

M.A. COLONNA, F. GIANNICO,
A. COLUCCIA, G. DI BELLO,
G. VONGHIA,
A. CAPUTI JAMBRENGHI

Impiego dei semi di lino estrusi e dell'olio di lino nell'alimentazione dell'agnello: *performance* produttive e qualità della carne

PROGRESS IN NUTRITION
VOL. 13, N. 2, III-124, 2011

TITLE

Dietary supplementation with extruded linseed and linseed oil in lamb feeding: productive performances and meat quality traits

KEY WORDS

Extruded linseed, linseed oil, lamb, meat quality

PAROLE CHIAVE

Lino estruso, olio di lino, agnello, qualità della carne

Dipartimento di Produzione Animale, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", Bari

Indirizzo per la corrispondenza:
Dott.ssa Maria Antonietta Colonna
Dipartimento di Produzione Animale
Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
Campus Via Orabona, 4
70126 Bari (BA)
Tel. +39 080 5442236
Fax +39 080 5442822
E-mail: ma.colonna@agr.uniba.it

Summary

The aim of the study was to evaluate the effect of dietary supplementation with extruded linseed and linseed oil on the productive performances of Gentile di Puglia breed lambs slaughtered at about 90 days of age and on meat quality traits of the muscles *Longissimus lumborum* (*Ll*) and *Semimembranosus* (*Sm*) before and after cooking. Thirty male lambs were divided into three homogeneous groups (n = 10) fed the following diets for six weeks: Control (C) - commercial feed containing soybean meal (16%) and soybean oil (3%); LE - feed containing extruded linseed (9%) in total replacement of soybean oil and partial replacement of soybean meal (10 vs 16%); OL - feed containing linseed oil (3%) instead of soybean oil. The diets didn't affect neither the *in vitam* nor the *post mortem* performances. Overall, the fatty acid profile was significantly improved by the experimental diets for both the muscles examined and for raw and cooked meat. The LE diet significantly (P<0.01) increased the α -linolenic acid (C18: 3 ω 3) content in the *Ll* muscle compared to OR and C groups, in both raw and cooked samples. The LE and OL diets markedly increased the ω 3 fatty acid content in the raw as well as in the cooked meat. Consequently, the ω 6/ ω 3 ratio in the *Ll* samples was much better for the LE and OL groups compared to the Control and below the recommended value of 4 for the protection of human health. The results obtained for the *Sm* muscle globally show the same trend found for the *Ll* muscle, thus confirming the positive effects following the use of extruded linseed in the diet for growing lambs.

Riassunto

Lo studio ha inteso valutare l'effetto dell'integrazione alimentare con semi di lino estrusi ed olio di lino sulle prestazioni produttive di agnelli di razza Gentile di Puglia macellati a circa 90 giorni di età e sulle caratteristiche qualitative della carne dei muscoli *Longissimus lumborum* (*Ll*) e *Semimembranosus* (*Sm*) prima e dopo cottura. Trenta agnelli maschi (n = 10/gruppo) sono stati alimentati con le seguenti diete per sei settimane: Controllo (C) - mangime commerciale contenente farina di estrazione di soia (16%) ed olio di soia (3%); LE - mangime contenente semi di lino estrusi (9%) in sostituzione totale dell'olio di soia e parziale della farina

di estrazione di soia (10 vs 16%); OL - mangime contenente olio di lino (3%) in sostituzione dell'olio di soia. Non sono emerse differenze di rilievo tra le diete a confronto per quanto attiene alle *performance* produttive *in vitam* e *post mortem*. Complessivamente il profilo acidico appare significativamente migliorato dalle diete sperimentali per entrambi i muscoli esaminati, sia per i campioni crudi che per quelli cotti. In particolare la dieta LE ha determinato nel muscolo *Ll* un contenuto in acido α -linolenico (C18:3 ω 3) significativamente più alto ($P < 0,01$) rispetto ai gruppi OL e C, sia nei campioni crudi che in quelli cotti. Entrambe le diete sperimentali hanno marcatamente incrementato il contenuto in acidi grassi ω 3 nei campioni crudi e cotti rispetto al Controllo. Di conseguenza, anche il rapporto ω 6/ ω 3 è risultato più favorevole nei gruppi sperimentali rispetto al Controllo e, comunque, nettamente al di sotto del valore 4 consigliato per la tutela della salute umana. I risultati ottenuti per i campioni crudi e cotti del muscolo *Sm* ricalcano quanto descritto per il muscolo *Ll*, confermando la validità della dieta contenente semi di lino estruso per l'alimentazione di agnelli da carne.

Introduzione

La cura per l'alimentazione rappresenta un'importante ed efficace strategia per la prevenzione di diverse malattie associate alla vita moderna e sempre più diffuse nei paesi sviluppati quali il cancro, l'aterosclerosi ed altre patologie cardiovascolari (1-3). Tra i fattori alimentari incriminati vi sono le carni rosse in quanto ricche in acidi grassi saturi e colesterolo, ritenuti principali responsabili delle malattie cardiovascolari. Tuttavia, l'innegabile valore nutritivo di dette carni e le radicate tradizioni socio-culturali e gastronomiche as-

sociate al loro consumo ne fanno un alimento importante nella dieta di diversi Paesi.

Per tutelare la salute dell'uomo, gli studi condotti sulle carni dei ruminanti sono stati finalizzati all'incremento del contenuto in acidi grassi polinsaturi ω 3, alla riduzione del valore del rapporto ω 6/ ω 3 ed all'incremento del contenuto in acido linoleico coniugato (CLA) (1). È ampiamente documentato in letteratura che diete basate sull'alimentazione al pascolo e sull'impiego del fieno o dei semi di lino (*Linum usitatissimum*) apportino notevoli benefici in termini di contenuto di acidi grassi

polinsaturi (PUFA) e di CLA (4). I semi di lino possono essere utilizzati in varie forme nell'alimentazione del bestiame: integrali (5), estrusi (6) o trattati con formaldeide (7). Impiegati in passato per gli effetti positivi sul tratto gastro-intestinale e sulla produzione quanti-qualitativa di latte (8, 9), più recentemente i semi e l'olio di lino, in sostituzione di altre fonti vegetali, sono oggetto di indagine sulle qualità dietetico-nutrizionali della carne dei ruminanti (10-13). La consapevolezza delle opportunità di un'alimentazione sana e senza eccessive manipolazioni tecnologiche *in vitam* e *post mortem*

porta il consumatore ad accogliere le innovazioni produttive che si discostano meno dalla condizione naturale ed a rivalutare i prodotti di origine animale (ed i loro derivati) tipici e tradizionali che garantiscano caratteristiche organolettiche e specificità nutrizionali determinate dal tipo genetico, dall'ambiente e dal sistema di allevamento tradizionale (14).

