
P/S	0,38±0,07 c	0,47±0,11 ab	0,52±0,15 a	*
P/S2	0,57±0,13 c	0,69±0,18 ab	0,76±0,27 a	*
TI	1,09±0,15 a	0,94±0,14 b	0,90±0,20 b	*
hH	1,82±0,44 b	1,99±0,44 ab	2,14±0,63 a	*

SFA, acidi grassi saturi; MUFA, acidi grassi monoinsaturi; PUFA, acidi grassi polinsaturi; UFA, acidi grassi insaturi;

$\Sigma\omega3$, $\Sigma C18:2$ 11t 15c, C18:3 9c 12c 15c, C20:5 5c,8c,11c,14c,17c, C22:5 7c,10c,13c,16c,19c, C22:6 4c,7c,10c,13c,16c,19c;

$\Sigma\omega6$, $\Sigma C18:2$ 9c 12c, CLA 10t 12c, C18:3 6c 9c 12c, C20:2 11c 14c, C20:3 8c, 11c, 14c, C20:4 5c, 8c, 11c, 14c;

$h/H = (C18:1 \ 9c + C18:2 \ \omega6 + c18:3 \ \omega3 + C20:4 + C20:5 + C22:5 + C22:6) / (C14 + C16)$; P/S = PUFA/SFA;

$P/S2 = PUFA / (SFA - C18:0)$. ^{a, b} Lettere minuscole diverse sulla stessa riga indicano differenze significative per l'effetto muscolo.

La differenza tra le medie è significativa al livello * P<0.05,; ns, non significativo P>0.05.

Tabella 5– Variazione del pH a 24 ore dalla macellazione (media±deviazione standard).
Campionamenti 2°fase sperimentale

Muscolo	Subreg 1	Subreg 2	Subreg 3	Subreg 4	Subreg 5	Variazione media
<i>Psoas major</i>	0,14±0,15	0,21±0,10	0,23±0,13	0,19±0,21	0,07±0,11	0.17±0,06
<i>Longissimus dorsi</i>	0,91±0,27	1,00±0,10	0,98±0,16	1,04±0,12	0,72±0,18	0,93±0,11

Tabella 6 – Composizione della carne di “Agnello di Sardegna “ IGP (media±deviazione standard).
Campionamenti 2° fase sperimentale.

pH1h	pH24h	Umidità *	Ceneri *	Grasso *	Proteine *	Vitamine E ppm	Colesterolo ppm
5,85±0,13	5,67±0,12	76,70±0,75	1,22±0,07	1.91±0,43	19,74±0,62	2,39±1,10	864,21±72,73

*: %t.q.

Tabella 7 – Composizione della carne (media±deviazione standard) e significatività per il fattore “Subregione”. Campionamenti 2° fase sperimentale

	Subregione 1	Subregione 2	Subregione 3	Subregione 4	Subregione 5	Effetto Subregione
pH 1h	5,94±0,08 a	5,93±0,08 a	5,79±0,13 b	5,80±0,15 b	5,77±0,08 b	*
pH 24h	5,77±0,13 a	5,72±0,10 a	5,57±0,10 b	5,61±0,09 b	5,70±0,04 a	*
Umidità	77,01±1,00 a	76,71±0,84 a	76,74±0,42 a	76,15±0,52 b	76,82±0,58 a	*
Ceneri	1,21±0,11ab	1,24±0,05 ab	1,23±0,04 ab	1,25±0,04 a	1,19±0,05 b	*
Grasso	2,16±0,55 a	1,84±0,15 ab	1,63±0,33 b	2,01±0,42 a	1,88±0,46 ab	*
Proteina	19,27±0,67 b	20,04±0,55 a	19,96±0,30 a	20,20±0,43 a	19,35±0,47 b	*
Vitamina E **	1,90±0,94 b	2,80±0,81 ac	1,66±0,34 b	3,56±1,41 a	2,13±0,59 bc	*
Colesterolo **	842,10±85,57 b	853,91±50,28 ab	917,04±62,20 a	854,02±84,53 ab	858,42±58,8 ab	*

** : ppm. Lettere diverse sulla stessa riga indicano differenze significative.

* : P<0,05; ns: non significativo;

Tabella 8 – Composizione della carne (media±deviazione standard) e significatività per i fattori “Sesso” e” Peso”. Campionamenti 2° fase sperimentale

	Maschi	Femmine	Peso ≤7	Peso >7	Effetto Sesso	Effetto Peso
pH 1h	5,87±0,15	5,82±0,12	5,85±0,12	5,81±0,15	ns	ns
pH 24h	5,70±0,13	5,66±0,11	5,68±0,12	5,64±0,11	ns	ns
Umidità ***	76,72±0,88	76,68±0,67	76,77±0,74	76,45±0,76	ns	ns
Ceneri ***	1,24±0,06	1,22±0,07	1,23±0,07	1,22±0,04	ns	ns
Grasso ***	1,84±0,43	1,96±0,44	1,84±0,40	2,00±0,35	ns	ns
Proteina ***	19,80±0,72	19,70±0,55	19,72±0,61	19,95±0,64	ns	ns
Vitamina E **	2,52±1,24	2,31±0,2	2,15±0,80	3,41±1,51	ns	*
Colesterolo **	875,94±65,32	856,27±77,37	881,66±71,21	820,78±41,47	ns	*

