

EFFECT OF SLAUGHTER WEIGHT ON FAT COMPOSITION IN LACHA LAMBS

EFFECTO DEL PESO DE SACRIFICIO SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LA GRASA DE CORDEROS DE RAZA LACHA

Alberto Horcada-Ibáñez^{1*}, María J. Beriain-Apesteiguía², Julia Chasco-Ugarte²,
Gregorio Indurain-Báñez³, Antonio Purroy-Unanua²

¹Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola, Universidad de Sevilla. 41013. Carretera Utrera, km 1, Sevilla, Spain. (albertohi@us.es). ²Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Pública de Navarra, Campus Arrosadía. 31006. Pamplona, Spain; ³Neiker Tecnalia, Departamento de Producción Animal, Campus de Arkaute. 01080. Vitoria, Spain.

ABSTRACT

Due to the fact that domestic consumers prefer low fat meat, the lamb production system in Spain is based on slaughtering low weight animals (12 to 24 kg). Lambs in other European countries are slaughtered at higher weights because consumers prefer more intense flavored and fatter meat. Based on evidence that slaughter weight affects fat characteristics, the effect of slaughtering weight on the fatty acid profile of omental (OM), mesenteric (MES), kidney knob (KK), subcutaneous (SC), intermuscular (IN) and intramuscular (IM) fat in Lacha breed lambs was studied. Forty-two male Lacha lambs were raised and slaughtered at 12 (L12), 24 (L24) and 36 kg (L36) live weight. L12 lambs were fed only on mother's milk until slaughter, one month old. L24 and L36 lambs were fed *ad libitum* on commercial feed and barley straw from weaning (around 16 kg live weight) until slaughter. Adipose tissue samples were taken at the slaughterhouse, vacuum-packed, frozen and stored. Fatty acid methyl esters were analyzed by capillary gas chromatography, and the relative amounts were recorded. The results were analyzed using ANOVA and Tukey's test ($p \leq 0.05$). Concentrations of C12:0 and C14:0 decreased after weaning due to the fact that the lambs no longer ingested mother's milk. In all fat depots, L24 showed the highest saturated fatty acid concentration, mainly due to the higher C18:0 content. An increase in C18:1n-9cis in heavier lambs (L24 to L36) was observed, associated to fat reserve accumulation processes. The analysis of these data suggests an increase in desaturation enzymes activity among higher-weight lambs, when ruminal activity was initiated. The most suitable n-6/n-3 and polyunsaturated/saturated ratio in muscle fat for preventing cardiovascular disease were observed in L24 lambs.

RESUMEN

Debido al hecho de que los consumidores domésticos prefieren carne baja en grasas, el sistema de producción de corderos en España se basa en el sacrificio de animales de bajo peso (12 a 24 kg). Los corderos en otros países europeos se sacrifican a pesos mayores porque los consumidores prefieren carne de sabor más intenso y con más grasa. Debido a que el peso del sacrificio afecta las características de grasa, se estudió el efecto del peso de sacrificio de corderos de raza Lacha en el perfil de ácidos grasos de la grasa omental (OM), mesentérica (MES), pelviorrenal (PVR), subcutánea (SC), intermuscular (IN) e intramuscular (IM). Cuarenta y dos corderos machos de raza Lacha se criaron y sacrificaron con un peso vivo de 12 (L12), 24 (L24) y 36 (L36) kg. Los L12 se alimentaron únicamente con leche materna hasta su sacrificio, a un mes de nacidos. Los corderos L24 y L36 se alimentaron *ad libitum* con alimento comercial y paja de cebada desde el destete (alrededor de 16 kg de peso vivo) hasta el sacrificio. En la planta de sacrificio (matadero) se tomaron muestras de tejido adiposo; se empacaron al vacío, se congelaron y se almacenaron. Se analizó los ésteres metílicos de los ácidos grasos por cromatografía de gases capilar y se registraron las cantidades relativas. Los resultados se analizaron usando ANDEVA y la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Las concentraciones de C12:0 y C14:0 disminuyeron después del destete debido a que los corderos ya no consumían la leche de la madre. En todos los depósitos de grasa, L24 mostró la concentración más alta de ácidos grasos saturados, principalmente debido al mayor contenido de C18:0. Se observó un aumento en C18:1n-9cis en corderos más pesados (L24 a L36), asociado a los procesos de acumulación de reservas de grasa. El análisis de estos datos sugiere un aumento en la actividad de enzimas de desaturación en los corderos de mayor peso, una vez iniciada la actividad ruminal. La tasa más adecuada de n-6/n-3 y poliinsaturado/saturado en grasa muscular para prevenir la enfermedad cardiovascular se observó en corderos L24.

