

# EFFECT OF SEX AND FAT DEPOT LOCATION ON FAT COMPOSITION OF RASA ARAGONESA LAMBS

## EFEECTO DEL SEXO Y DEL DEPÓSITO GRASO EN LA COMPOSICIÓN DE LA GRASA DE LOS CORDEROS DE RAZA RASA ARAGONESA

Alberto Horcada-Ibáñez<sup>1\*</sup>, María J. Beriain-Apestequíu<sup>2</sup>, Guadalupe Lizaso-Tirapu<sup>2</sup>, Kizkitza Insausti-Barrenetxea<sup>2</sup>, Antonio Purroy-Unanua<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola, Universidad de Sevilla, Carretera Utrera Km. 1. 41013. Sevilla, Spain (albertohi@us.es). <sup>2</sup>Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadía. 31006. Pamplona, Spain.

### ABSTRACT

The quality of lamb fat is important in sheep carcass markets because it affects the degree of acceptance by consumers. In Spain, consumption of beef and lamb is important and young lambs are highly valued. In addition, the precocity of the female determines slaughter at younger ages than males, to avoid excessive fat. Therefore, the effect of sex and fat depot location (omental, mesenteric, kidney knob, subcutaneous, intermuscular and intramuscular) on the fatty acid composition in 30 Rasa Aragonesa lambs (15 males and 15 females) of 24 kg live weight and three months of age, were studied. Oleic, palmitic and stearic fatty acids were the main fatty acids making up the fat in all the fat depots from lambs. There were no significant differences ( $p > 0.05$ ) in the fat composition between male and female lambs, even though females had significantly more fat than males in all the fat depots considered ( $p \leq 0.05$ ). Criteria associated with sex did not affect the composition of fat. Ratio of fatty acids n-6/n-3 values were in the range of recommended average values ( $< 4$ ), except for intramuscular fat, where values marginally higher were observed (5.5). The internal (omental, mesenteric and kidney knob) fat depots contained more saturated fatty acids than the edibles depots (subcutaneous, intermuscular and intramuscular) ( $p \leq 0.05$ ). Consequently, the internal fat depot was firmer than fat from the surface of the carcass. Fatty acid of intramuscular fat depot had the highest content of PUFA of all fat deposits studied.

**Key words:** Fat depot, fatty acid, lamb, Rasa Aragonesa breed, sex.

### RESUMEN

La calidad de la grasa de cordero es importante en los mercados de canales ovinas porque afecta al grado de aceptación de los consumidores. En España, el consumo de carne de res y cordero es importante, y los corderos jóvenes son muy valorados. Además, la precocidad de las hembras determina su sacrificio a edades más tempranas que los machos para evitar su excesivo engrasamiento. Por tanto, se estudiaron el efecto del sexo y del depósito de grasa (omental, mesentérica, pelvicorrenal, subcutánea, intermuscular e intramuscular) sobre la composición de ácidos grasos en 30 corderos de raza Rasa Aragonesa (15 machos y 15 hembras) de 24 kg de peso vivo y tres meses de edad. Los principales ácidos grasos que componen la grasa en todos los depósitos de grasa de los corderos fueron los ácidos oleico, palmítico y esteárico. No hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la composición de la grasa entre los corderos machos y hembras, a pesar de que las hembras presentaron significativamente más grasa que los machos en todos los depósitos considerados ( $p \leq 0.05$ ). Los criterios asociados con el sexo no afectaron a la composición de la grasa. La relación de ácidos grasos n-6/n-3 se encontró en el rango de los valores promedio recomendados ( $< 4$ ), excepto la grasa intramuscular, donde se observaron valores más altos (5.5). Los depósitos de grasa interna (omental, mesentérica y pelvicorrenal) mostraron más ácidos grasos saturados que los depósitos comestibles (subcutáneo, intermuscular e intramuscular) ( $p \leq 0.05$ ). En consecuencia, el depósito de grasa interna presentó grasa más firme que el de la superficie de la canal. Los ácidos grasos del depósito intramuscular presentó el contenido más alto de ácidos grasos poliinsaturados de todos los depósitos de grasa estudiados.

**Palabras clave:** Depósito de grasa, ácido graso, cordero, Rasa Aragonesa, sexo.

\*Author for correspondence ❖ Autor responsable.

Received: August, 2008. Approved: May, 2009.

Published as ARTICLE in *Agrociencia* 43: 803-813. 2009.

## INTRODUCTION

Quantity and composition of fat influence both carcass and lamb meat quality (Pérez *et al.*, 2002). The firmness of fat varies according to unsaturated fatty acid (UFA) and saturated fatty acid (SFA) content. Also, high proportions of UFA decrease directly the fat melting point (Berthelot *et al.*, 2001) causing, at the same time, the fat to spoil and turn rancid more readily (Wood, 1984). In contrast, the structure of the SFA helps make the fat firmer. This is particularly important in the case of the subcutaneous fat, because firm covering fat helps preserve the carcasses during cold storage and aging (Wood *et al.*, 2004). Besides, consumers reject fats with high SFA content, because human consumption of these fatty acids is associated with the incidence and onset of cardiovascular diseases (Napolitano *et al.*, 2002).

Several studies have corroborated the notion that a range of factors, including animal breed, age, sex and weight at slaughter, diet, carcass fatness, etc., affects the properties of fat (Wood *et al.*, 2004; Juárez *et al.*, 2007). The fat in the intramuscular, intermuscular and subcutaneous depots greatly affects meat quality because these fat depots contribute to aroma development and to meat juiciness during cooking (Wood, 1984). Commercial terms designed to optimize the fat content of lambs include slaughtering females at an earlier age than males to prevent the carcasses from accumulating excessive amounts of fat because excess fat is the reason suspected for rejection by the Mediterranean consumer.

Under these circumstances, in Spain there is a typical system of lamb production, according to final purpose. Rasa Aragonesa breed is raised for lamb production purposes, and they are popular with Spanish consumers on account of their quality: they are sold under the “Ternasco de Aragón” Protected Geographic Indication label. “Ternasco de Aragón” lambs are slaughtered at 22-24 kg live weight and carcass weight of 11-12 kg, around 90 d after birth. These lambs remain with the mother for approximately one and a half months and consume exclusively mother’s milk. After weaning, the lambs are given concentrate food and straw cereal *ad libitum* until slaughter.