Attualmente i tipi genetici autoctoni sono caratterizzati da maggiore eterogeneità genetica, ma rispetto ai tipi genetici sottoposti a selezione spinta, possono essere portatori di alleli vantaggiosi per il valore biologico delle loro produzioni legato all'adattamento all'ambiente climatico e nutrizionale delle aree difficili, alla resistenza genetica alle patologie infettive ed infestive endemiche, nonché alla quantità e qualità dei grassi presenti nei loro prodotti. Ne è conseguita una nuova attenzione per le razze autoctone come traduttori biologici e per il prodotto tradizionale come alimento funzionale accreditato da specifiche proprietà qualitative. Inoltre, nel campo della nutrizione animale si concentra l'attenzione verso la messa a punto di tecnologie in grado di fornire alimenti ben appetiti e tollerati dagli animali, facilmente digeribili e privi di eventuali sostanze antinutrizionali, il tutto a vantaggio non soltanto di un potenziamento delle produzioni ma anche e so-

prattutto della qualità delle derrate di origine animale e dello stato sanitario dell'allevamento (15).

La razza Gentile di Puglia rappresenta un genotipo autoctono ovino ancora allevato in Puglia, Molise e Calabria. Il patrimonio allevato è esiguo e caratterizzato da una rapida ed inarrestabile diminuzione a causa della minore presenza sul mercato delle carni ovine dell'agnello nazionale. Inoltre, i caratteri qualitativi della carne ovina autoctona, combinandosi con specifici sistemi di produzione, permettono l'ottenimento di un prodotto tipico che per tradizione e cultura risulta molto apprezzato a livello locale e per il quale il consumatore è disposto a pagare un "premium-price" (16). Pertanto, la conservazione della variabilità genetica, la cui principale riserva per la specie ovina è costituita dalle razze e popolazioni locali, ha giustificazioni di carattere economico, scientifico e storico-culturale. Per la perseguibilità di questi obiettivi uniti alla crescente domanda di prodotti di origine animale di nicchia, la valorizzazione delle razze ovine autoctone, negli ultimi anni, è stata oggetto di numerosi studi volti alla rivalutazione dei suoi prodotti sul mercato ed al miglioramento delle sue potenzialità intervenendo con uno specifico sistema produttivo (17).

Tradizionalmente, in tutto il territorio mediterraneo gli agnelli ven-

gono macellati in età molto giovane, immediatamente dopo lo svezzamento o dopo un breve periodo di ingrassamento condotto generalmente in maniera intensiva. Queste pratiche influenzano negativamente la quantità, la distribuzione e la composizione del grasso corporeo che a loro volta condizionano in maniera determinante la qualità della carne (18, 19).

La presente ricerca è stata condotta al fine di valutare gli effetti dell'impiego dei semi di lino estrusi e dell'olio di lino, come alternativa all'ormai consolidato impiego della farina di estrazione e dell'olio di soia nei mangimi zootecnici, sulle *performance* produttive e sulle caratteristiche quanti-qualitative delle carcasse e delle carni di agnelli macellati a circa 90 giorni di età.

Materiali e metodi

Dieta e management degli agnelli

La prova è stata condotta su 30 agnelli maschi di razza Gentile di Puglia. Dopo circa 40 giorni di allattamento naturale gli agnelli sono stati svezzati, per una settimana, con un mangime commerciale di svezzamento prima di essere sottoposti alla sperimentazione. Sono stati costituiti tre gruppi di agnelli (di 10 capi ciascuno), omogenei per età e peso (mediamente

15,2 ± 0,8 kg), alimentati per 6 settimane con una delle seguenti diete (Tab. 1): C - controllo, corrispondente ad un mangime commerciale contenente farina di estrazione di soia (16%) ed olio di soia (3%); LE - mangime sperimentale contenente semi di lino estrusi (9%; Cortal Extrasoy SpA, Cittadella, PD, Italy), in sostituzione totale dell'olio di soia e parziale della farina di estrazione di soia (10 vs 16%); OL - mangime sperimentale contenente olio di lino (3%) in sostituzione totale dell'olio di soia. Le diete somministrate ai tre gruppi di agnelli sono state formulate in modo che risultassero isolipidiche, isoproteiche e isofibrose. I campioni di mangime sono stati sottoposti ad analisi chimica in accordo con le metodiche ASPA (20). L'estrazione lipidica e la metilazione sono avvenute mediante gas cromatografia capillare degli esteri metilici. La derivatizzazione degli acidi grassi è avvenuta in catalisi basica, con il metodo alternativo in piccolo (metilazione rapida); gli esteri metilici degli acidi grassi così ottenuti sono stati utilizzati direttamente per l'analisi cromatografica.

I mangimi pellettati sono stati somministrati *ad libitum*, per un periodo di sei settimane, sino all'età di macellazione. Giornalmente venivano recuperati i residui alimentari prima della somministrazione dell'alimento fresco e regi-

strati i consumi alimentari. Settimanalmente, tutti i soggetti in prova venivano pesati al fine di valutare gli incrementi ponderali di gruppo.

Macellazione

All'età di circa 90 giorni, gli agnelli sono stati macellati e sulle carcasse sono state condotte le valutazioni produttive e qualitative in accordo con le metodiche A.S.P.A. (21).

La macellazione è stata eseguita secondo le norme di polizia veterinaria. I soggetti sono stati dissanguati per iugulazione, scuoiati ed eviscerati. L'esofago, gli stomaci (rumine, reticolo, omaso ed abomaso) e gli intestini (duodeno, intestino tenue e crasso), sono stati pesati pieni e dopo accurato svuotamento per determinare il peso dell'apparato gastroenterico. Il peso del contenuto dell'apparato gastroenterico è stato sottratto al peso a digiuno per ottenere il peso vivo netto, indispensabile per il calcolo della resa netta. La carcassa è stata posta in cella di refrigerazione a 0-4°C per 24 h. Trascorso il tempo richiesto, la carcassa è stata nuovamente pesata per il calcolo del "calo frigo". Per lo studio delle caratteristiche chimiche e qualitative della carne sono stati utilizzati i muscoli *Longissimus lumborum* e *Semimembranosus* prelevati dalla mezzena destra (22).

Qualità della carne

Sono stati determinati i parametri colorimetrici (L^* - luminosità, a^* - indice del rosso, b^* - indice del giallo) utilizzando un fotometro (HunterLab, Miniscan XETM, illuminant D 65/10°) sui campioni di carne cruda. Sono stati preparati campioni di carne di dimensione omogenea e con spessore di circa 5 cm posti in forno elettrico ventilato a 180°C fino al raggiungimento della temperatura interna del campione di 75°C. I campioni sono stati quindi ripesati per il calcolo del calo cottura.

Dai campioni di carne cruda e cotta, mediante un carotatore del diametro di 1,25 cm, sono stati ottenuti dei tasselli cilindrici per l'esecuzione dell'analisi reologica mediante tessuometro (Instron 5544) dotato di software modulare integrato per il test del Warner Bratzler Shear Force (WBS).