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: Agosto, 2009. Aprobado: Julio, 2010.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 44: 643-654. 2010.

Key words: fat deposit, fatty acids, lambs.

INTRODUCTION

Omental (OM), mesenteric (MES) and kidney knob (KK) fat deposits in sheep are important because they provide energy reserves, mechanical protection to several organs and regulate body temperature. At the same time, intramuscular (IM), intermuscular (IN) and subcutaneous (SC) fat depots contribute to the development of meat sensory attributes (Field *et al.*, 1983) and are a source of essential fatty acids (FA) for humans. The presence of high levels of polyunsaturated FA (PUFA) is related to lower fat stability because FA are very labile to oxidation. Although oxidative processes are important in developing meat characteristic such as aroma during cooking (Wood *et al.*, 2004), they also can cause rancidity, deterioration of meat quality and changes in carcass appearance.

The consumption of large amounts of animal fat has been related to the incidence of human diseases. Wolfram (2003), recommend a n-6/n-3 fatty acids ratio around 4 to reduce the risk of cardiovascular disease. Lamb fat is presented to consumers as having a n-6/n-3 ratio, within the recommended limits (Enser *et al.*, 1996). However, its high saturated FA (SFA) content is of concern to dieticians. Researchers are trying to lower these levels of SFA (mainly C16:0), which may harm to human health. Factors such as sex, breed, environment and breed-production systems affect fat composition in lambs (Juarez *et al.*, 2008). In addition, slaughter weight, age and body fatness can contribute to a variation in the FA composition of fat depots (Wood *et al.*, 2004).

Due to the importance of FA contents in the quality of both, the carcass and the meat, knowledge of the total amount and the quality of fat in the most valuable joints is of great interest. In Mediterranean countries of Europe, consumers of lamb meat reject carcasses with high fat content because of the meat's intense flavor (Sañudo *et al.*, 2000). In Spain, therefore, lambs are slaughtered at 12 kg live weight and one month old (Lechal lamb) or at 24 kg live weight and three months old (Ternasco lamb). Conversely, in Central and Northern Europe consumers prefer heavier, fatter

Palabras clave: depósitos de grasa, ácidos grasos, corderos.

INTRODUCCIÓN

Los depósitos de grasa omental (OM), mesentérica (MES) y pelviorrenal (PVR) en ovinos son importantes porque proporcionan reservas de energía, protección mecánica a varios órganos y regulan la temperatura corporal. Al mismo tiempo, los depósitos de grasa intramuscular (IM), intermuscular (IN) y subcutánea (SC) contribuyen al desarrollo de atributos sensoriales de la carne (Field *et al.*, 1983) y son una fuente de ácidos grasos (AG) esenciales para los humanos. La presencia de altos niveles de AG poliinsaturados (PUFA, en inglés) está relacionada con menor estabilidad de las grasas porque los AG son muy lábiles a la oxidación. Aunque los procesos oxidativos son importantes en el desarrollo de características de la carne como el aroma durante la cocción (Wood *et al.*, 2004), también pueden causar rancidez, deterioro de la calidad de la carne y cambios en la apariencia de la canal.

El consumo de grandes cantidades de grasa animal se ha relacionado con la incidencia de enfermedades humanas. Wolfram (2003) recomienda una tasa de AG n-6/n-3 alrededor de 4, para reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular. La grasa de cordero se presenta a los consumidores con una tasa de n-6/n-3, dentro de los límites recomendados (Enser *et al.*, 1996). Sin embargo, su alto contenido de AG saturados (AGS) preocupa a los nutriólogos. Los investigadores tratan de disminuir estos niveles de AGS (principalmente el C16:0), que pueden dañar la salud humana. Factores como el sexo, la raza, el ambiente y los sistemas de producción de crianza influyen en la composición de grasas en corderos (Juarez *et al.*, 2008). Además, el peso al sacrificio, la edad y la gordura del cuerpo pueden contribuir a una variación en la composición de AG de los depósitos de grasa (Wood *et al.*, 2004).