The objective of the present study was to quantify the influence of sex and fat location on the fat

## INTRODUCCIÓN

La cantidad y composición de la grasa influye en la calidad de la canal y de la carne de cordero (Pérez *et al.*, 2002). La firmeza de la grasa varía en función del contenido de ácidos grasos insaturados (AGI) y ácidos grasos saturados (AGS). Además, una gran proporción de AGI disminuye directamente el punto de fusión de la grasa (Berthelot *et al.*, 2001) causando, al mismo tiempo, que ésta se enrancie más fácilmente (Wood, 1984). Por el contrario, la estructura de AGS contribuye a que la grasa sea más firme. Esto es particularmente importante en el caso de la grasa subcutánea, porque la grasa firme de recubrimiento ayuda a conservar las canales durante el almacenamiento y refrigeración (Wood *et al.*, 2004). Además, los consumidores rechazan las grasas con un alto contenido de AGS porque su consumo está asociado con la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Napolitano *et al.*, 2002).

Varios estudios han corroborado la idea de que varios factores, incluyendo la raza del animal, edad, sexo y peso al sacrificarse, dieta, grasa de la canal, etc., afectan a las propiedades de la grasa (Wood *et al.*, 2004; Juárez *et al.*, 2007). La grasa de los depósitos intramuscular, intermuscular y subcutáneo afecta en gran medida a la calidad de la carne, porque estos depósitos contribuyen al desarrollo del aroma y jugosidad de la carne durante su cocción (Wood, 1984). Los términos comerciales designados para optimar el contenido de grasa de corderos incluyen el sacrificio de las hembras a edades más tempranas que los machos, para prevenir la acumulación de grasa excesiva en la canal, ya que el exceso de grasa es motivo de rechazo de la carne por el consumidor del área Mediterránea.

En estas circunstancias, en España existe un típico sistema de producción de corderos, según su propósito final. La raza Rasa Aragonesa se cría para la producción de corderos y es popular entre los consumidores españoles por su calidad: se venden con la etiqueta de la Indicación Geográfica Protegida “Ternasco de Aragón”. Estos corderos se sacrifican hacia los 90 d de edad, con 22-24 kg de peso vivo y 11-12 kg de peso de canal. Estos corderos permanecen con su madre aproximadamente un mes y medio consumiendo exclusivamente leche materna. Después del destete, los corderos reciben alimento concentrado y cereal de paja *ad libitum* hasta el sacrificio.

composition in various fat depots of Rasa Aragonesa breed lambs slaughtered at commercial weight.

## MATERIALS AND METHODS

### Production system and sampling

Thirty single lambs (15 males and 15 females) of the Rasa Aragonesa breed were used; their mothers (30) grazed on similar native pastures and were fed the same commercial concentrate (14.00 % protein; 7.00 % fiber; 3.50 % total fat; 33.00 % starch; 1.80 % Ca; 0.30 % P) at the Technical Institute and Management of Ruminants in Navarre (North Spain) at 962.3 m above sea level and 120 mm average annual precipitation. After weaning, at 45-50 d of age, the lambs were fed *ad libitum* a concentrate diet (17.00 % protein; 5.10 % fiber; 4.00 % total fat; 39.00 % starch; 1.20 % Ca; 0.40 % P) and barley straw, until slaughter. A mineral vitamin supplement and water were available.

Male and female lambs were slaughtered at  $24.5 \pm 0.57$  and  $23.1 \pm 0.72$  kg live weight and  $89 \pm 8$  and  $91 \pm 7$  d of age. Fasting lambs were taken to a slaughterhouse certified by the European Union, and slaughtered in compliance with health and sanitary regulations. Carcasses were weighed 24 h after slaughter and their conformation score and carcass fatness were graded according to the European classification system laid down in EEC Regulation No. 461/93 (European Union, 1993), the EUROP conformation scale (converted to a 15 point scale) and the carcass fatness scale (converted to a 15 point scale). Back fat thickness was measured with callipers on the right and left half carcasses, cutting at a point located 4 cm equidistant from the backbone and the last rib.

Immediately after slaughter all dissectable adipose tissue in the omental (OM), mesenteric (MES) and kidney knob (KK) fat depots, was removed and weighed in the slaughterhouse at 10 °C. Additionally, adipose tissue samples were taken from the OM (midportion of the great *omentum*), MES (midportion of the *rectum*), KK (left kidney), subcutaneous (SC) [base of the tail], intermuscular (IN) [between the *sternum* and the *pectoral* muscle] and intramuscular (IM) [*longissimus dorsi pars lumborum* muscle]. The fat was homogenized and vacuum-packed and stored frozen at  $-30$  °C until analysis.

The IM fat from the *longissimus dorsi* muscle was extracted using quantitative lipid extraction with diethyl ether (Soxhlet method), and expressed as percentage of the total muscle weight.

### Preparation of fatty acids

The lipid content of all the fat depots was extracted according to the method described by Bligh and Dyer (1959)

El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia del sexo y de la ubicación de varios depósitos grasos sobre las características de la grasa de los corderos de raza Rasa Aragonesa sacrificados en su peso comercial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sistema de producción y muestreo

Se utilizaron treinta corderos (15 machos y 15 hembras) de la raza Rasa Aragonesa; sus madres (30) pastoreaban en pastos nativos similares y recibieron el mismo concentrado comercial (14.00 % proteína; 7.00 % fibra; 3.50 % grasa total; 33.00 % almidón; 1.80 % Ca; 0.30 % P) en el Instituto Técnico y de Gestión Ganadera S. A. en Navarra (Norte de España) a 962.3 m sobre el nivel del mar y con una precipitación media anual de 120 mm. Después del destete, a los 45-50 d de edad, los corderos fueron alimentados *ad libitum* con una dieta de concentrado (17.00 % proteínas; 5.10 % fibra; 4.00 % grasa total; 39.00 % de almidón; 1.20 % Ca; 0.40 % P) y paja de cebada, hasta el sacrificio. Estuvo disponible un suplemento de vitaminas, minerales y agua.

Los corderos machos y hembras se sacrificaron con  $24.5 \pm 0.57$  y  $23.1 \pm 0.72$  kg de peso vivo y  $89 \pm 8$  y  $91 \pm 7$  d de edad. Los corderos en ayuno fueron llevados a un matadero autorizado por la Unión Europea y sacrificados de acuerdo a la reglamentación sanitaria. Las canales se pesaron 24 h después del sacrificio y se clasificaron de acuerdo a la conformación y estado de engrasamiento con el sistema de clasificación europea establecida en el Reglamento CEE No. 461/93 (Unión Europea, 1993), con la escala de conformación EUROP (convertida a una escala de 15 puntos) y una escala para el estado de engrasamiento (convertida a una escala 15 puntos). El espesor de la grasa dorsal se midió con un calibrador en la media canal izquierda y derecha, cortando en un punto ubicado a 4 cm equidistante de la columna vertebral y la última costilla.