La determinazione degli acidi grassi è stata effettuata mediante gas cromatografia capillare degli esteri metilici. La derivatizzazione degli acidi grassi è avvenuta in catalisi basica, con il metodo alternativo in piccolo (metilazione rapida); gli esteri metilici degli acidi grassi così ottenuti sono stati utilizzati direttamente per l'analisi cromatografica. Questa è avvenuta con gas cromatografo GC-17A versione 3 della Shimadzu, provvisto di rilevatore FID ed equipag-

Tabella 1 - Ingredienti e composizione analitica e chimica delle diete

Diete	C Controllo	LE Lino estruso	OL Olio di lino
<i>Composizione concentrato (%)</i>			
Medica disidratata (18%)	30	30	30
Orzo	20	20	20
Mais	19,5	19,5	19,5
Soia Farina Estrazione (44%)	16	10	16
Polpe di barbabietola essiccate	3	3	3
Cruschello di frumento tenero	3	3	3
Lievito di birra	2	2	2
Integratore minerali e vitamine	0,05	0,05	0,05
Carbonato di Ca	0,80	0,80	0,80
Fosfato bicalcico	0,85	0,85	0,85
Bicarbonato di Na	0,60	0,6	0,60
Cloruro di Na	0,60	0,6	0,60
Ossido di Mg	0,60	0,6	0,60
Olio di soia	3	-	-
Lino estruso	-	9	-
Olio di lino	-	-	3
<i>Composizione chimica (%)</i>			
S.S.	91,8	91,8	91,6
Umidità	8,2	8,2	8,4
Proteine	15	18,5	16,8
Estratto etereo	5,5	4,9	6,2
Ceneri	5,3	5,1	5,6
Fibra grezza	12,7	12,6	13,1
Estrattivi inazotati	53,3	50,7	50
NDF	27,9	27,9	28,4
ADF	14,6	14,3	14,8
ADL	5,2	4,9	5,6
AIA	0,9	0,8	0,9
Energia metabolizzabile (MJ/Kg)	10,8	10	10,8
UFC (n/Kg ss)	0,9	0,88	0,9
<i>Acidi grassi (%)</i>			
C 12:0	0,1	0	0,2
C 14:0	0,3	0,2	0,1
C 16:0	25	15	0,1
C 18:0	7,4	5,1	0,5
C 20:0	1,1	0,5	0,1
C 24:0	1,6	0,1	0,1
C 16:1 ω 7	0,1	0	0
C 18:1 ω 9 t	0	1,1	1
C 18:1 ω 9 c	33	0,4	0,3
C 18:1 ω 7	1,7	0,1	0,1
C 20:1 ω 9	0,4	0	0
C 22:1 ω 9	0,1	32,8	25,5
C 18:3 ω 6	0	0	0,1
C 18:3 ω 3	1,5	0,2	0,4
C 20:2 ω 6	0,1	0,4	0
C 20:4 ω 6	1,5	0	0
C 22:5 ω 3	0,2	0,1	0
C 22:6 ω 3	0,1	0	0
<i>Altri acidi grassi</i>	3	2,8	2,8
Σ SFA	35,7	21,1	19,6
Σ MUFA	35,5	27,5	28
Σ PUFA	25,9	48,8	49,6

giato di colonna BPX 70 della SGE Analytical Science (60 m x 0,25 mm diametro interno; spessore del film adsorbente 0,25 μm - 70% Cyanopropyl Polysilphenylene-siloxane). L'analisi è stata condotta a temperatura del forno programmata: la corsa è iniziata ad una temperatura di 135°C per 3 minuti, per proseguire con una rampa (Rate 1) di 4°C/min che in 23 minuti porta alla temperatura finale di 210°C, costante sino all'uscita dell'ultimo acido grasso utile (isoterma di 7 minuti); il tempo totale di analisi è di 36 minuti. Il sistema di iniezione è split/splitless, la temperatura dell'iniettore è di 245°C, mentre la temperatura del detector è di 280°C. L'elio è il gas trasportatore impiegato ad una velocità di flusso di 240 cm/sec (a flusso costante), il rapporto di splittaggio è di 80:1. La quantità di esteri metilici iniettata è 1 μl . Ciascun picco del tracciato cromatografico è stato identificato confrontando il tempo di ritenzione di ognuno di questi, con quello ottenuto dallo standard esterno Menhaden Oil FAME (SGE Analytical Science) ad eccezione dei CLA, per i quali è stato impiegato lo standard esterno individuale, isomer mix of cis-9 trans-11 e trans-10 cis-12 octadecadienoic acid conjugated methyl ester, prodotto dalla Sigma-Aldrich. Sui campioni di carne cruda e cotta sono stati altresì calcolati

gli indici di aterogenicità (IA) e trombogenicità (IT) (23) ed il rapporto PCL (Plasma Cholesterol lowering)/PCE (Plasma Cholesterol Elevating) (24).

Analisi statistica

Tutti i dati grezzi relativi alle analisi quantitative e qualitative sono stati analizzati tramite l'analisi della varianza con la procedura GLM del pacchetto statistico SAS (25). Le variabili che differivano per $P < 0,05$, $P < 0,01$ e $P < 0,001$ sono state testate con il test t di Student. I dati riguardanti i parametri relativi alla carne cruda e cotta sono stati studiati utilizzando l'analisi della varianza in accordo con il modello statistico: $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\beta\gamma_{kij} + \epsilon_{ijk}$

dove μ rappresenta la media generale, α il tipo di dieta ($i = 1-3$), β l'effetto cottura dei campioni di carne ($j = 1-2$), $\alpha\beta$ l'interazione dieta x cottura, $\alpha\beta\gamma$ l'interazione dieta x cottura x muscolo, ϵ l'errore sperimentale e ijk le variabili dipendenti.

Risultati e discussione

Prestazioni produttive in vitam e post mortem

I risultati relativi alle prestazioni produttive e ad alcuni rilievi alla macellazione sono riportati in tabella 2. L'incremento giornaliero degli agnelli è risultato del tutto comparabile tra le tesi a confronto. Il peso vivo raggiunto dagli

Tabella 2 - Prestazioni produttive *in vitam* e *post mortem*

	Diete			DSE GL=30
	Controllo	LE	OL	
Numero di animali	10	10	10	/
Incremento giornaliero (Kg/g)	0,25	0,21	0,23	/
Peso vivo (Kg)	25,98	23,42	24,91	3,828
Peso vivo stallato (Kg)	24,31	22,16	23,53	3,767
Peso carcassa a caldo (Kg)	14,24	12,83	13,43	2,304
Peso carcassa a freddo (Kg)	13,65	12,37	12,89	2,302
Peso vivo netto calcolato (%)	21,23	20,22	19,10	3,398
Calo frigo (%)	0,58	0,45	0,53	0,131
pH ₁ <i>Longissimus lumborum</i>	6,60	6,66	6,42	0,592
pH ₂ <i>Longissimus lumborum</i>	5,89	5,92	5,94	0,199
pH ₁ <i>Semimembranosus</i>	6,61	6,64	6,50	0,227
pH ₂ <i>Semimembranosus</i>	5,71	5,71	5,69	0,163