Debido a la importancia del contenido de AG en la calidad de la canal y la carne, el conocimiento de la cantidad total y la calidad de grasa en las articulaciones más valiosas es de gran interés. En países mediterráneos de Europa, los consumidores de carne de cordero rechazan canales con alto contenido de grasa por el intenso sabor de la carne (Sañudo *et al.*, 2000). En España, por tanto, los corderos son sacrificados a los 12 kg de peso vivo, al mes de nacidos (cordero

lambs (36 kg) because the meat has more intense flavor. Therefore, Mediterranean producers interested in expanding their markets to Central and Northern Europe, have increased the carcass weight of certain breeds produced in Spain. Thus, the objective of the present study was to evaluate changes in the FA profile of Lacha lambs at three live weights (12, 24 and 36 kg).

MATERIALS AND METHODS

Animal management

Forty-two Lacha male lambs were born and raised at the experimental flock of Remendía Technical Institute and Management of Ruminants in Navarra (962.3 m altitude, Northern Spain). The lambs were slaughtered at 11.4 ± 0.70 kg (L12), 24.6 ± 1.41 kg (L24) and 35.3 ± 1.67 kg (L36) live weight and at around 25, 87 and 131 day old (Table 1). Fifteen L12 suckling lambs were fed exclusively on ewe's milk and slaughtered at weaning. Fifteen L24 and 12 L36 lambs were weaned at 16 kg and fed *ad libitum* with concentrate (17.0 % crude protein, 5.1 % crude fiber, 4.0 % total fat, 39.0 % starch, 1.2 % Ca, and 0.4 % P) and barley straw. The lambs' mothers were fed on a mixture of native pasture (*Lolium perenne*, *L. multiflorum*, *Trifolium repens* and *Festuca arundinacea*) and commercial feed (14.0 % crude protein, 7.0 % crude, 3.5 % total fat, 33.0 % starch, 1.8% Ca, and 0.3 % P). All animals received a mineral vitamin supplement and water. The procedures were conducted according to Council Directive 86/609/EEC (European Communities, 1986) guidelines on the protection of animals used for experimental and other scientific purposes.

Lechal), o a los 24 kg de peso vivo y tres meses de edad (cordero Ternasco). En cambio, en Europa central y norte, los consumidores prefieren corderos más pesados y con más grasa (36 kg) por el sabor más intenso de la carne. Por tanto, los productores mediterráneos interesados en expandir sus mercados a Europa central y norte, han aumentado el peso de la canal de algunas razas producidas en España. Así, objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios en el perfil de AG de corderos Lacha de tres pesos vivos (12, 24 y 36 kg).

MATERIALES Y MÉTODOS

Manejo de los animales

En el rebaño experimental del Instituto Técnico Remendía y Manejo de Rumiantes en Navarra (962.3 m de altitud, norte de España) nacieron y se criaron 42 corderos machos Lacha. Los corderos se sacrificaron a 11.4 ± 0.70 kg (L12), 24.6 ± 1.41 kg (L24) y 35.3 ± 1.67 kg (L36) de peso vivo y a alrededor 25, 87 y 131 d de edad (Cuadro 1). Quince corderos L12 se alimentaron exclusivamente de leche de oveja y se sacrificaron al destete. Quince corderos L24 y 12 L36 se destetaron a los 16 kg y se alimentaron *ad libitum* con concentrado (17.0 % proteína cruda, 5.1 % fibra cruda, 4.0 % grasa total, 39.0 % almidón, 1.2 % Ca y 0.4 % P), y paja de cebada. Las madres de los corderos se alimentaron con una mezcla de pastizal nativo (*Lolium perenne*, *L. multiflorum*, *Trifolium repens* y *Festuca arundinacea*) y alimento comercial (14.0 % proteína cruda, 7.0 % fibra cruda, 3.5 % grasa total, 33.0 % almidón, 1.8 % Ca y 0.3 % P). Todos los animales recibieron un suplemento de minerales y vitaminas, y agua. Los

Table 1. Mean and standard error values (SE) for carcass characteristics of male Lacha lambs slaughtered at 12 (L12), 24 (L24), and 36 kg (L36) live weight.