Inmediatamente después del sacrificio los tejidos adiposos omental (OM), mesentérico (MES) y pélvico renal (PVR) fueron extraídos y pesados en el matadero a 10 °C. Adicionalmente, se obtuvieron muestras de tejido OM (porción media del gran *omentum*), MES (porción media del *rectum*), PVR (riñón izquierdo), subcutáneo (SC) [base de la cola], intermuscular (IN) [entre el *sternum* y el músculo *pectoral*] e intramuscular (IM) [músculo *longissimus dorsi pars lumborum*]. Se homogenizó la grasa, se empaquetó al vacío y se almacenó en frío a  $-30$  °C hasta el análisis.

Se extrajo la grasa IM del músculo *longissimus dorsi* usando una extracción cuantitativa de lípidos con éter di-etilo (método Soxhlet) y expresado como porcentaje del peso muscular total.

with a mixture of chloroform and methanol (1:2) and CIK (0.88 % in water). Fatty acids methyl esters were obtained using a solution hexane and KOH in methanol (Eichhorn *et al.*, 1985). An amount of 200  $\mu\text{L}$  of internal standard (heneicosanoic acid, C21:0) was added to each vial. Fatty acid methyl esters were stored at  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  until chromatographic analysis.

### Chromatographic analysis

Fatty acid methyl esters were analyzed using a model HP 5890-II capillary gas chromatograph (Hewlett-Packard Company, USA) equipped with a flame ionization detector and a model HP 7673 automatic injector. The fatty acid methyl esters were separated on a 100 m Supelco SPTM-2560 fused silica capillary column (Supelco Inc., USA), with an internal diameter of 0.25 mm and a film thickness of 0.20  $\mu\text{m}$ . The injector (splitless) and detector were both heated to  $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ . The column oven temperature program was  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $158\text{ }^{\circ}\text{C}$  at  $3\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ ,  $158\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $165\text{ }^{\circ}\text{C}$  at  $1\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$  with a 10 min final hold. The helium carrier gas flow rate was  $1\text{ mL min}^{-1}$ , with column head pressure set to 30 psi. Injected sample size was  $1\text{ }\mu\text{L}$ . Data were collected and detector signals integrated using HP 3365 series II Chem-station software. Peak identification was based on the retention times of reference compounds [Nu-Chek GLC reference standard 534 (Nu-Chek Prep, Inc., USA)].

### Description of data and variables

Individual fatty acids content was expressed as a proportion of total amount of the fatty acids identified. In addition, various indices such as saturated (SFA), mono-unsaturated (MUFA), poly-unsaturated (PUFA), n-6/n-3 and desirables fatty acid (MUFA+PUFA+C18:0) (Huerta-Leidenz *et al.*, 1991), were presented.

### Statistical analysis

Data were analyzed using the SPSS program, version 11.5 (2003) [SPSS Inc., USA]. Analysis of variance (ANOVA) was used to study the effect of sex and fat depot location (OM, MES, KK, SC, IN, and IM) on the lipid composition, using the statistical model:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + D_j + S_i \times D_j + e_{ijk}$$

where  $Y_{ijk}$  = percentage fatty acids or lipid content related carcass characteristic;  $\mu$  = least squares mean value;  $S_i$  = fixed

### Preparación de los ácidos grasos

Se extrajo el contenido de lípidos de todos los depósitos grasos de acuerdo con el método descrito por Bligh y Dyer (1959) con una mezcla de cloroformo y metanol (1:2) y CIK (0.88 % en agua). Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se obtuvieron usando una solución de hexano y KOH en metanol (Eichhorn *et al.*, 1985). Una cantidad de 200  $\mu\text{L}$  de estándar interno (ácido heneicosanoico, C21:0) fue añadido a cada muestra. Se almacenaron los ésteres metílicos de los ácidos grasos a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis cromatográfico.

### Análisis cromatográfico

Se analizaron los ésteres metílicos de ácidos grasos usando un cromatógrafo de gases modelo HP 5890-II (Hewlett-Packard Company, USA) equipado con un detector de ionización de llama y un inyector automático modelo HP 7673. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se separaron en una columna capilar de dióxido de silicio fundido 100 m Supelco SPTM-2560 (Supelco Inc., USA), con un diámetro interior de 0.25 mm y un espesor de película de 0.20  $\mu\text{m}$ . El inyector y detector fueron calentados a  $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El programa de temperatura del horno de columna fue  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $158\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $3\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ ,  $158\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $165\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $1\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$  con una retención final de 10 min. La velocidad de flujo de gas transportador (helio) fue  $1\text{ mL min}^{-1}$ , con una presión de carga en la columna de 30 psi. El tamaño de la muestra inyectada fue  $1\text{ }\mu\text{L}$ . Los datos fueron recolectados y las señales del detector integradas a través del software de estación-HP 3365 series II Chem. La identificación de los picos se basó en los tiempos de retención de los compuestos de referencia [Un-check GLC referencia estándar 534 (Un-Check Prep, Inc., USA)]

### Descripción de datos y variables

El contenido individual de ácidos grasos se expresó como una proporción (%) de la cantidad total de ácidos grasos identificados. Además, se presentaron varios índices como ácidos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI), poliinsaturados (AGPI), n-6/n-3 y ácidos grasos deseables (AGMI+AGPI+C18:0) (Huerta-Leidenz *et al.*, 1991).

### Análisis estadístico

Se analizaron los datos usando el programa SPSS, versión 11.5 (2003) [SPSS Inc., USA]. Se usó un análisis de varianza

effect of sex ( $i = 1$ : male,  $i = 2$ : female);  $D_j$  = fixed effect of depot location ( $j = 1$ : OM,  $j = 2$ : MES,  $j = 3$ : KK,  $j = 4$ : SC,  $j = 5$ : IN,  $j = 6$ : IM);  $S_i \times D_j$  = interaction between the sex effect and the fat depot location effect;  $e_{ijk}$  = random residual. Tukey's test for comparing means was applied in all cases.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Characteristics of the lamb carcasses

The carcass characteristics of the male and female Rasa Aragonesa lambs are shown in Table 1. There were no significant differences ( $p > 0.05$ ) in carcass characteristics between male and female lambs. All carcasses were graded in conformational category "O" and fat cover category "little fat" on the European Community scale for grading ovine carcasses. Accordingly, these lamb carcasses all fell within the category of light-weight carcasses from the Mediterranean area (Sañudo *et al.*, 2000). Female lambs exhibited higher backfat thickness values and OM, MES, KK and IM fat than males ( $p \leq 0.05$ ). However, females were slaughtered with less live weight (23.1 kg) than males (24.5 kg) but similar age: 91 and 89 d. Therefore, higher fat contents in females could be related to the finding that females deposited larger amounts of lipids at an earlier age than males, because they are more precocious (Jacobs *et al.*, 1972).