Tabella 3 - Rilievi allo spolpo di coscia e lombata

	Diete			DSE GL=30
	Controllo	LE	OL	
<i>Lombata</i>				
Peso (g)	553,40	502,31	529,45	95,95
Magro (%)	58,60	47,36	49,32	4,796
Grasso (%)	24,50	25,37	24,51	5,257
Osso (%)	24,90	27,25	26,16	3,652
<i>Coscia</i>				
Peso (g)	1823,89	1654,33	1678,27	316,82
Magro (%)	59,07	61,65	59,58	3,627
Grasso (%)	14,42	12,80	13,83	3,544
Osso (%)	26,50	25,55	26,58	1,983

agnelli a fine prova è anch'esso risultato simile per i tre gruppi, benché i soggetti del gruppo Controllo abbiano mostrato un peso vivo tendenzialmente maggiore rispetto al gruppo OL e ancor più rispetto al gruppo LE. Nel gruppo LE è stato osservato un valore tendenzialmente più basso relativamente al peso della carcassa, sia a caldo che a freddo. Il pH, misurato sui muscoli *Longissimus lumborum* (Ll) e *Semimembranosus* (Sm) a caldo e a freddo, si è attestato su valori molto simili nei tre gruppi. Nessuna differenza statisticamente significativa tra le tesi a confronto è emersa per quanto attiene alla distribuzione delle componenti tissutali nei tagli di coscia e lombata (Tab. 3). Tuttavia, lo spolpo della coscia, nel gruppo LE, ha evidenziato una incidenza lievemente superiore del magro ed inferiore del grasso rispetto ai gruppi C e OL.

Caratteristiche qualitative della carne

I dati colorimetrici, risultati dalle analisi laboratoriali sui campioni di muscolo *Longissimus lumborum* e *Semimembranosus*, sono riportati in tabella 4. Nel muscolo *Longissimus lumborum* l'unica differenza tra i gruppi è stata registrata a carico dell'indice del rosso che è risultato significativamente più alto ($P<0,05$) nel gruppo sperimentale LE rispetto al gruppo Controllo. Relativamente al muscolo *Semimembranosus*, è emersa una mino-

re ($P<0,05$) luminosità (L^*) della carne nel gruppo OL rispetto al gruppo C. Differenze statisticamente significative sono state evidenziate anche per il parametro Chroma che nel gruppo Controllo è risultato significativamente inferiore rispetto al gruppo LE ($P<0,05$) e ancor più rispetto al gruppo OL ($P<0,01$). È noto quanto i parametri colorimetrici della carne siano influenzati dall'attività fisica degli animali (26) e dal tipo di dieta somministrata (26-28). Alcuni Autori, tuttavia,

Tabella 4 - Analisi colorimetrica dei campioni di carne dei muscoli *Longissimus lumborum* e *Semimembranosus*

	<i>Longissimus lumborum</i>				<i>Semimembranosus</i>			
	Diete			DSE GL = 30	Diete			DSE GL = 30
	Controllo	LE	OL		Controllo	LE	OL	
L^*	49,70	48,09	48,80	3,049	49,84a	48,42	47,17b	2,582
a^*	10,10b	11,33a	10,99	1,379	9,48b	10,53a	10,82a	0,917
b^*	15,49	15,60	15,49	3,363	11,13	11,90	11,72	0,946
Chroma	18,59	19,34	19,05	3,263	14,62Bb	15,89a	15,95A	1,245
Tinta	0,98	0,93	0,94	0,084	0,87	0,85	0,82	0,027

A, B: $P<0,01$; a, b: $P<0,05$

sostengono che il colore della carne sia condizionato dai processi di trasformazione ruminale degli alimenti piuttosto che dalla dieta in sé (28-30). È stato evidenziato, inoltre, che una maggiore capacità di ritenzione dell'acqua nel muscolo, oltre a comportare un pH più alto, contribuisce a conferire alla carne un colore rosso più scuro.

Il calo cottura (Tab. 5) subito dal muscolo *Longissimus lumborum* nel gruppo LE è risultato significativamente superiore rispetto al gruppo Controllo ($P < 0,05$) e ancor più rispetto al gruppo OL ($P < 0,01$). Al contrario, il muscolo *Semimembranosus*, non ha subito variazioni statisticamente significative in seguito a cottura in accordo anche con quanto riportato nel lavoro di Caputi Jambrenghi et al. (31). Il diverso comportamento dei muscoli alla cottura può essere correlato con il valore di pH del muscolo (32, 33).

La cottura ha inoltre modificato in maniera statisticamente significativa ($P < 0,01$) la tenerezza dei

Tabella 5 - Calo cottura (%) dei campioni di carne dei muscoli *Longissimus lumborum* e *Semimembranosus*

	Diete			DSE GL=30
	Controllo	LE	OL	
<i>Longissimus lumborum</i>	37,22b	41,71Aa	34,39B	4,733
<i>Semimembranosus</i>	41,30	40,68	40,57	4,167

A, B: $P < 0,01$; a, b: $P < 0,05$

campioni di carne per entrambi i muscoli oggetto di studio indipendentemente dalla dieta somministrata (Tab. 6). La tenerezza è reputata una qualità predominante nonché una delle più importanti caratteristiche organolettiche della carne (34). I principali fattori che la influenzano sono il collagene, la proteina muscolare e il tasso di deposizione del grasso (35). I livelli di collagene e i relativi legami incrociati che caratterizzano la carne, sono stati associati alla qualità della stessa ed tenerezza (35-37). Young e Braggins (38) dimostrano che negli ovini la solubilità del collagene diminuiva con l'età, ma che la sua concentrazione restava invariata dai 4 mesi di vita fino ai 5 anni. Pertanto, in agnelli

più giovani di 4 mesi è plausibile che le modificazioni subite dal collagene possano influenzare la tenerezza della carne. Anche differenze nella proporzione di grasso e nel tasso di refrigerazione dei tessuti muscolari possono pregiudicare la tenerezza (39-41), ma tale condizione non si è verificata nell'esperimento condotto dal momento che il tasso di refrigerazione è stato lo stesso per i tre gruppi.

Composizione chimica e acidica

La dieta non ha influenzato in maniera statisticamente significativa il contenuto in proteine, estratto etereo e ceneri nei campioni crudi del muscolo *Longissimus lumborum* (Tab. 7), in accordo

Tabella 6 - Analisi reologica di campioni di carne crudi e cotti dei muscoli *Longissimus lumborum* e *Semimembranosus*

WBS (kg/cm ²)	Diete						DSE GL=120	Livelli di significatività (P)		
	Controllo		LE		OL			D	C	D x C
	Crudo	Cotto	Crudo	Cotto	Crudo	Cotto				
<i>Longissimus lumborum</i>	2,28	3,33	2,42	3,48	2,14	2,84	0,823	<0,01	<0,001	ns
<i>Semimembranosus</i>	2,38	3,86	2,46	3,84	1,91	3,52	0,823	<0,01	<0,001	ns

anche con quanto riportato da Costa et al. (42). La cottura ha fatto registrare un contenuto di sostanza secca significativamente superiore ($P<0,01$) nel gruppo LE rispetto ai gruppi OL e Controllo. Infatti, il gruppo OL cotto ha presentato un valore di sostanza secca significativamente più basso, presumibilmente legato ad una minore concentrazione di estratto etereo. Per quanto attiene al profilo acidico delle carni, l'alimentazione con lino estruso ha determinato nel muscolo *Longissimus lumborum* un contenuto in acido α -linolenico (C18:3 ω 3) significativamente più alto ($P<0,01$) rispetto all'impiego dell'olio di lino ed alla dieta controllo, sia nei campioni crudi (1,48 vs 1,16 vs 0,79%) che in quelli cotti (1,11 vs 0,78 vs 0,48%).