***: % t.q.; **: ppm. Lettere diverse sulla stessa riga indicano differenze significative. *: P<0,05; ns: non significativo;

Tabella 9 – Analisi colorimetrica del muscolo *Psoas Major* e *Retto dell'addome*(media±deviazione standard).
Campionamenti 2° fase sperimentale

	Psoas Major	Retto dell'addome
L 1h	41,03±3,61	49,95±2,95
a 1h	14,94±1,59	14,68±2,35
b 1h	2,20±1,28	5,52±2,55
L 24h	45,51±2,85	48,07±3,66
a 24h	14,52±1,99	14,96±1,75
b 24h	4,92±2,16	5,51±2,30

Tabella 10 – Analisi colorimetrica del muscolo *Psoas major* (media±deviazione standard) e significatività per il fattore “Subregione”.Campionamenti 2° fase sperimentale

	Subregione 1	Subregione 2	Subregione 3	Subregione 4	Subregione 5	Effetto Subregione
L 1h	45,46±2,60 a	39,59±2,01 bc	39,85±2,24 bc	38,52±2,81 c	41,79±3,75 b	*
a 1h	14,27±1,90 bc	16,28±1,33 a	13,99±1,17 c	14,83±1,01 bc	15,36±1,51 ab	*
b 1h	2,05±2,41	2,38±0,84	2,33±0,65	2,06±1,12	2,17±0,63	ns
L 24h	47,40±3,68 a	44,65±2,31b	45,06±2,61 b	43,87±1,56 b	46,27±2,29 ab	*
a 24h	15,41±3,25 a	13,92±1,02 ab	13,58±1,35 b	14,95±1,66 ab	14,58±0,89 ab	*
b 24h	6,28±2,75 a	4,22±1,97 b	4,96±1,84 ab	4,62±2,20 ab	4,18±0,96 b	*

Lettere diverse sulla stessa riga indicano differenze significative.

*: P<0,05; ns: non significativo;

Tabella 11- Analisi colorimetrica del Muscolo *Psoas major* (media±deviazione standard) e significatività per i fattori “Peso” e “Subregione” Campionamenti 2° fase sperimentale.

	Maschi	Femmine	Peso <7	Peso>7	Effetto Sesso	Effetto Peso
L 1h	41,48±3,72	40,72±3,57	41,33±3,20	39,20±3,98	ns	ns
a 1h	14,97±1,87	14,91±1,41	15,00±1,57	14,88±1,57	ns	ns
b1h	2,09±1,57	2,28±1,06	2,22±1,43	76,45±0,76	ns	ns
L 24h	46,19±2,81	45,04±2,84	45,68±3,01	44,48±2,13	ns	ns
a 24h	13,76±1,15	15,06±2,29	14,32±2,08	14,97±1,48	*	ns
b 24h	4,43±1,85	5,27±2,32	4,86±2,01	4,63±2,04	ns	ns

Lettere diverse sulla stessa riga indicano differenze significative.*: P<0,05; ns: non significativo;

Agnelli: maschi = 21; femmine = 31. Agnelli ≤ 7 kg = 41; agnelli > 7 kg = 11

Tabella 12 – Analisi colorimetrica del muscolo *Retto dell'addome* (media±deviazione standard) e significatività per il fattore “Subregione”.Campionamenti 2° fase sperimentale.

	Subregione 1	Subregione 2	Subregione 3	Subregione 4	Subregione 5	Effetto Subregione
L 1h	50,94±2,98	49,73±3,07	50,80±3,79	48,79±2,37	49,45±2,25	ns
a 1h	14,78±3,74	14,36±1,47	14,82±2,32	14,47±2,14	14,55±1,89	ns
b 1h	5,22±3,05	5,89±2,67	6,11±2,46	4,70±2,09	5,74±2,69	ns
L 24h	47,66±2,32 bc	50,72±3,57ad	48,97±3,87 cd	45,01±3,78 b	48,10±2,65 cd	*
a 24h	14,86±2,12 ab	16,26±1,74 a	14,24±1,19 b	14,66±1,80 b	14,80±1,22 ab	*
b 24h	5,90±1,36 ab	7,32±3,45 a	4,48±1,87 bc	3,77±1,46 c	6,08±0,93 ab	*

Lettere diverse sulla stessa riga indicano differenze significative.