(ANOVA) para estudiar el efecto del sexo y de la ubicación de los depósitos de grasa (OM, MES, PVR, SC, IN, e IM) en la composición de lípidos, usando el modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + D_j + S_i \times D_j + e_{ijk}$$

donde,  $Y_{ijk}$  = porcentaje de ácidos grasos o contenido de lípidos relacionados con características de la canal;  $\mu$  = valor de la media de mínimos cuadrados;  $S_i$  = efecto fijo del sexo ( $i = 1$ : macho,  $i = 2$ : hembra);  $D_j$  = efecto fijo de localización de depósito ( $j = 1$ : OM,  $j = 2$ : MES,  $j = 3$ : PVR,  $j = 4$ : SC,  $j = 5$ : IN,  $j = 6$ : IM);  $S_i \times D_j$  = interacción entre el efecto del sexo y el efecto de ubicación del depósito de grasa;  $e_{ijk}$  = residuo aleatorio. Se usó la prueba de Tukey para comparar medias en todos los casos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de las canales de corderos

Las características de las canales de corderos machos y hembras Rasa Aragonesa se muestran en el Cuadro 1. No hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en las características de la canal entre corderos hembras y machos. Todas las canales fueron clasificadas en la categoría de conformación "O" y en la categoría de cobertura de grasa "poca grasa" en la escala de la Comunidad Europea para clasificar canales ovinos. En consecuencia estas canales de cordero entraron en la categoría de peso ligero de la

**Table 1. Least-squares means and standard deviation values (s.d.) for carcass characteristics and for the internal fat (omental, mesenteric, and kidney knob depots) and intramuscular fat contents in male and females Rasa Aragonesa lambs slaughtered at 24 kg of live weight.**

**Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados y valores de desviación estándar (d.e.) para las características de las canales y para la grasa interna (omental, mesentérica y pelvicorrenal) y contenidos de grasa intramuscular en machos y hembras de corderos Rasa Aragonesa sacrificados con 24 kg de peso.**

	Males		Females		Sig
	Mean	s.d.	Mean	s.d.	
Cold carcass weight (kg)	10.9	0.41	10.4	0.60	NS
Carcass fatness (1-15)	6.0	1.00	6.0	0.93	NS
EUROP conformation (1-15)	6.3	0.88	5.7	1.22	NS
Back fat thickness (mm)	1.9	0.97	2.2	0.79	*
Omental fat (g)	282.2	68.67	348.3	115.56	*
Mesenteric fat (g)	233.7	63.69	258.3	57.94	*
Kidney knob fat (g)	239.4	74.3	330.5	99.56	*
Intramuscular fat (%)	3.15	0.69	3.54	0.80	*

Sig=significance level; \* $p \leq 0.05$ ; NS, non-significant ( $p > 0.05$ ).

### Effect of sex on the fatty acids composition

There were significant interaction between sex and fat depot location for some of the fatty acids (Table 2). The fatty acids for which there were no interactions are shown in Table 3 and the fatty acids for which interaction was observed are shown in Table 4.

C18:1, C16:0 and C18:0 were the main fatty acids making up the fat in all the fat depots, in concordance with findings reported for sheep by Russo *et al.* (1999). These were the major fatty acids quantitatively, accounting for 85 % of the total fatty acids identified. C18:1 was the principal fatty acid (almost 45 % of the total fatty acid identified) in the fat of lambs.

No significant differences in the composition of fat between males and females were observed in the lambs slaughtered at approximately 24 kg (Table 3). Malau-Aduli *et al.* (2000) suggest that the differences in fat composition observed in male and female ruminants might not follow the same pattern at different ages. Therefore, in weaned lambs with a functional rumen, the differences in the content of fatty acids between sexes are not so evident since the lipid fraction in food is converted by the rumen microorganisms into C18:0. But, in unweaned lambs, in which the rumen has not yet begun functioning, SFA deposition is more pronounced in females than in males, due to higher fat deposition in females (Westerling and Hedrick, 1979).

The absence of differences between SFA content in fat of males and females determines similar firmness between males and females. Therefore, only the difference in fat content observed between males and females (Table 1) determines the different appearance of carcasses. Then, in females fat and back fat thickness guarantees carcass preservation for longer time and preserves water loss.

In Table 4 there are shown the values for the effect of fat depot location on the fatty acid composition of the internal OM, MES, and KK depots and the carcass SC, IN, and IM depots in lambs, for variables showing a sex  $\times$  depot location interaction. Only intramuscular fat depot differences were observed between males and females. Content of C16:0, C20:4 and PUFA was higher in females than in males ( $p \leq 0.001$ ). C18:0 proportion was higher in males as compared to females ( $p \leq 0.001$ ), as has also

**Table 2. Statistical significance of the effects of sex (S) and fat depot location (D) on fatty acid composition of fat in Rasa Aragonesa lambs slaughtered at 24 kg of live weight.**

**Cuadro 2. Significancia estadística de los efectos del sexo (S) y depósito de grasa (D) en la composición de ácidos grasos de la grasa en corderos Rasa Aragonesa sacrificados con 24 kg de peso.**

	S	D	S $\times$ D
C12:0	NS	***	NS
C14:0	NS	***	NS
C15:0	NS	***	NS
C16:0	*	***	**
C16:1	NS	***	NS
C17:0	**	***	NS
C18:0	NS	***	**
C18:1	NS	***	NS
C18:2n-6	NS	***	NS
C18:3n-3	NS	***	NS
C20:0	NS	***	NS
C20:4	***	***	***
SFA	NS	***	NS
MUFA	NS	***	NS
PUFA	*	***	***
Desirable	NS	***	NS
n-6/n-3	NS	***	NS