Sebbene in maniera lieve, anche il contenuto in CLA risulta maggiore in corrispondenza della dieta contenente lino estruso. In letteratura è stato documentato che l'utilizzo di semi estrusi per la grassatura delle diete può incrementare la concentrazione di CLA nel muscolo (43, 44).

Complessivamente, le diete sperimentali hanno influenzato favorevolmente il contenuto in acidi grassi ω 3 ed il rapporto ω 6/ ω 3 sia nei campioni crudi che in quelli cotti. Nei campioni crudi, le diete LE ed OL hanno fatto registrare un contenuto in acidi grassi ω significativamente più alto rispetto

al gruppo controllo (2,22 e 1,95 vs 1,59%; $P<0,01$). Nei campioni cotti del gruppo LE è stato riscontrato il massimo contenuto in acidi grassi ω 3 (1,48%), più alto rispetto al gruppo OL (1,25%, $P<0,05$) ma soprattutto rispetto al controllo (0,92%, $P<0,01$). Di conseguenza, nei campioni crudi il rapporto ω 6/ ω 3 è risultato più favorevole nei gruppi sperimentali rispetto al Controllo (2,31 e 2,54 vs 3,66, rispettivamente LE ed OL vs C, $P<0,01$). Nei campioni cotti del gruppo Controllo è stato registrato il rapporto più alto ω 6/ ω 3 (4,38), eccedente il valore di 4 consigliato per la tutela della salute umana (3). Tale valore è risultato significativamente superiore a quello ottenuto per il gruppo OL (3,36, $P<0,05$) e ancor più rispetto al gruppo LE (2,92, $P<0,01$). Questo è in sostanziale accordo con quanto riportato in letteratura da Berge et al. (45) secondo cui le diete con semi di lino possono influenzare la deposizione di maggiori quantità di ω 3 nel muscolo oltre che influenzare la tenerezza della carne.

In tabella 8 è riportata la composizione chimica ed acidica dei campioni del muscolo *Semimembranosus* prima e dopo cottura. Non sono emerse differenze di rilievo tra le diete a confronto per quanto riguarda la composizione chimica dei campioni né prima né dopo cottura. Il contenuto muscolare in

acido α -linolenico (C18:3 ω 3) ricomincia fondamentalmente quanto osservato per il muscolo *Longissimus lumborum*. La dieta contenente lino estruso ha fornito i risultati più soddisfacenti nei campioni crudi (1,47%), con differenze significative ($P<0,01$) rispetto al gruppo OL (1,06%); inoltre, entrambi i gruppi sperimentali hanno determinato un contenuto in acido α -linolenico significativamente più alto ($P<0,01$) rispetto al Controllo (0,68%). Nei campioni cotti, invece, pur rimanendo altamente significativa la differenza tra i gruppi LE e C (1,06 vs 0,68%, $P<0,01$), si è ridotta la differenza tra i due gruppi sperimentali (1,06 vs 0,87%, $P<0,05$). Il contenuto in acidi grassi ω 3 nei campioni crudi è risultato comparabile tra le diete sperimentali (2,63-2,41%, rispettivamente per LE ed OL) ma significativamente superiore rispetto alla dieta controllo (1,69%, $P<0,01$). Il trend nei campioni cotti è risultato simile, infatti i gruppi LE ed OL hanno fatto registrare un contenuto in ω 3 pari a 1,44%, marcatamente superiore rispetto al Controllo (1,03%, $P<0,05$). Di conseguenza, il rapporto ω 6/ ω 3 è risultato significativamente più alto ($P<0,01$) nel gruppo Controllo rispetto ai due gruppi sperimentali, sia nei campioni crudi che in quelli cotti. Da un'analisi comparata dei due muscoli studiati è emerso che gli

Tabella 7 - Composizione chimica e acidica dei campioni crudi e cotti del muscolo *Longissimus lumborum*

	Dieta						DSE GL=120	Livelli di significatività (P)		
	Controllo		LE		OL			D	C	D x C
	Crudo	Cotto	Crudo	Cotto	Crudo	Cotto				
<i>Composizione chimica</i>										
SS stq	26,74	38,68B	26,17	44,42A	26,90	37,66B	3,36	ns	<0,001	<0,01
PG	76,19	80,75	77,70	80,87	76,79	81,77	2,41	ns	<0,001	ns
EE	13,58	11,24	13,19	10,89	13,44	9,11	2,87	ns	<0,001	ns
<i>Composizione acidica</i>										
C10:0	0,18	0,17	0,17	0,22	0,15	0,20	0,076	<0,01	<0,001	ns
C14:0	3,11	2,86	3,31	3,47	3,39	3,29	0,837	<0,001	ns	ns
C16:0	22,72	24,46	22,89	24,68	22,63	24,44	1,921	ns	<0,001	ns
C17:0	1,03B	1,04	1,18A	1,05	1,11	1,11	0,112	<0,001	ns	ns
C17:1	0,43A	0,41b	0,34B	0,42	0,46A	0,48a	0,063	<0,001	ns	ns
C18:0	16,54b	17,28	18,48a	17,27	17,7	17,17	2,048	ns	ns	ns
C18:1cis	33,61	31,33	32,39	33,87	34,07	32,1	4,664	ns	ns	ns
C18:2ω6cis	5,43Aa	3,55	4,34B	3,68	4,63b	3,56	0,773	ns	ns	ns
C18:3ω6	0,10B	0,10b	0,37Aa	0,24a	0,14b	0,13	0,152	<0,001	ns	ns
C18:3ω3	0,79C	0,48C	1,48A	1,11A	1,16B	0,78B	0,224	<0,001	<0,001	ns
CLA	0,61	0,58	0,75	0,61	0,68	0,51	0,200	ns	<0,001	ns
C20:3ω6	0,06	0,02	0,04	0,00	0,04	0,02	0,024	<0,001	<0,001	ns
C20:5ω3	0,05b	0,05	0,09a	0,04	0,07	0,05	0,035	<0,001	<0,001	<0,001
C22:5ω3	0,17	0,06	0,18	0,10	0,18	0,09	0,075	<0,01	<0,001	ns
C22:6ω3	0,01	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,026	<0,01	<0,001	ns
Altri	9,80	13,04a	9,46	8,78b	8,79	11,33a	4,711	ns	ns	ns
SFA	49,48	54,57	51,79	52,03	50,4	54,06	4,649	ns	<0,001	ns
MUFA	41,55	39,32	39,33	41,07	41,19	39,32	4,652	ns	ns	ns
PUFA	8,97	6,11	8,89	6,91	8,42	6,62	1,278	ns	<0,001	ns
ω3	1,59B	0,92B	2,22A	1,48Aa	1,95A	1,25Bb	0,408	<0,001	<0,001	ns
ω6	5,80a	3,88	4,94b	4,15	4,95b	3,95	0,843	<0,01	<0,001	ns
ω6/ω3	3,66A	4,38Aa	2,31B	2,92B	2,54B	3,36b	0,872	<0,001	<0,001	ns
AI	0,79	1,09	0,85	0,91	0,82	1,15	0,394	ns	<0,01	ns
TI	1,60	1,99	1,65	1,78	1,60	2,06	0,359	ns	0,001	ns
PCL/PCE	1,05	0,83	1,00	0,89	1,03	0,85	0,148	ns	<0,001	ns