*: P<0,05; ns: non significativo;

Tabella 13 - Analisi colorimetrica del Muscolo *Retto dell'addome* (media±deviazione standard) e significatività per i fattori "Sesso" e "Peso". Campionamenti 2° fase sperimentale

	Maschi	Femmine	Peso ≤ 7	Peso >7	Effetto Sesso	Effetto Peso
L 1h	50,64±2,99	45,47±2,88	50,20±3,10	49,17±2,65	ns	ns
a 1h	14,02±2,41	15,13±2,24	14,49±2,29	14,54±2,16	ns	ns
b1h	4,93±2,44	5,93±2,59	5,72±2,70	4,36±2,02	ns	ns
L 24h	49,03±3,18	47,40±3,87	48,94±3,42	45,30±3,30	ns	*
a 24h	14,57±1,94	15,24±1,59	14,85±1,88	15,05±1,28	ns	ns
b 24h	5,40±1,89	5,59±2,57	5,82±2,39	4,09±1,38	ns	*

Lettere diverse sulla stessa riga indicano differenze significative.*: P<0,05; ns: non significativo; agnelli: maschi = 21; femmine = 31. Agnelli ≤ 7 kg = 41; agnelli > 7 kg = 11

Tabella 14– Composizione acidica della carne (media±deviazione standard) e significatività per il fattore “Subregione”.
Campionamenti 2° fase sperimentale

g/100 g FA	Sulcis-Iglesiente	Mandrolisai	Campidano di Oristano	Barbagia di Ollolai	Nurra di Sassari	Effetto Subregione
corta catena	0,23±0,08 b	0,26±0,08ab	0,25±0,05 ab	0,26±0,07 ab	0,29±0,07 a	*
Media catena	30,70±6,62	30,13±5,71	30,96±5,77	32,13±1,13	31,80±2,79	Ns
C14:0	4,80±1,18	4,92±1,02	5,00±0,54	4,84±0,26	4,88±0,79	Ns
C16:0	19,32±2,60	19,32±2,27	19,00±1,43	19,33±0,97	18,82±1,48	Ns
lunga catena	67,84±3,73	67,99±2,83	67,20±2,10	67,61±1,11	67,90±2,82	Ns
C18:0	13,70±2,62 a	13,57±1,54 a	10,65±1,29 b	11,50±0,68 b	11,34±1,16 b	*
C18:1 9c	25,60±9,09 a	25,64±1,66 a	18,19±10,36 b	24,89±2,4 a	26,75±5,28 a	*
C18:1 11t	2,17±0,79	2,68±0,65	2,59±2,20	2,43±0,62	2,30±1,49 45	Ns
CLA 9c,11t	1,02±0,53ab	1,11±0,20 a	1,07±0,10 a	1,27±0,27a	0,73±0,47 b	*
C18:2 9c,12c	8,00±1,87 b	8,35±1,44 b	10,34±0,83 a	9,92±1,47 a	8,08±1,65 b	*
C18:3 9c,12c,15c	1,56±0,92 b	2,03±0,26 ab	1,87±0,24 ab	2,31±0,32 a	2,11±1,17 ab	*
C20:4 5c,8c,11c,14c	2,79±0,98	2,33±0,68	2,90±0,35	2,81±0,69	2,59±0,72	Ns
C20:5 5c,8c,11c,14c,17c	0,53±0,35 b	0,94±0,21 a	0,85±0,21 a	0,98±0,20 a	0,89±0,23 a	*
C22:5 7c,10c,13c,16c,19c	1,09±0,52 b	1,30±0,29 b	1,44±0,20 a	1,44±0,28 a	1,41±0,33 a	*
C22:6 4c,7c,10c,13c,16c,19c	0,51±0,23 b	0,97±0,28 a	0,95±0,16 a	1,00±0,31 a	1,14±0,34 a	*
SFA	43,49±3,54 ab	43,64±4,18 a	41,06±1,34 bc	41,71±0,98 abc	40,96±2,67c	*
MUFA	38,09±2,91 ab	35,81±1,59 bc	35,92±2,67 bc	35,28±2,71 c	38,58±3,45 a	*
PUFA	18,42±4,40 b	20,54±2,74 ab	23,02±1,78 a	23,01±2,65 a	20,46±3,79 ab	*
UFA	56,51±3,54 bc	56,36±4,18 b	58,94±1,34 ac	58,29±0,98 abc	59,04±2,67 a	*
ω3	4,14±2,02 b	5,78±0,97 a	5,70±0,73 a	6,21±0,91 a	6,02±1,82 a	*
ω6	11,60±2,78 b	11,69±1,59 b	14,15±1,21 a	13,62±2,23 a	11,47±2,44 b	*
ω6/ ω3	3,45±1,63 a	2,04±0,17 b	2,51±0,30 b	2,21±0,28 b	1,97±0,41 b	*
AI	0,36±0,07	0,36±0,07	0,33±0,03	0,34±0,02	0,33±0,04	Ns
P/S	0,41±0,10 b	0,48±0,10 ab	0,56±0,04 a	0,55±0,07 a	0,50±0,12 a	*
P/S2	0,59±0,15 b	0,70±0,15 ab	0,76±0,06 a	0,76±0,09 a	0,70±0,17 ab	*
TI	1,05±0,28 a	0,94±0,23 ab	0,82±0,04 b	0,83±0,06 b	0,83±0,13 b	*
hH	1,70±0,41	1,76±0,38	1,53±0,49	1,80±0,09	1,83±0,34	Ns