Cuadro 1. Valores de error (SE) promedio y estándar para las características de la canal de corderos machos Lacha sacrificados a 12 (L12), 24 (L24) y 36 (L36) de peso vivo.

	L12 (n=15)		L24 (n=15)		L36 (n=12)	
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
Live weight (kg)	11.4 ^a	0.70	24.6 ^b	1.41	35.3 ^c	1.67
Age at slaughter (d)	25.0 ^a	8.0	87.0 ^b	12.0	131.0 ^c	12.0
Cold carcass weight (kg)	5.9 ^a	0.34	10.6 ^b	0.73	16.5 ^c	0.98
Carcass fatness (1-15) [†]	5.7 ^a	1.34	5.2 ^b	0.94	7.2 ^c	1.36

Means with different letters in a row are statistically different ($p \leq 0.05$) ❖ Los promedios con distintas letras en una hilera son estadísticamente distintos ($p \leq 0.05$).

[†] Carcass fatness: 1: not greasy; 15: very greasy ❖ Gordura de la canal: 1: no grasosa; 15: muy grasosa.

Slaughter procedure

Fasting lambs (12 h) were taken to a certified slaughterhouse. Carcasses were kept at room temperature for 6 h, stored at 4 °C, weighed 24 h after slaughter, and were graded for fatness using the EEC Regulation No. 461/93 (European Union, 1993) system for lamb carcasses. The degree of fatness is related to the amount of subcutaneous and internal fat. Fat degrees ranged from 1 (not greasy) to 15 (very greasy).

After slaughtering, 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). Samples were homogenized vacuum-packed, and stored at -30 °C until analysis.

Fatty acid analysis

OM, MES, KK, SC, IN and IM lipids were extracted with the method reported by Bligh and Dyer (1959) using chloroform/methanol. Extracted lipids were stored at -80 °C until methylation. Total fatty acid composition was analyzed by derivatizing FA to methyl esters (FAME) according to Eichhorn *et al.* (1985). To each vial 200 µL internal standard (eicosanoic acid, C21:0) were added. FAME were stored at -80 °C until analysis.

FAME were separated and quantified in a capillary gas chromatograph (5890-II, Hewlett-Packard Company, USA) equipped with a flame ionization detector and, a HP 7683 automatic sample injector. The operating conditions were as follows: SPTM-2560 fused silica capillary column (100 m, 0.25 mm i.d., 0.2 µm film thickness; Supelco Inc, USA); the injector (splitless) and detector were both heated to 230 °C; carrier gas flow (He) 1 mL⁻¹ with column head; initial column temperature 100 °C to 158 °C at 3 °C min⁻¹, 158 °C to 165 °C at 1 °C min⁻¹ with a 10-min final hold; 1 µL of solution was injected. Data were collected and detector signals integrated using a HP 3365 series II Chem-station software (Hewlett-Packard Co., USA). Peak identification was based on retention times of reference compounds [Nu-Chek GLC reference standard 534 (Nu-Chek Prep, Inc., USA)].

Statistical methods

The relative amount of each FA (% total FA) was calculated as a ratio of total FA to a FA peak area. Saturated FA (SFA), monounsaturated (MUFA), polyunsaturated (PUFA), PUFA/SFA and n-6/n-3 were also calculated. Activities of D9 desaturase

procedimientos se realizaron de acuerdo con los lineamientos del Council Directive 86/609/EEC (European Communities, 1986) sobre la protección de los animales usados para fines experimentales y científicos.

Procedimiento del sacrificio

Los corderos en ayuno (12 h) se llevaron a una planta de sacrificio (matadero) certificada. Las canales se conservaron a temperatura ambiente por 6 h, se almacenaron a 4 °C, se pesaron 24 h después del sacrificio y se clasificaron según su gordura usando el sistema de EEC Regulation No. 461/93 (European Union, 1993) para las canales de cordero. El grado de gordura se relaciona con la cantidad de grasa subcutánea e interna. Los grados de grasa tuvieron un intervalo de 1 (no grasoso) al 15 (muy grasoso).