Differenze tra diete per il crudo o per il cotto: A, B, C: $P < 0,01$; a, b: $P < 0,05$; ns: non significativo

acidi oleico (C18:1 cis), palmitico (C16:0) e stearico (C18:0) siano i più abbondanti, a prescindere dalla dieta e dalla cottura. Questa evidenza è in sostanziale accordo con altri lavori presenti in letteratura in cui si conferma che l'acido oleico (C18:1 cis) risulta essere sempre il più abbondante acido grasso

presente nei depositi adiposi dei muscoli *Longissimus lumborum* e *Semimembranosus* seguito dal palmitico (C16:0) e dallo stearico (C18:0) (46-49).

È stato constatato che la proporzione in acidi grassi a lunga catena tende ad aumentare in funzione dell'integrazione della dieta con

grassi (50). Questo fenomeno è stato frequentemente osservato anche nel profilo acidico del latte di vacche cui sono state somministrate diete integrate con grassi. Dallo studio emerge che il profilo acidico dei due muscoli, relativamente ai principali acidi grassi a lunga catena appartenenti alla serie degli ω3,

Tabella 8 - Composizione chimica e acidica dei campioni crudi e cotti del muscolo *Semimembranosus*

	Dieta						DSE GL=120	Livelli di significatività (P)		
	Controllo		LE		OL			D	C	D x C
	Crudo	Cotto	Crudo	Cotto	Crudo	Cotto				
<i>Composizione chimica</i>										
SS stq	27,45	40,72	25,72	39,57	26,54	42,00	3,36	ns	<0,001	<0,01
PG	78,47	79,90	78,79	80,92	79,78	81,13	2,41	ns	<0,001	ns
EE	12,50	9,55	12,22	10,02	10,95	9,73	2,87	ns	<0,001	ns
<i>Composizione acidica</i>										
C10:0	0,16	0,17B	0,2	0,26A	0,14	0,20	0,076	<0,01	<0,001	ns
C14:0	3,52	3,30B	4,06	4,43A	3,39	3,90	0,837	<0,001	ns	ns
C16:0	23,27	24,43b	23,38	26,35a	22,28	24,30	1,921	ns	<0,001	ns
C17:0	1,00	0,99b	1,03	1,04	1,07	1,11a	0,112	<0,001	ns	ns
C17:1	0,46b	0,46b	0,43	0,45a	0,52a	0,53a	0,063	<0,001	ns	ns
C18:0	15,69	15,55	16,49	15,96	16,29	16,02	2,048	ns	ns	ns
C18:1cis	33,34	34,61	33,12	33,49	35,27	35,31	4,664	ns	ns	ns
C18:2ω6cis	5,63a	4,38a	4,79b	3,60b	5,21	4,02	0,773	ns	ns	ns
C18:3ω6	0,10	0,10	0,23	0,19	0,14	0,13	0,152	<0,001	ns	ns
C18:3ω3	0,68C	0,53B	1,47A	1,06Aa	1,10B	0,87Bb	0,224	<0,001	<0,001	ns
CLA	0,97	0,64	0,82	0,53	0,89	0,63	0,200	ns	<0,001	ns
C20:3ω6	0,06	0,03a	0,05B	0,01Bb	0,08A	0,04A	0,024	<0,001	<0,001	ns
C20:5ω3	0,07B	0,03b	0,15A	0,04	0,13A	0,06a	0,035	<0,001	<0,001	<0,001
C22:5ω3	0,21b	0,09	0,27a	0,09	0,28a	0,14	0,075	<0,01	<0,001	ns
C22:6ω3	0,04b	0,00	0,05	0,01	0,06a	0,02	0,026	<0,01	<0,001	ns
Altri	9,70	9,92	8,40	8,05	8,09	7,74	4,711	ns	ns	ns
SFA	49,31	50,39	50,35	53,23	47,91	50,44	4,649	ns	<0,001	ns
MUFA	40,96	42,45	39,91 4	0,15	42,17	42,37	4,652	ns	ns	ns
PUFA	9,73	7,16	8,42	6,62	9,91	7,18	1,278	ns	<0,001	ns
ω3	1,69B	1,03b	2,63A	1,44a	2,41A	1,44a	0,408	<0,001	<0,001	ns
ω6	6,02a	4,70	5,28b	4,00	5,68	4,47	0,843	<0,01	<0,001	ns
ω6/ω3	3,79A	4,81A	2,04B	2,89B	2,38B	3,32B	0,872	<0,001	<0,001	ns
AI	0,85	0,87	0,91	1,06	0,77	0,90	0,394	ns	<0,01	ns
TI	1,60	1,76	1,52	1,88	1,41	1,69	0,359	ns	0,001	ns
PCL/PCE	1,01	0,92	1,00	0,81	1,10	0,92	0,148	ns	<0,001	ns

Differenze tra diete per il crudo o per il cotto: A, B, C: $P < 0,01$; a, b: $P < 0,05$; ns: non significativo

migliora significativamente con l'aggiunta nella dieta di semi di lino estrusi (LE) ed olio di lino (OL) rispetto alla dieta Controllo. Bas e Morand-Fehr (51) hanno studiato gli effetti dei fattori nutrizionali sulla composizione in acidi grassi dei tessuti adiposi e dei muscoli negli agnelli. Essi hanno

riportato che la quantità e la composizione lipidica della dieta può avere influenza sulla composizione in acidi grassi dei muscoli e tessuti degli agnelli in relazione alla natura, fibrosità e composizione chimica complessiva della dieta. Le diete caratterizzate dalla presenza di lino, sia in forma estrusa che

come olio, hanno influito positivamente sul profilo acidico dei muscoli oggetto di studio.

Wachira et al. (43) hanno osservato che la somministrazione agli agnelli di alimenti a base semi di lino determinava da un lato un incremento dei livelli di DPA e DHA ma, d'altro canto, una ridu-

zione degli acidi grassi C20:3 ω 3 e C20:4 ω 6, suggerendo una forma di competizione tra questi due acidi grassi per l'enzima Δ 6 desaturasi. Questa tendenza è stata confermata dallo studio condotto da Berthelot et al. (52).