SFA, acidi grassi saturi; MUFA, acidi grassi monoinsaturi; PUFA, acidi grassi polinsaturi; UFA, acidi grassi insaturi; Σω3, ΣC18:2 11t 15c, C18:3 9c 12c 15c, C20:5 5c,8c,11c,14c,17c, C22:5 7c,10c,13c,16c,19c, C22:6 4c,7c,10c,13c,16c,19c; Σω6, ΣC18:2 9c 12c, CLA 10t 12c, C18:3 6c 9c 12c, C20:2 11c 14c, C20:3 8c, 11c, 14c, C20:4 5c, 8c, 11c, 14c; h/H=(C18:1 9c+C18:2 ω6 +c18:3 ω3 +C20:4 +C20:5 +C22:5+ C22:6)/(C14+C16); P/S PUFA/SFA; P/S2 = PUFA/(SFA-C18:0). ^{a, b} Lettere minuscole diverse sulla stessa riga indicano differenze significative per l'effetto subregione. La differenza tra le medie è significativa al livello * P<0.05.; ns, non significativo P>0.05

Tabella 15– Composizione acidica della carne (media±deviazione standard) e significatività per i fattori “Sesso” e “Peso”.Campionamenti 2° fase sperimentale.

	maschi	femmine	Peso < 7 kg	Peso > 7 kg	Effetto sesso	Effetto peso
g/100g FA						
corta catena	0,26±0,07	0,26±0,07	0,26±0,08	0,26±0,05	ns	ns
Media catena	30,91±5,50	31,39±4,25	30,32±5,21	33,51±1,71	ns	*
C14:0	5,10±0,78	4,76±0,81	4,79±0,82	5,17±0,71	ns	ns
C16:0	19,26±1,41	19,11±2,03	18,81±1,89	20,17±1,04	ns	*
lunga catena	67,29±2,26	67,91±2,81	68,22±2,67	66,23±1,73	ns	*
C18:0	11,69±1,38	12,46±2,30	12,52±2,12	11,18±1,21	ns	*
C18:1 9c	22,96±7,75	25,07±6,68	23,68±8,26	25,87±1,40	ns	ns
C18:1 11t	2,78±1,47	2,18±1,02	2,46±1,42	2,36±0,57	ns	ns
CLA 9c,11t	1,23±0,35	0,92±0,36	0,95±0,35	1,30±0,38	*	*
C18:2 9c,12c	8,92±1,51	8,97±1,91	8,99±1,87	8,71±1,40	ns	ns
C18:3 9c,12c,15c	2,02±0,40	1,94±0,87	1,90±0,80	2,16±0,40	ns	ns
C20:4 5c,8c,11c,14c	2,69±0,54	2,70±0,82	2,73±0,77	2,55±0,53	ns	ns
C20:5					ns	ns
5c,8c,11c,14c,17c	0,86±0,27	0,82±0,31	0,83±0,32	0,86±0,18		
C22:5					ns	ns
7c,10c,13c,16c,19c	1,35±0,31	1,33±0,40	1,35±0,40	1,29±0,22		
C22:6					ns	ns
4c,7c,10c,13c,16c,19c	0,87±0,34	0,93±0,34	0,93±0,35	0,85±0,33		
SFA	42,11±1,96	42,28±3,49	42,15±3,31	42,33±1,71	ns	ns
MUFA	36,40±2,19	36,89±3,42	36,87±3,29	36,46±1,65	ns	ns
PUFA	21,49±2,62	20,83±4,12	20,98±4,03	21,21±1,80	ns	ns
UFA	57,89±1,96	57,72±3,49	57,85±3,31	57,67±1,71	ns	ns
n3	5,69±1,15	5,48±1,78	5,47±1,74	5,74±0,81	ns	ns
n6	12,54±1,93	12,52±2,62	12,57±2,54	12,24±1,76	ns	ns
n6/n3	2,30±0,63	2,55±1,11	2,55±1,07	2,17±0,39	ns	ns
AI	0,35±0,04	0,34±0,06	0,34±0,06	0,36±0,03	ns	ns
TI	0,88±0,12	0,91±0,23	0,90±0,22	0,88±0,07	ns	ns
hH	1,64±0,38	1,78±0,35	1,74±0,42	1,68±0,18	ns	ns
P/S	0,51±0,08	0,49±0,12	0,50±0,12	0,50±0,05	ns	ns
P/S2	0,71±0,11	0,70±0,16	0,71±0,16	0,68±0,08	ns	ns