Después del sacrificio, se tomaron muestras de tejido adiposo del OM (porción media del gran omento), MES (porción media del recto), PVR (riñón izquierdo), subcutáneo (SC) (base de la cola), intermuscular (IN) (entre el esternón y el músculo pectoral) e intramuscular (IM) (músculo *Longissimus dorsi pars lumborum*). Las muestras se homogenizaron y se empacaron al vacío, y se almacenaron a -30 °C hasta su análisis.

Análisis de los ácidos grasos

Se extrajeron lípidos OM, MES, PVR, SC, IN e IM con el método reportado por Bligh y Dyer (1959), usando cloroformo/metanol. Los lípidos extraídos se almacenaron a -80 °C hasta la metilación. La composición de AG totales se analizó al derivar AG a ésteres metílicos (FAME, en inglés), según Eichhorn *et al.* (1985). En cada vial se añadió 200 µL de estándar internos (ácido eicosanoico, C21:20). Los FAME se almacenaron a -80 °C.

Los FAME se separaron y cuantificaron en un cromatógrafo de gases capilar (5890-II, Hewlett-Packard Company, USA), equipado con un detector de ionización de la flama y un inyector de muestras automático HP 7683. Las condiciones operativas fueron: columna capilar de sílice fusionada SPTM-2560 (100 m, 0.25 mm i.d., 0.2 µm grosor de la película; Supelco Inc., USA); el inyector (sin división) y el detector se calentaron a 230 °C; el flujo del gas acarreador (He) a 1 mL⁻¹ con cabeza de columna; temperatura inicial de la columna de 100 °C a 158 °C a 3 °C min⁻¹, 158 °C a 165 °C a 1 °C min⁻¹ con una espera final de 10 min; se inyectó 1 µL de solución. Los datos se recolectaron y las señales de detector se integraron usando software HP 3365 serie II Chem-station (Hewlett-Packard Co., USA). La identificación de picos se basó en los tiempos de retención de los compuestos de referencia [Nu-Chek GLC estándar de referencia 534 (Nu-Chek Prep Inc., USA)].

were estimated as C18:1n-9cis/(C18:1n-9cis + C18:0) (Malau-Aduli *et al.*, 1998). A one-way ANOVA was carried out to study the effect of slaughter weight on carcass fat characteristics and the FAME profiles of OM, MES, KK, SC, IN, and IM fat depots, using the following statistical model:

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

where: Y_{ijk} = FAME percentage or carcass characteristic; μ = mean value; W_i = fixed effect of weight ($i = 1$: 12 kg; $i = 2$: 24 kg; $i = 3$: 36 kg); D_j = fixed effect of fat deposit location ($j = 1$: OM; $j = 2$: MES; $j = 3$: KK; $j = 4$: SC; $j = 5$: IN; $j = 6$: IM); $W_i \times D_j$ = interaction between weight and fat depot; e_{ijk} = random residual. Tukey's test ($p \leq 0.05$) for comparing FAME means on three live weights was applied in all cases. Statistical analyses were carried out using SPSS (SPSS V.11.5, SPSS Inc., USA).

RESULTS AND DISCUSSION

In Table 2 it is shown the main FA on OM, MES, KK, SC, IN, and IM lipid profile fat depots from Lacha lambs slaughtered at 12, 24, and 36 kg live weight. Significant differences in fat compositions were recorded for the six fat depots and three weights. Oleic acid (C18:1n-9cis) was the most abundant, accounting for more than 40 % total FA. Palmitic (C16:0) and stearic acids (C18:0) together accounted for 34 to 47 % total FA in all fat depots. This fat composition was in agreement with the results reported by Castro *et al.* (2005).

There was a decrease in the lauric acid (C12:0) and myristic acid (C14:0) contents as slaughtering weight increased for all fat depots ($p \leq 0.001$). Similar results were found by Diaz *et al.* (2005) for SC and IM deposits in Rasa Aragonesa lambs. Higher C12:0 and C14:0 contents was observed in young suckling lambs (L12) fed only with ewe's milk which is rich in short chain FA, such as C12:0 and C14:0 (Bargo *et al.*, 2006).