In questa ricerca le diete non sembrano aver influenzato il contenuto in CLA né nel muscolo *Longissimus lumborum* né nel *Semimembranosus*. Il processo di cottura, peraltro, ha provocato una diminuzione del contenuto in CLA, in entrambi i muscoli. Tale evidenza è in sostanziale accordo con quanto riscontrato già da Caputi Jambrenghi et al. (53) in campioni di *Longissimus lumborum* ottenuti da agnelli di razza Gentile di Puglia. Inoltre, dieta e cottura dei campioni non hanno influenzato significativamente il valore dietetico delle carni come evidenziato dagli indici di aterogenicità, di trombogenicità e dal rapporto PCL/PCE in entrambi i muscoli studiati (Tabb. 7 e 8).

La valutazione degli effetti della cottura sulle caratteristiche qualitative quali tenerezza, composizione chimica e profilo acidico è importante in quanto fornisce indicazioni sul prodotto carneo così come è realmente consumato nella dieta. È noto che il processo di cottura, a seconda della temperatura alla quale viene effettuata, provoca la fusione di lipidi, degradazione ossidativa, denaturazione

delle proteine e pirolisi; in tal modo il valore nutrizionale della carne e la formazione di prodotti di ossidazione potrebbero avere effetti biologici nocivi (54). La traslocazione dei lipidi si verifica conseguentemente alla fusione, determinando la produzione di un film di grasso sulla superficie che impedisce alla carne di andare incontro alla carbonizzazione. La fusione dei grassi e la traslocazione possono causare il rilascio di grasso nel succo di cottura e quindi la concentrazione dei sapori sviluppati dall'ossidazione dei lipidi stessi (55).

Conclusioni

Le diete sperimentali somministrate agli agnelli in accrescimento non hanno modificato significativamente le caratteristiche quantitative delle carcasse. Relativamente alle indagini condotte sui muscoli della lombata (*Longissimus lumborum*) e della coscia (*Semimembranosus*) sono invece emersi risultati interessanti nei gruppi sperimentali, soprattutto riguardo agli aspetti qualitativi della carne. Le diete sperimentali contenenti lino estruso ed olio di lino hanno complessivamente migliorato le caratteristiche della carne relativamente alla composizione chimica, alla tenerezza ed al profilo acidico. In particolare, il lino in forma

estrusa sembra avere un ruolo determinante nel miglioramento delle caratteristiche della carne di agnello soprattutto per quanto attiene all'apporto in acidi grassi ω 3, presumibilmente a causa del maggiore by-pass ruminale dei semi estrusi rispetto all'olio. Le diete sperimentali hanno fatto emergere un incremento del contenuto in acido α -linolenico per entrambi i muscoli *Longissimus lumborum* e *Semimembranosus* e migliorato significativamente i rapporti ω 6/ ω 3 che sono risultati sempre inferiori a 4 e, quindi, ottimali per la nutrizione dell'uomo.

Bibliografia

1. Bas P, Berthelot V, Pottier E, Normand J. Effect of level of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on trans fatty acids. *Meat Science* 2007; 77: 678-88.
2. Scollan N, Hocquette JF, Nurenberg K, Dannenberger D, Richardson I, Moloney A. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science* 2006; 74: 17-33.
3. Simopoulos AP. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International* 2004; 20: 77-90.
4. Caputi Jambrenghi A, Colonna MA, Giannico F, Coluccia A, Crocco D, Vonghia G. Meat quality in suckling kids reared by different production systems. *Progress in Nutrition* 2009; 11 (1): 36-46.
5. Matthews KR, Homer DB, Thies F, Calder PC. Effect of whole linseed (*Li-*

- num usitatissimum*) in the diet of finishing pigs on growth performance and on the quality and fatty acid composition of various tissues. *British Journal of Nutrition* 2000; 83 (6): 637-43.
6. Barton L, Marounek M, Kudrna V, Bures D, Zahra R. Growth performance and fatty acid profiles of intramuscular and subcutaneous fat from Limousin and Charolais heifers fed extruded linseed. *Meat Science* 2007; 76: 517-23.
 7. Choi NJ, Enser M, Wood JD, Scollan N. Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue in dietary n-3 polyunsaturated fatty acid. *Animal Science* 2000; 71: 509-19.
 8. Mele M, Serra A, Conte G, Pollicardo A, Del Viva M, Secchiari P. Whole extruded linseed in the diet of dairy ewes during early lactation: effect on the fatty acid composition of milk and cheese. *Italian Journal of Animal Science* 2007; 6 (1): 560-2.
 9. Pezzi P, Gianmarco M, Vignola G, Brogna N. Effect of extruded linseed dietary supplementation on milk yield, milk quality and lipid metabolism of dairy cows. *Italian Journal of Animal Science* 2007; 6 (1): 333-5.
 10. Jerónimo E, Alves S, Prates J, Santos-Silva J, Bessa R. Effect of dietary replacement of sunflower oil with linseed oil on intramuscular fatty acids of lamb meat. *Meat Science* 2009; 83: 499-505.
 11. Vatanever L, Kurt E, Enser M, et al. Shelf life and eating quality of beef from cattle of different breeds given diets differing in n-3 polyunsaturated fatty acids composition. *Animal Science* 2000; 71: 471-82.
 12. Scollan N, Choi N, Kurt E, Fisher A, Enser M, Wood J. Manipulating the fatty acid composition of muscles and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition* 2001; 85: 115-24.
 13. Caputi Jambrenghi A, Giannico F, Favia R, et al. Dietary linseed oil in lamb production. Productive performances and carcass and meat quality. *Book of Abstracts of the 55th Annual Meeting EAAP* 2004; 10: 122.
 14. Cianci D, Castellana E, Ciani E. La qualità delle produzioni le razze autoctone quale fonte di alimenti funzionali e di prodotti tipici. La valorizzazione delle razze autoctone dell'Italia meridionale continentale. *Atti degli incontri*. Mario Adda Editore, Bari, 2008.
 15. Caputi Jambrenghi A, Giannico F, Colonna MA, et al. G. Gli alimenti fioccati per gli animali in produzione zootecnica. Gli alimenti biocompatibili per il miglioramento del benessere animale e della qualità delle produzioni zootecniche. *Atti del Convegno*. Stilo Editrice - Bari, 2007.
 16. Castellana E. L'allevamento ovino dell'Italia meridionale e continentale. In: *La valorizzazione delle razze ovine autoctone dell'Italia meridionale continentale*. Mario Adda Editore - Bari, 2008.
 17. Morgante M, Leonarduzzi R, Piasentier E, Pittia P, Valusso R. Qualità della carne dell'agnello istriano. *ERSA* 2002; 5: 51-4.
 18. Castro T, Manso T, Mantecon AR, Guirao J, Jimeno V. Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements. *Meat Science* 2005; 69: 757-64.
 19. Bas P, Morand Fehr P. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposition. *Livestock Production Science* 2000; 64: 61-79.
 20. ASPA. Associazione Scientifica per la Produzione Animale - La stima del valore nutritivo degli alimenti: metodi classici e concezioni moderne. ISMEA, Roma, 1983.
 21. ASPA. Associazione Scientifica per la Produzione Animale - Commissione di studio valutazione della produzione quanti-qualitativa della carne. Metodiche relative alla macellazione degli animali di interesse zootecnico e alla valutazione di dissezione della loro carcassa. ISMEA, Roma, 1991.
 22. ASPA. Associazione Scientifica per la Produzione Animale - Commissione di studio valutazione della produzione quanti-qualitativa della carne. Metodiche per la determinazione delle caratteristiche qualitative della carne. Università degli Studi di Perugia, 1996.
 23. Ulbricht TL, Southgate DA. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet* 1991; 338: 985-92.
 24. Reiser R, Shorland FB. Meat fats and fatty acids. In Pearson AM, Dutson TR (eds): *Meat and Health*. Advances in meat research. Elsevier Science Publishers Ltd 1990; 6: 21-62.
 25. SAS (2000) SAS/STAT™. Guide for personal computers, version 8.1, Ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 26. Vestergaard M, Oksbjerg N, Henckel P. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of Semitendinosus, Longissimus dorsi and Supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science* 2000; 54: 177-85.
 27. Purchas RW. On farm factors affecting meat quality characteristics. In Purchas RW, Bulter-Hogg BW, Davies AS: *Meat Production and Processing*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication 1989; 11.
 28. Ponnampalam EN, Dixon RM, Hosking BJ, Egan AR. Intake, growth and carcass characteristics of lambs consuming low digestible hay and cereal grain. *Animal Feed Science and Technology* 2004; 114: 31-41.
 29. Realini CE, Duckett SK, Brito GW, Dalla Rizza M, De Mattos D. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science* 2004; 66: 567-77.
 30. Hedrick HB, Paterson SA, Matches AG, Thomas JD, Marrow RE, Strin-