SFA=saturated fatty acids; MUFA=mono-unsaturated fatty acids; PUFA=poly-unsaturated fatty acids; Desirable=PUFA+MUFA+C18:0; \* $p \leq 0.05$ ; \*\* $p \leq 0.01$ ; \*\*\* $p \leq 0.001$ ; NS: non-significant ( $p > 0.05$ ); D=fat depots omental, mesenteric, kidney knob, subcutaneous, intermuscular and intramuscular.

zona mediterránea (Sañudo *et al.*, 2000). Los corderos hembras mostraron valores más altos de espesor de grasa dorsal y de contenido de grasa OM, MES, PVR e IM que los machos ( $p \leq 0.05$ ). Sin embargo, las hembras fueron sacrificadas con menos peso vivo (23.1 kg) que los machos (24.5 kg) pero similares en edad, 91 y 89 d. Por tanto, el contenido más alto de grasa en las hembras se puede relacionar con el hecho de que las hembras depositan cantidades más grandes de lípidos a una edad más temprana que los machos, debido a su precocidad (Jacobs *et al.*, 1972).

### Efecto del sexo en la composición de los ácidos grasos

Hubo interacción significativa entre sexo y depósitos grasos para algunos de los ácidos grasos (Cuadro 2). Los ácidos grasos para los cuales no hubo interacciones se muestran en el Cuadro 3, y los ácidos grasos

**Table 3.** Least-squares means and standard deviation values (s.d.) for the total fatty acid composition (expressed as percentage fatty acids) of the adipose tissue in male and female Rasa Aragonesa lambs slaughtered at 24 kg of live weight.**Cuadro 3.** Medias de mínimos cuadrados y valores de desviación estándar (d.e.) para la composición total de ácido graso (expresado como porcentaje de ácidos grasos) del tejido adiposo en machos y hembras de corderos Rasa Aragonesa sacrificados con 24 kg de peso.

	Males		Females		Sig
	Mean	s.d.	Mean	s.d.	
C12:0	0.51	0.01	0.50	0.01	NS
C14:0	6.11	0.11	6.01	0.09	NS
C15:0	0.73	0.01	0.74	0.01	NS
C16:1	1.36	0.04	1.33	0.05	NS
C17:0	1.63	0.02	1.69	0.02	NS
C18:1	44.17	0.18	44.06	0.16	NS
C18:2n-6	2.34	0.09	2.27	0.09	NS
C18:3n-3	0.79	0.02	0.83	0.02	NS
C20:0	0.68	0.04	0.68	0.03	NS
SFA	51.27	0.26	51.30	0.25	NS
MUFA	45.53	0.19	45.40	0.18	NS
Desirable	66.93	0.20	66.69	0.21	NS
n-6/n-3	2.96	0.06	2.73	0.06	NS

Sig=significance level; SFA=saturated fatty acids; MUFA=mono-unsaturated fatty acids; Desirable=PUFA+MUFA+C18:0; NS: non-significant ( $p>0.05$ ).**Table 4.** Least-squares means and standard deviation values (s.d.) for the fatty acid composition (expressed as percentage fatty acids) in the omental (OM), mesenteric (MES), kidney knob (KK), subcutaneous (SC), intermuscular (IN) and intramuscular (IM) fat depots in male and female Rasa Aragonesa lambs slaughtered at 24 kg live weight (sex×depot location interaction found).**Cuadro 4.** Medias de mínimos cuadrados y valores de desviación estándar (d.e.) para la composición de ácidos grasos (expresada como porcentaje de ácidos grasos) en los depósitos de grasa omental (OM), mesentérico (MES), pelviorrenal (PVR), subcutáneo (SC), intermuscular (IN) e intramuscular (IM) en corderos Rasa Aragonesa machos y hembras sacrificados con 24 kg de peso (sexo×interacción de localización de depósito encontrado).

	OM		MES		KK		SC		IN		IM		Sig
	Mean	s.d.	Mean	s.d.	Mean	s.d.	Mean	s.d.	Mean	s.d.	Mean	s.d.	
C16:0													
Males	24.95 <sup>a</sup>	0.19	23.79 <sup>b</sup>	0.20	21.16 <sup>c</sup>	0.26	24.24 <sup>ab</sup>	0.18	23.71 <sup>b</sup>	0.18	23.66 <sup>b</sup>	0.09	***
Females	25.26 <sup>a</sup>	0.23	23.52 <sup>b</sup>	0.18	20.93 <sup>c</sup>	0.27	24.96 <sup>a</sup>	0.19	23.79 <sup>b</sup>	0.13	24.69 <sup>a</sup>	0.17	***
Sig	NS		NS		NS		NS		NS		***		
C18:0													
Males	20.07 <sup>a</sup>	0.43	20.04 <sup>a</sup>	0.30	22.69 <sup>b</sup>	0.35	15.27 <sup>c</sup>	0.40	16.45 <sup>c</sup>	0.33	15.35 <sup>c</sup>	0.32	***
Females	19.88 <sup>a</sup>	0.28	20.44 <sup>a</sup>	0.30	23.31 <sup>b</sup>	0.39	14.99 <sup>cd</sup>	0.46	16.20 <sup>c</sup>	0.36	13.61 <sup>d</sup>	0.27	***
Sig	NS		NS		NS		NS		NS		***		
C20:4													
Males	-	-	-	-	-	-	0.23 <sup>a</sup>	0.15	-	-	0.24 <sup>b</sup>	0.02	***
Females	-	-	0.27 <sup>a</sup>	0.01	-	-	0.07 <sup>b</sup>	0.01	-	-	1.06 <sup>c</sup>	0.06	***
Sig							NS				***		
PUFA													
Males	1.45 <sup>a</sup>	0.09	2.97 <sup>b</sup>	0.04	2.85 <sup>b</sup>	0.06	2.80 <sup>b</sup>	0.06	3.13 <sup>b</sup>	0.05	5.25 <sup>c</sup>	0.16	***
Females	1.57 <sup>a</sup>	0.09	2.97 <sup>b</sup>	0.04	2.85 <sup>b</sup>	0.04	2.60 <sup>b</sup>	0.06	3.08 <sup>b</sup>	0.06	6.31 <sup>c</sup>	0.23	***
Sig	NS		NS		NS		NS		NS		***		

Sig=significance level; Different letter superscripts in the same row indicate significant differences; PUFA=poly-unsaturated fatty acids; \*\*  $p\leq 0.01$ ; \*\*\*  $p\leq 0.001$ ; NS: non-significant ( $p>0.05$ ).

been reported by Madruga *et al.* (2006) in Brazilian Santa Ines lambs.