SFA, acidi grassi saturi; MUFA, acidi grassi monoinsaturi; PUFA, acidi grassi polinsaturi; UFA, acidi grassi insaturi; $\Sigma\omega3$, $\Sigma C18:2$ 11t 15c, C18:3 9c 12c 15c, C20:5 5c,8c,11c,14c,17c, C22:5 7c,10c,13c,16c,19c, C22:6 4c,7c,10c,13c,16c,19c; $\Sigma\omega6$, $\Sigma C18:2$ 9c 12c, CLA 10t 12c, C18:3 6c 9c 12c, C20:2 11c 14c, C20:3 8c, 11c, 14c, C20:4 5c, 8c, 11c, 14c; $h/H=(C18:1$ 9c+C18:2 $\omega6$ +C18:3 $\omega3$ +C20:4 +C20:5 +C22:5+ C22:6)/(C14+C16); P/S = PUFA/SFA; P/S2 = PUFA/(SFA-C18:0). ^{a, b} Lettere minuscole diverse sulla stessa riga indicano differenze significative. La differenza tra le medie è significativa al livello * P<0.05.; ns, non significativo P>0.05

FIGURE

Figura 2- Targhetta auricolare per gli Agnelli di Sardegna IGP





Figura 3- Spellamento della carcassa



Figura 4 - Carcasse con apposta l'etichetta del Consorzio per la tutela dell'Agnello di Sardegna IGP



Figura 5 – Carcasse dopo il prelievo del muscolo *Longissimus dorsi*



Figure 6 e 7-Carcasse dopo il prelievo del muscolo *Quadriceps femorale*



Figura 8- Carcasse dopo il prelievo dei muscoli *Longissimus dorsi* e *Quadriceps femoralis*

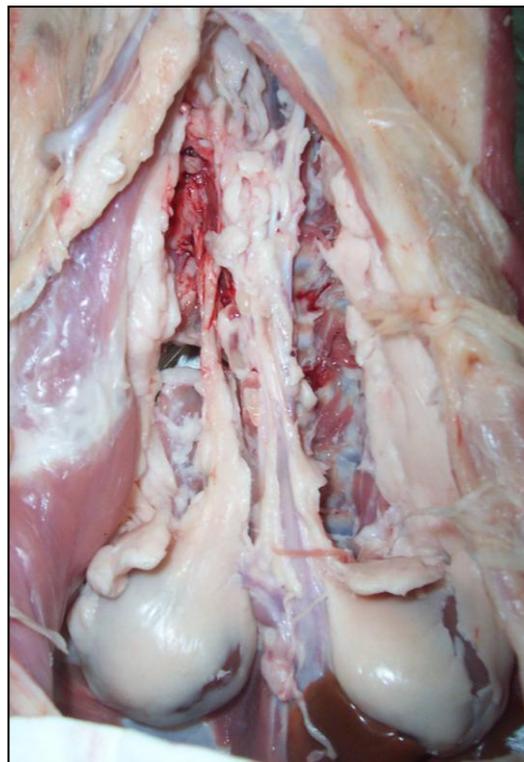
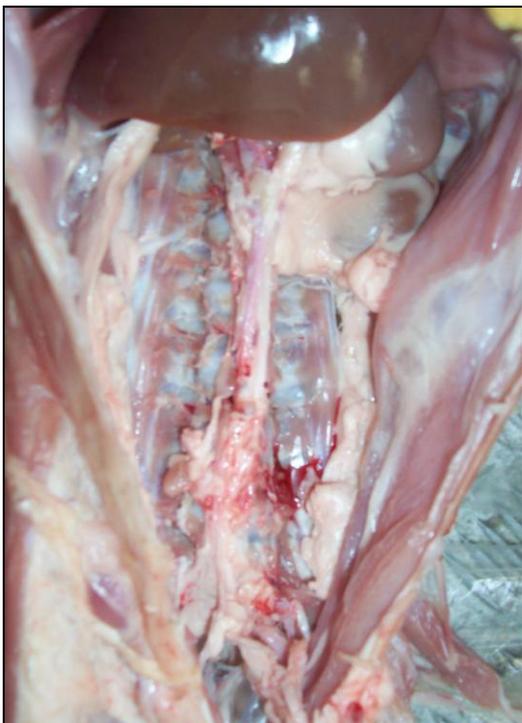