- ger WC. Carcass and palatability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn grain. *Journal of Animal Science* 1983; 57: 791-801.
31. Caputi Jambrenghi A, Colonna MA, Giannico F, Coluccia A, Crocco D, Vonghia G. Meat quality in suckling kids reared by different production system. *Progress in Nutrition* 2009; 11 (1): 36-46.
32. Lawrie RA. *Meat Science*. Pergamon Press, London, 1966.
33. Bouton PE, Harris PV, Shorthose WR. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. *Journal of Food Science* 1971; 36: 435-9.
34. Koohmaraie M, Whipple G, Crouse L. Acceleration of post mortem tenderization in lamb and Brahman-cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. *Journal of Animal Science* 1990; 68: 1278-83.
35. Koohmaraie M. Role of the neutral proteinases in post mortem muscle protein degradation and meat tenderness. *Reciprocal Meat Conference Proceedings* 1992; 45: 63-71.
36. Bailey AJ. The role of collagen in the development of muscle and its relationship to eating quality. *Journal of Animal Science* 1985; 73: 2717-20.
37. Miller LF, Judge MD, Diekeman MA, Hudgens RE, Aberle ED. Relationship among intramuscular collagen, serum hydroxyproline and serum testosterone in growing rams and wethers. *Journal of Animal Science* 1989; 67: 698-703.
38. Young OA, Braggins TJ. Tenderness of ovine Semimembranosus: is collagen concentration or solubility the critical factor? *Meat Science* 1993; 35: 213-22.
39. Kemp JD, Johnson AE, Stewart DF, Ely DG, Fox JD. Effect of dietary protein, slaughter weight and sex on carcass composition, organoleptic properties and cooking losses of lamb. *Journal of Animal Science* 1976; 42: 575-83.
40. Kemp JD, Shelley JM, Ely DG, Moody WG. Effects of castration and slaughter weight on fatness, cooking losses and palatability of lamb. *Journal of Animal Science* 1972; 34: 560-2.
41. Johnson MH, Bidner TD, McMillin KW, Dugas SM, Hembry FG. The effect of three temperature conditioning treatments and subcutaneous fat removal on lamb quality. *Journal of Animal Science* 1989; 67: 2309-15.
42. Costa R, Batista A, Madruga M, et al. Physical and chemical characterization of lamb meat from different genotypes submitted to diet with different fibre contents. *Small Ruminant Research* 2009; 81 (1): 29-34.
43. Wachira AM, Sinclair LA, Wilkinson RG, Enser M, Wood JD, Fisher AV. Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. *British Journal of Nutrition* 2002; 88: 697-709.
44. Schmid A, Collomb M, Sieber R, Bee G. Conjugated linoleic acid in meat and meat product: a review. *Meat Science* 2006; 73: 29-41.
45. Berge P, Culioli J, Renner M, Touraille C, Micol D, Geay Y. Effect of feed protein on carcass composition and meat quality in steers. *Meat Science* 1993; 35: 79-92.
46. Solomon MB, Lynch GP, Ono K, Paroczay E. Lipid composition of adipose tissue from crossbred ram, wether and cryptorchid lambs. *Journal of Animal Science* 1990; 68: 137-42.
47. Marsico G, Ciruzzi B, Vonghia G, Pinto F, Vicenti A, Laudadio V. Effetto dell'olio di cartamo sulle performance, sulla composizione chimica della carne e su quella acidica del grasso di agnelli di genotipo diverso. *Zootecnica e Nutrizione Animale* 1995; 21: 345-57.
48. Russo C, Preziuso G, Casarosa L, Campodoni G, Cianci D. Effect of diet energy source on the chemical-physical characteristics of meat and depot fat of lambs carcasses. *Small Ruminant Research* 1999; 33: 77-85.
49. Velasco S, Caneque V, Lauzurica S, Perez C, Huidrobo F. Effect of different feeds on meat quality and fatty acid composition of lamb fattened at pasture. *Meat Science* 2004; 66: 457-65.
50. Castro T, Manso T, Mantecon AR, Guirao J, Jimeno V. Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs diets containing palm oil supplements. *Meat Science* 2005; 69: 757-64.
51. Bas P, Morand-Fehr P. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposit. *Livestock Production Science* 2000; 64: 61-79.
52. Berthelot V, Bas P, Schmidely P. Utilization of linseed to modify fatty composition of intensively-reared lamb meat: effect of associated cereals (wheat vs corn) and linoleic acid content of the diet. *Meat Science* 2010; 84: 114-24.
53. Caputi Jambrenghi A, Giannico F, Sanapo S, et al. Effect of dietary linseed oil on fatty acid composition of lamb meat. 50th Congress of Meat Science and Technology; Helsinki, Finland, 2004.
54. Rodriguez Estrada MT, Penazzi G, Caboni MF, Bertacco G, Lercker G. Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers. *Meat Science* 1997; 45: 365-75.
55. Jeremiah LE, Tong AKW, Gibson LL. Hot processing and elevated temperature conditioning influences on lamb cooking properties, palatability attributes, and consumer acceptance. *Food Research International* 1997; 30: 45-53.