**Effect of fat location on the fatty acids composition**

The values for the effect of fat depot location on the fatty acid composition of those same depots for variables without a sex × depot location interaction, are shown in Table 5. The fatty acid composition of fat varies with the location of fat depots in the body (Banskalieva *et al.*, 2000) and highest SFA contents tend to be found in the internal depots (Zygyiannis *et al.*, 1985). In our study, SFA content was higher in the OM, MES and KK depots.

The PUFA content was higher in the IM depot compared to the other fat depots, as reported by Castro *et al.* (2005) for 45 d old male Ojalada lambs. This was mainly brought about by the high C20:4 (Table 4) and C18:2n-6 (Table 5) contents observed in the IM fat depot. The high PUFA content found in the IM depot can be explained by the phospholipids present in the cell membranes (Enser *et al.*, 1996). This depot contains both the fatty acids present in

para los cuales hubo una interacción significativa se muestran en el Cuadro 4.

Los principales ácidos grasos que componen la grasa en todos los depósitos grasos fueron C18:1, C16:0 y C18:0, en concordancia con lo reportado para ovejas por Russo *et al.* (1999). Estos ácidos grasos fueron los más importantes cuantitativamente, representando 85 % del total de los identificados. El C18:1 fue el principal ácido graso (casi 45 % del total de ácidos grasos identificados) en la grasa de los corderos.

No se encontraron diferencias significativas en la composición de grasa entre machos y hembras en los corderos sacrificados aproximadamente a los 24 kg (Cuadro 3). También, Malau-Aduli *et al.* (2000) sugieren que las diferencias en la composición de la grasa observada en rumiantes machos y hembras podrían no seguir el mismo patrón en diferentes edades. Así, en corderos destetados y con un rumen funcional, las diferencias en el contenido de ácidos grasos entre los sexos no son tan evidentes ya que la fracción de lípidos en los alimentos es convertida por los microorganismos del rumen en C18:0. Pero en corderos sin destetar, sin actividad ruminal, el depósito de

**Table 5. Least-squares means and standard deviation values (s.d.) for the fatty acid composition (expressed as percentage fatty acids) in the omental (OM), mesenteric (MES), kidney knob (KK), subcutaneous (SC), intermuscular (IN), and intramuscular (IM) fat depots in Rasa Aragonesa lambs slaughtered at 24 kg live weight (no sex×depot location interaction found).**

**Cuadro 5. Las medias de mínimos cuadrados y los valores de la desviación estándar (d.e.) para la composición de ácidos grasos (expresados como porcentaje de ácidos grasos) en los depósitos grasos omental (OM), mesentérico (MES), grasa pelvico-renal (PVR), subcutáneo (SC), intermuscular (IN), e intramuscular (IM) en corderos Rasa Aragonesa sacrificados en 24 kg de peso vivo (no sexo×interacción de ubicación del depósito encontrado).**

	OM		MES		KK		SC		IN		IM		Sig
	Mean	s.d.	Mean	s.d.	Mean	s.d.	Mean	s.d.	Mean	s.d.	Mean	s.d.	
C12:0	0.50 <sup>ac</sup>	0.02	0.53 <sup>c</sup>	0.02	0.43 <sup>ab</sup>	0.02	0.64 <sup>d</sup>	0.03	0.61 <sup>d</sup>	0.02	0.36 <sup>b</sup>	0.01	***
C14:0	6.54 <sup>ab</sup>	0.15	6.15 <sup>a</sup>	0.12	5.01 <sup>c</sup>	0.11	7.28 <sup>d</sup>	0.19	6.84 <sup>bd</sup>	0.13	4.93 <sup>c</sup>	0.10	***
C15:0	0.78 <sup>a</sup>	0.02	0.76 <sup>a</sup>	0.01	0.61 <sup>b</sup>	0.01	0.89 <sup>c</sup>	0.02	0.85 <sup>c</sup>	0.01	0.57 <sup>b</sup>	0.01	***
C16:1	1.39 <sup>a</sup>	0.04	0.78 <sup>b</sup>	0.01	1.21 <sup>a</sup>	0.02	1.78 <sup>c</sup>	0.12	0.82 <sup>b</sup>	0.01	1.91 <sup>c</sup>	0.04	***
C17:0	1.75 <sup>ab</sup>	0.02	1.83 <sup>b</sup>	0.02	1.72 <sup>a</sup>	0.02	1.76 <sup>ab</sup>	0.04 <sup>b</sup>	1.71 <sup>a</sup>	0.02	1.27 <sup>c</sup>	0.01	***
C18:1	41.46 <sup>a</sup>	0.22	42.89 <sup>b</sup>	0.19	43.93 <sup>c</sup>	0.28	45.06 <sup>d</sup>	0.28	45.70 <sup>d</sup>	0.20	45.53 <sup>d</sup>	0.17	***
C18:2n-6	0.99 <sup>a</sup>	0.06	1.98 <sup>bc</sup>	0.02	2.19 <sup>c</sup>	0.04	1.82 <sup>b</sup>	0.03	1.96 <sup>bc</sup>	0.04	4.34 <sup>d</sup>	0.10	***
C18:3n-3	0.52 <sup>a</sup>	0.01	0.98 <sup>d</sup>	0.02	0.65 <sup>b</sup>	0.01	0.85 <sup>c</sup>	0.03	1.14 <sup>c</sup>	0.03	0.78 <sup>c</sup>	0.02	***
C20:0	0.98 <sup>a</sup>	0.03	0.53 <sup>b</sup>	0.03	0.39 <sup>c</sup>	0.03	0.19 <sup>d</sup>	0.01	0.54 <sup>b</sup>	0.02	1.01 <sup>a</sup>	0.03	***
SFA	55.64 <sup>a</sup>	0.24	53.36 <sup>b</sup>	0.20	52.01 <sup>c</sup>	0.30	50.46 <sup>d</sup>	0.32	50.38 <sup>d</sup>	0.21	46.83 <sup>e</sup>	0.21	***
MUFA	42.85 <sup>a</sup>	0.23	43.67 <sup>a</sup>	0.20	45.14 <sup>b</sup>	0.29	46.84 <sup>c</sup>	0.31	46.52 <sup>c</sup>	0.21	47.44 <sup>c</sup>	0.18	***
Desirable	64.34 <sup>a</sup>	0.25	66.88 <sup>c</sup>	0.19	70.99 <sup>d</sup>	0.24	64.67 <sup>a</sup>	0.26	65.94 <sup>b</sup>	0.20	67.73 <sup>c</sup>	0.18	***
n-6/n-3	1.90 <sup>ab</sup>	0.14	2.03 <sup>b</sup>	0.06	3.36 <sup>c</sup>	0.02	2.16 <sup>b</sup>	0.20	1.77 <sup>a</sup>	0.05	5.55 <sup>d</sup>	0.20	***

Sig=significance level; different letter superscripts in the same row indicate significant differences; SFA=saturated fatty acids; MUFA=mono-unsaturated fatty acids; PUFA=poly-unsaturated fatty acids; Desirable=PUFA+MUFA+C18:0; \*\*\*p<0.001.



the cell membranes of adipocytes in the fat depot, as well as those in the muscle cells.