Foto 9 e 10- carcasse dopo il prelievo del muscolo *Psoas major*



Foto 11- rilevazione del colore sul muscolo *Longissimus dorsi*



Foto 12-Rilevazione del colore sul muscolo *Retto dell'addome*

Bibliografia

- ❖ Aberle, E. D., Forrest, J. C., Gerrard, D. E., Mille, E. W., Hedrick, H.B., Judge, M. D., & Merkel, R. A. (2001). Principles of meatscience. Dubuque, IA, USA: Kendall/Hunt Co
- ❖ Alfaia C. M.M., Castro M. L.F. , Martins S. I.V , Portugal A. P.V ,Alves S. P.A. ,. Fontes C. M.G.A , Bessa R. J.B , Prates J.A.M., 2007, Effect of slaughter season on fatty acid composition, conjugated linoleic acid isomers and nutritional value of intramuscular fat in Barrosã-PDO veal. Meat Science 75 44–52
- ❖ ALP, 2009. Stazione di ricerca Agroscope Liebefeld-Posieux ALP
- ❖ Arsenos G., Banos, G. Fortomaris P., Katsaounis N., Stamataris C., Tsaras L., Zygoiannis D., 2001. Eating quality of lamb meat: effects of breed, sex, degree of maturity and nutritional management. Meat Science 60 379-387
- ❖ ASPA, Metodiche per la determinazione delle caratteristiche qualitative della carne, Ed. Università di Perugia, 106 p., 1996;
- ❖ AGR vet : capacità di ritenzione idrica della carne. P. Cattaneo 2003
- ❖ Bendall, J. R. (1973). The biochemistry of rigor mortis and coldcontracture. In Proceedings of the 19th European Meeting of Meat Research Workers (pp.1–27), Paris, France.
- ❖ Bernabèu R. , Tendero.A.,2005. 1 Preference structure for lamb meat consumers. A Spanish case study. Meat Science 71 464–470

- ❖ Bhattacharya A, Banu, J., Rahman M., Causey J., Fernandes G; 2006. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease ☆
The Journal of Nutritional Biochemistry, Volume 17, Issue 12, Pages 789-810
- ❖ Cabiddu A., Addis M., Pinna G., Decandia M, Sitzia M., Piredda G., Pirisi A., Molle G, 2006. Effect of corn and beet pulp based concentrates on sheep milk and cheese fatty acid composition when fed Mediterranean fresh forages with particular reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11, *Animal Feed Science and Technology*.
- ❖ Cabiddu A. , Decandia M., Scanu G., Molle G., Pirisi A., Piredda G., Addis M., Bertuzzi T., 2005. Level of vitamins A and E and cholesterol in milk and cheese from goats fed with different feeding systems. 5th International symposium on the Challenge on sheep and goat milk sector , 18-20 April 2007, Alghero.
- ❖ Casu.S., 1972. Allevamento ovino da latte in Sardegna : Situazione attuale 'e possibilità di evoluzione. Istituto Zootecnico e Caseario per la Sardegna
- ❖ Centoducati P., Braghieri A., Melodia L., Tateo A., 1996 . Qualità della carne ovina in funzione dell'età di macellazione e del livello nutritivo della razione. - In: "Atti del XII Congresso Nazionale S.I.P.A.O.C.", Varese, 22-24 ottobre 1996: 141,144.
- ❖ Chin S.F., Liu W., Storkson J.M., Ha Y.L., Pariza M.W., 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Comp. Anal.*, 5, 185-197.
- ❖ Christie W.W. 1989, *Gas chromatography and Lipids: A practical guide*, 1st ed. The Oily Press, Ayr, Scotland.

- ❖ Cornforth D.P., Pearson A.M. Merkel R.A., 1980. "Relationship of mitochondria and sarcoplasmic reticulum to cold shortening", Meat science 4 103-121
- ❖ Costa P., Roseiro L.C., Partidario A., Alves V., Bessa R.J.B., Calkins C.R., Santos C., 2005. Influence of slaughtered season and sex on fatty acid composition, cholesterol and α -tocopherol contents on different muscles of Barrosa-PDO veal, Meat Science 72 130-139.
- ❖ C.R.A. - CENTRO DI RICERCA PER LE PRODUZIONI FORAGGERE E LATTIERO-CASEARIE, Lodi 2007.
- ❖ Dell'orto V., Sgoifo Rossi C.A. 2000. Aspetti nutrizionali e gestionali per la produzione di carne bovina di qualità. - "L'Informatore Agrario", 14: 45,56.
- ❖ Department of health 1994. Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on health and social subjects N° 46. Londres, RU:HMSO.
- ❖ Dietschy J.M. 1998. Dietary fatty acids and the regulation of plasma low density lipoprotein cholesterol concentration. J. Nutr., 128, 444S-448S.
- ❖ Feiner, G. (2006). Meat products handbook: Practical science and technology. Woodhead Publishing Limited: Cambridge. Pp 142-147.
- ❖ Gracey J.F., Collins D.S., 1992. "Meat hygiene", Bailey e Tindall London.
- ❖ Grjinari J.M., Nurmela K.V. Sairanen A, Nousianen J.J., Khalili H., 1998b- Effect of dietary sunflower and pasture maturity on conjugated linoleic acid (CLA) content in milk fat from lactating dairy cows.- J.Dairy Sci. , 81 Suppl. 1,300.