Ratio n-6/n-3 in OM, MES, KK, IN and SC fat depots ranged from 1.77 to 3.36 (Table 5). These values correspond with those recommended by the Committee on Medical Aspects of Food Policy (COMA 1994) in order to decrease the incidence of cardiovascular diseases in humans consuming animal fats (values <4). Moreover, IM fat was higher than 4 (5.55).

The C18:0 values in the KK depots of lambs were higher than those observed in the other fat depots (Table 4), as observed by Cramer and Marchello (1964) and Pérez *et al.* (2002) in Suffolk Down lambs. An increase in the melting point of KK fat is associated with higher proportions of C18:0 (Osorio *et al.*, 2007) and firmness. Bas and Morand-Fehr (2000) found a high linear correlation ( $R \cong 0.90$ ) between C18:0 and the melting point. At the same time, the C16:0 content in the KK depot was lower than in the other fat depots (Table 4). This might be an indication that elongation of 16:0 in C18:0 is affected by the location of fat depots, and specifically, that this activity is more pronounced in the KK depot.

The desirable fatty acid (PUFA+MUFA+C18:0) content was higher ( $p \leq 0.001$ ) in the KK depot than in the other depots (Table 5), basically on account of the high C18:0 content in this depot. Besides, the high amounts of desirable fatty acid observed in the IM depot were due mainly to the high proportion of PUFA in that depot.

## CONCLUSIONS

There were no differences in fat composition between sexes in Rasa Aragonesa lambs slaughtered at three month of age. It appears that in light lambs traditionally slaughtered in Spain, the characteristics of both carcass and meat were affected only by differences in the amounts of fat accumulated in males and females. The most remarkable differences between fat depots are those related to the greater content of SFA of the most internal deposits, and the PUFA in the IM fat depot. In light lambs (24 kg live weight), the relationship of fatty acids n-6/n-3 is, in general, within the levels proposed by the COMA to prevent the onset of cardiovascular disease.

AGS es más pronunciada en las hembras que en los machos debido a la mayor velocidad de depósito de grasa de las hembras (Westerling y Hedrick, 1979).

La ausencia de diferencias entre el contenido de AGS en la grasa de machos y hembras determina una firmeza similar entre ambos sexos. Por tanto, sólo la diferencia en el contenido de grasa observada entre machos y hembras (Cuadro 1) determina el aspecto diferente de las canales. Entonces, en las hembras, las características de saturación de la grasa y el grosor de la grasa dorsal garantizan la conservación de la canal durante más tiempo y puede prevenir la pérdida de agua.

En el Cuadro 4 se muestra el efecto de la ubicación del depósito graso en la composición de los ácidos grasos de los depósitos internos OM, MES, y PVR y de la canal (SC, IN, e IM) de los corderos, para las variables con interacción significativa entre el sexo y la ubicación del depósito graso. Sólo hubo diferencias en el depósito graso IM entre machos y hembras. El contenido del C16:0, C20:4 y de AGPI fue más alto en las hembras que en los machos ( $p \leq 0.001$ ). La proporción C18:0 fue mayor en machos en comparación con las hembras ( $p \leq 0.001$ ), como también ha sido reportado por Madruga *et al.* (2006) en corderos brasileños Santa Inés.

### Efecto de la ubicación de grasa en la composición de ácidos grasos

El efecto de la ubicación del depósito graso en la composición de ácidos grasos de los depósitos estudiados para los que no hubo interacción entre el sexo y el depósito de grasa, se muestran en el Cuadro 5. La composición del ácido graso de las grasas varía según a la ubicación de los depósitos grasos en el cuerpo (Banskalieva *et al.*, 2000) y los contenidos más altos de AGS tienden a encontrarse en los depósitos internos (Zygoiannis *et al.*, 1985). En el presente estudio, el contenido de AGS fue más alto en los depósitos OM, MES, y PVR.

El contenido de AGPI fue más alto en el depósito IM comparado con los otros depósitos grasos, como lo reportó Castro *et al.* (2005) para corderos machos Ojalada de 45 d de edad. Esto se debe principalmente a los altos contenidos de C20:4 (Cuadro 4) y C18:2n-6 (Cuadro 5) observados en el depósito graso IM. El alto contenido de AGPI en el depósito IM puede explicarse por los fosfolípidos presentes en

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) [National Agricultural and Food Research and Technology Institute] for funding provided for this study under the said projects. Particular gratefulness to Mr Bernard Aurrousseau (INRA, Theix France) for contributing his knowledge.

## LITERATURE CITED

- Bas, P., and P. Morand-Fehr 2000. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits *Livestock Prod. Sci.* 64: 61-79.
- Banskalieva, V., T. Sahlu, and A. L. Goetsch 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Ruminant Res.* 37: 255-268.
- Berthelot, V., P. Bas, P. Schmidely, and C. Duvaux-Ponter 2001. Effect of dietary propionate on intake patterns and fatty acid composition of adipose tissues in lambs. *Small Ruminant Res.* 40: 29-39.
- Bligh, E. G., and W. J. Dyer 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37: 911-917.
- Castro M., T., T. Manso A., A. Ruiz M., J. Guirao F., and V. Jimeno V. 2005. Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements. *Meat Sci.* 69: 757-764.
- COMA (Committee on Medical Aspects of Food Policy). 1994. Nutritional aspects of cardiovascular disease. Department of Health Report on Health and Social Subjects No. 46. HMSO. London. 143 p.
- Cramer, D. A., and J. A. Marchello 1964. Seasonal and sex patterns in fat composition of growing lambs. *J. Anim. Sci.* 23: 1002-1007.
- Eichhorn, J. M., C. M. Bailey, and G. J. Blomquist 1985. Fatty acid composition of muscle and adipose tissue from crossbred bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 61: 892-904.
- Enser, M., K. Hallett, B. Hewett, G. A. Fursey, and J. D. Wood 1996. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork retail. *Meat Sci.* 42: 443-456.
- European Union. 1993. Commission Regulation EEC No. 461/93 of 26 February 1993 laying down detailed rules for the Community scale for the classification of carcasses of ovine animals. *Diario Oficial de la Unión Europea.* Bruselas. NL 049: 70-74.
- Huerta-Leidenz, N. O., H. R. Cross, D. K. Lunt, L. S. Pelton, J. W. Sawell, and S. B. Smith 1991. Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. *J. Anim. Sci.* 69: 3665-3672.
- Jacobs, J. A., R. A. Field, M. P. Botkin, M. L. Riley, and G. O. Roehrkasse 1972. Effects of weight and castration on lamb carcass composition and quality. *J. Anim. Sci.* 35: 926-941.
- Juárez D., M., A. Horcada I., M. J. Alcalde A., M. Valera C., A.M. Mullen, and A. Molina A. 2007. Estimation of factors influencing fatty acid profiles in light lambs. *Meat Sci.* 79 (2): 203-210.

las membranas celulares (Enser *et al.*, 1996). Este depósito contiene tanto los ácidos grasos en las membranas celulares de los adipocitos como aquellos en las células musculares.

La proporción n-6/n-3 en los depósitos grasos OM, MES, PVR, IN y SC variaron de 1.77 a 3.36 (Cuadro 5). Estos valores se corresponden con los recomendados por el Comité de Aspectos Médicos en Política de Alimentación (COMA 1994) para disminuir la incidencia de enfermedades cardiovasculares en los humanos que consumen grasas animales (valores <4). De otra parte, la grasa IM presentó una relación n-6/n-3 más elevada de 4 (5.55).

Los valores de C18:0 en los depósitos PVR de los corderos fueron más altos que los observados en los otros depósitos grasos (Cuadro 4), como observaron Cramer y Marchello (1964) y Pérez *et al.* (2002) en corderos Suffolk Down. Un aumento en el punto de fusión de la grasa PVR está asociado con proporciones más altas de C18:0 (Osorio *et al.*, 2007) y de firmeza. Bas y Morand-Fehr (2000) encontraron una alta correlación lineal ( $R \approx 0.90$ ) entre C18:0 y el punto de fusión. Al mismo tiempo, el contenido de C16:0 en el depósito de PVR fue menor que el observado en el resto de depósitos grasos (Cuadro 4). Esto podría indicar que la elongación de 16:0 en C18:0 es afectada por la ubicación de los depósitos grasos, y especialmente, que esta actividad es más evidente en el depósito PVR.

El contenido de ácidos grasos deseables (AGPI+AGMI+C18:0) fue más elevado ( $p \leq 0.001$ ) en el depósito de PVR que en otros depósitos (Cuadro 5), básicamente a causa del alto contenido de C18:0 observado en este depósito. Además, el alto contenido de ácidos grasos deseables observado en el depósito IM se debió principalmente a la alta proporción de AGPI.

## CONCLUSIONES

No hubo diferencias en la composición de la grasa entre sexos en corderos Rasa Aragonesa sacrificados a los tres meses de edad. Parece que en los corderos ligeros, tradicionalmente sacrificados en España, las características de la canal y de la carne fueron afectadas sólo por diferencias en las cantidades de grasa acumulada en machos o en hembras. La diferencia más destacada entre los depósitos grasos son aquellas relacionadas con el mayor contenido de

- Madruga, M. S., W. Oliveira de Araújo, W. Hauss de Sousa, M. Fontes, M.S. Galvão, e M. G. Gomes 2006. Efeito do genótipo e do sexo sobre a composição química e o perfil de ácidos grasos da carne de cordeiros. *Rev. Bras. de Zootec.* 35: 1838-1844.
- Malau-Aduli, A. E. O., M. A. Edriss, B. D. Siebert, C. D. K. Bottema, and W. S. Pitchford 2000. Breed differences and genetic parameters for melting point, marbling score and fatty acid composition of lot-fed cattle. *J. Anim. Physiol. and Anim. Nutr.* 83: 95-105.
- Napolitano, F., G. F. Cifini, C. Pacelli, A. M. Riviezzi, and A. Girolami 2002. Effect of artificial rearing on lamb welfare and meat quality. *Meat Sci.* 60: 307-315.
- Osorio, M. T., J. M. Zumalacárregui R., A. Figueira, and J. Mateo O. 2007. Physicochemical properties of perirenal and omental fat from suckling lamb carcasses evaluated according to the type of milk source. *Small Ruminant Res.* 72: 111-118.
- Pérez M., P. M. Maino M., G. Tomic E., E. Mardones M., and J. Pokniak R. 2002. Carcass characteristics and meat quality of Suffolk Down suckling lambs. *Small Ruminant Res.* 44: 233-240.
- Russo, C., G. Preziuso, L. Casarosa, G. Campodoni, and D. Cianci 1999. Effect of diet energy source on the chemical-physical characteristics of meat and depot fat of lamb carcasses. *Small Ruminant Res.* 33: 77-85.
- Sañudo A., C., M. E. Enser, G. María L., I. Sierra A., and J. D. Wood 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Sci.* 54: 339-346.
- AGS de los depósitos más internos, y los AGPI en el depósito graso IM. En los corderos ligeros (24 kg peso vivo), la relación de ácidos grasos n-6/n-3, en general, está dentro de los niveles propuestos por la COMA para prevenir la aparición de enfermedades cardiovasculares.

—Fin de la versión en español—



SPSS Inc. 2003. Manual del Usuario de SPSS Base 11.5. SPSS Inc. Chicago (USA). CD.

Westerling, D. B., and H. B. Hedrick. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *J. Anim. Sci.* 48: 1343-1348.

Wood, J. D. 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. *In: Wisseman, J. W. (ed). Fats in Animal Nutrition.* Butterworths. London. pp: 407-435.

Wood, J. D., R. I. Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, M. M. Campo A., E. Kasapidou, P. R. Sheard, and M. Enser 2004. Effect of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.* 63: 21-32.

Zygyiannis, D., C. Stamataris, and N. Katsaounis 1985. The melting point iodine value, fatty acid composition and softness index of carcass fat in the three different breeds of suckled lamb in Greece. *J. Agric. Sci.* 104: 360-365.