- ❖ Hamilton, Locker R H & Hagyard Ci., 1963. A cold shortening effect in beef muscles. I. Sci. Food Agr. 14:787-93. Meat Industry Res. Inst. of New Zealand.
- ❖ Koohmaraie, M., Doumit, M. E., & Wheeler, T. L. (1996). Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. Journal of Animal Science, 74, 2935-2942.
- ❖ Koohmaraie, M. Geesink, G.H. (2006) Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. Meat Science 74:34--43
- ❖ Jensen C., Guidera, J., Skovgaard, I. M. Staun, H., Skibsted, L. H., Jensen, S. K., Marller, A. J., Buckley, J., & Bertelser G. (1997), Effects of Dietary α -Tocopherol Acetate Supplementation on Tocopherol Deposition in Porcine m. psoas major and m. Longissimus dorsi and on Drip Loss, Colour Stability and Oxidative Stability of Pork Meat. Meat Science, 45(4): 491-500.
- ❖ Hannula T., Poulanne E., 2004, "The effect of cooling rate on beef tenderness: the significance of pH at 7°C", Meat Science 67, 403-408.
- ❖ Kelly M.L., Kolver E.S., Barman D.E. Van Amburgh M.E., 1998b- effect of intake of pasture on concentration of conjugated linoleic acid in milk of lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 81 1630-1636
- ❖ Lanza M., Bella M., Priolo A., Barbagallo D., Galofaro V., Landi C., Pennisi P. 2006. Lamb meat quality as affected by a natural or artificial milk feeding regime. Meat Science, 73, 313-318.

- ❖ Laore Sardegna: "informatore della campagna" VII report trimestrale, dicembre 2006.
- ❖ Lauzurica S. , de la Fuente J., Díaz M. T.; Alvarez., I , Pe´rez C , Can˜eque V.,2005. Effect of dietary supplementation of vitamin E on characteristics of lamb meat packed under modified atmosphere. *Meat Science* 70 639–646.
- ❖ Lee. J.H , Waller J.C. , Yilmaz Y.,2006. Melton S.L. Effect of feeding rumen-protected dietary protein–oil supplements on fatty acid composition and α -tocopherol content of blood serum and muscle lipids of lambs. *Small Ruminant Research* 72 101–110.
- ❖ Leheska J. M,. Thompson L. D,. Howe J. C, Hentges E.,. Boyce J,. Brooks J. C,. Shriver B, Hoover L. and. Miller M. F., 2008.Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef.10.2527/jas.2007-0565 originally published online Jul 18, 2008; *J Anim Sci* 2008.86:3575-3585.
- ❖ Maltin C, Balcerzak D, Tilley R and Delday M.2003 Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 337–347.
- ❖ Martinez-Cerezo S , Sañudo C.,. Panea B ,. Medel I , Delfa R., Sierra I. Beltra´n J.A. ,. Cepero R ,. Olleta J.L, 2005. Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. *Meat Science* 69 325–333.
- ❖ Morrissey P.A., Sheehy P.J.A., Galvin K., Kerry J.P., Buckley D.J., 1998. Lipid stability in meat and meat products. - "*Meat Science*", 49: S73, S86.
- ❖ Noce G. 1999 - Autocontrollo, una questione di HACCP. - "*Informatore Zootecnico*", 20: 60,61.

- ❖ Morgante M., Piesenter E., Bonano A., Di Grigoli A., Molle G., 2007. Effect of the dam's feeding regime on the meat quality of light suckling lamb, *Journal Animal science* vol.6, 570-572.
- ❖ Nuernberg K., Fischer A., b, Nuernberg G., Ender K., Dannenberger D., 2007. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass versus concentrate, *Small Ruminant Research* 74 279–283
- ❖ Oriani G., Maiorano G., Filetti F., Di Cesare C., Manchisi A., Salvatori G, 2005, Effect of age on fatty acid composition of Italian Merino suckling lambs *Meat Science* 71 557–562.
- ❖ PANELLA F., MORBIDINI L., SARTI F.M., SARTI D.M. (1995) - Caratteristiche delle carcasse e qualità delle carni ovine, con particolare riferimento alla razza merinizzata - In: *Atti del Convegno: "L'allevamento ovino e caprino in Basilicata: orientamento, attività selettive e patologie"*, Latronico (PZ), 14 dicembre: 41,70. Paoletti R.1, Aceto P., 2007, L'allevamento ovino e caprino in Europa e in Italia con particolare riferimento all'arco Alpino, *Quaderno SOZOOALP n° 4 - 2007*
- ❖ Perez P., Maino M., Tomic G., Mardones E., Pokniak J., 2002, Carcass characteristics and meat quality of Suffolk Down suckling lambs. *Small Ruminant Research* 44 233-240.
- ❖ Piciocchi N., La "qualità" della carne. *Rivista di agraria.org* N.80-1 maggio 2009.
- ❖ Riel R.R. 1993. Physico-chemical characteristics of Canadian milk fat. Unsaturated fatty acids- *J.Dairy Sci.* , 46, 102-106.
- ❖ Sanna. S.R, Sanna A. Carta A., Casu S., 1994. The Sarda dairy sheep production system: balance and perspectives of the breeding programme. *Option Mediterraneennes*.

- ❖ Santos-Silva J., Bessa R.J.B., 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.
- ❖ Sañudo C., Santolaria M.P., María G., Osorio M., Sierra I. ,1996. Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production system. - "*Meat Science*", 42: 195,202.
- ❖ Sanudo C. Sanchez A.&. Alfonso M., 1998. Small Ruminant Production System and factor affecting lamb meat quality. *Meat Science*, Vol. 49, No. Suppl. I, S29-S64.
- ❖ Sarti D.M., 1992c. Qualità delle carni ovine - In: "*Ovinicoltura*" - UNAPOC, Roma: 311,314.
- ❖ Savell J.W *,. Mueller S.L., Baird B.E , 2004. The chilling of carcasses.*Meat Science* Section, Department of Animal Science, Texas A&M University, 247 TAMU, College Station, TX 77843-2471, USA
- ❖ Serra A., Mele M., La Comba F., Conte G., Boccioni A., Secchiari P., 2009. Conjugated Linoleic Acid (CLA) content of meat from three muscles of Massese suckling lambs slaughtered at different weights. *Meat Science*, 81, 396.-404.
- ❖ Smith G.C., Morgan, J.B., Sofos,. Tatum, J.D. , 1996. Supplemental vitamin E in beef cattle diets to improve shelf-life of beef. *Animal Feed Science Technology* 59:207-214.

- ❖ Stanton C., Lawless F., Kjellmer G., Harrington D., Devery R., Conolly J.F., Murphy J.J. 1997. A dietary influences an bovine milk cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid content. *Journal of Food Science*, 62, 1083-1086.
- ❖ Teixeira A.,*, Batista S., Delfa R., Cadavez. V., 2005.Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. *Meat Science* 71 530–536
- ❖ The University of Bristol (FRPERC) (2008). Drip, texture and colour of refrigerated meat and meat product. In chapter 3 of the lecture notes of the refrigeration and thermal processing module, of the MSc Meat Science and technology course 2008, the University of Bristol. United Kingdom. pp 3-34
- ❖ Vacca G.M, Carcangiu V. , Dettori M.L. , Pazzola M.,. Mura M.C , Luridiana S., Tilloca G.,2007. Productive performance and meat quality of Mouflon X Sarda and Sarda X Sarda suckling lambs, *Meat Science* xxx xxx–xxx.
- ❖ Veiseth E. ., Shackelford S.D ,. Wheeler T.L ,. Koohmaraie M , 2004. Factors regulating lamb longissimus tenderness are affected by age at slaughter . *Meat Science* 68 635–640.
- ❖ Williams C.H. 2000. Dietary fatty acids and human health. *Ann. Zootech.*, 49, 165-180.
- ❖ Wheeler, T. L., & Koohmaraie, M., 1994. Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 72,1232-1238
- ❖ Wheeler, T. L., & Koohmaraie, M., 1999. The extent of proteolysis is independent of sarcomere length in lamb longissimus and psoas major. *Journal of Animal Science*, 77,2444-2451.

❖ Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., & Koohmaraie, M., 2000b. Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *Journal of Animal Science*, 78, 958-965.

❖ Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., & Koohmaraie, M., 2000b. Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *Journal of Animal Science*, 78, 958-965

Sitografia

Cattaneo P., <http://www.amaltea.vete.unimi.it/docenti/pcattaneo/AGRVET8WHC>, settembre 2009

Ara Sardegna, <http://www.ara.sardegna.it>, ottobre 2009.

Laore Sardegna, <http://www.sardegnaagricoltura.it> ottobre 2009.

Jane Anne Boles and Ronald B. Pegg, animalrange.montana.edu/courses/meat/meatcol.pdf.

Settembre 2009.

RINGRAZIAMENTI

Una particolare ringraziamento

- ❖ al Consorzio per la tutela dell'Agnello di Sardegna IGP e agli allevatori, per il loro sacrificante e appassionante lavoro, senza i quali non sarebbe stata possibile la realizzazione di questo progetto.

- ❖ al dott. Giovanni Riu per la paziente e preziosa collaborazione .

- ❖ alla dott.ssa Maria Francesca Scintu e alla prof.ssa Rina Mazzette per la disponibilità mostrata nel corso della Scuola di Dottorato.

- ❖ alla dott.ssa Margherita Addis e allo staff del laboratorio di Chimica Zootecnica del Dirpa dell'AGRIS Sardegna per il valido contributo.