L36 lambs had higher C18:0 and C18:1n-9cis contents than L12 ($p \leq 0.001$). A general increase in C18 FA content, observed after weaning, could be due to the fact that lambs begin to consume concentrate and straw, both containing long-chain FA. However, an increase in C18:0 and a decrease in C18:1n-9cis were observed in fat depots after weaning (L12 to L24) (Table 2). This observation is related to low Δ^9 desaturase activity in L24 lambs and changes in the

Métodos estadísticos

La cantidad relativa de cada AG (% total AG) se calculó como la razón de AG totales y un área pico de AG. Los AG saturados (SFA), monoinsaturado (MUFA), poliinsaturado (PUFA), PUFA/SFA y n-6/n-3 también se calcularon. Las actividades de Δ^9 desaturasa se calcularon como C18:1n-9cis/(C18:1n-9cis + C18:0) (Malau-Aduli *et al.*, 1998). Se realizó un ANDEVA de una vía para estudiar el efecto del peso al sacrificio sobre las características de grasa de la canal y los perfiles de los FAME de los depósitos OM, MES, PVR, SC, IN e IM, con el siguiente modelo estadístico:

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

donde: Y_{ijk} = porcentaje de FAME o característica de la canal; μ = valor promedio; W_i = efecto fijo del peso ($i = 1$: 12 kg; $i = 2$: 24 kg; $i = 3$: 36 kg); D_j = efecto fijo de la ubicación del depósito de grasa ($j = 1$: OM; $j = 2$: MES; $j = 3$: PVR; $j = 4$: SC; $j = 5$: IN; $j = 6$: IM); $W_i \times D_j$ = interacción entre el peso y el depósito de grasa; e_{ijk} = residual aleatorio. En todos los casos, se usó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para comparar los promedios de los FAME en tres pesos vivos. Los análisis estadísticos se efectuaron con SPSS (SPSS V.11.5, SPSS Inc., USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestran los AG principales en el perfil de lípidos de los depósitos OM, MES, PVR, SC, IN e IM de corderos Lacha sacrificados a 12, 24 y 36 kg de peso vivo. Hubo diferencias significativas en composiciones de grasa para los seis depósitos de grasa y los tres pesos. El ácido oleico (C18:1n-9cis) fue el más abundante, representando más del 40 % de los AG totales. Los ácidos palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0) representaron juntos 34 y 47 % de los AG totales en todos los depósitos de grasa. Esta composición de grasa coincidió con los resultados reportados por Castro *et al.* (2005).

Los contenidos de ácidos láurico (C12:0) y mirístico (C14:0) disminuyeron conforme los pesos de sacrificio aumentaron, para todos los depósitos de grasa ($p \leq 0.001$). Díaz *et al.* (2005) encontraron resultados similares para depósitos SC e IM en corderos Rasa Aragonesa. Hubo un mayor contenido de C12:0 y C14:0 en corderos lactantes (L12) que se alimentaron sólo con leche de oveja la cual es rica en AG de cadena corta, como C12:0 y C14:0 (Bargo *et al.*, 2006).

Table 2. Mean and standard error (SE) for the fatty acid profile (% total fatty acids) in six fat depots of male Lacha lambs slaughtered at 12 (L12), 24 (L24), and 36 kg (L36) live weight.

Cuadro 2. Media y error estándar (SE) para el perfil de ácidos grasos (% de ácidos grasos totales) en seis depósitos de grasa de corderos machos Lacha sacrificados a 12 (L12), 24 (L24) y 36 (L36) kg de peso vivo.

		L12		L24		L36		p<
		Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	
OM	C12:0	1.32 ^a	0.60	0.77 ^b	0.26	0.29 ^c	0.05	0.001
	C14:0	10.02 ^a	2.11	8.69 ^b	1.36	5.28 ^c	0.53	0.001
	C16:0	25.31 ^a	2.16	26.24 ^b	0.83	25.05 ^a	1.28	0.045
	C18:0	15.33 ^a	1.16	20.28 ^b	3.07	19.15 ^c	1.36	0.001
	C18:1n-9cis	41.05 ^a	3.73	37.37 ^b	3.04	41.48 ^c	1.88	0.001
	C18:2n-6	1.85 ^a	0.31	2.12 ^b	0.35	3.28 ^c	0.55	0.001
	C18:3n-3	1.00 ^a	0.37	0.45 ^b	0.06	0.34 ^c	0.04	0.001
	n-6/n-3	1.85 ^a	0.33	4.71 ^b	0.41	9.65 ^c	0.69	0.001
	Δ ⁹ desaturase	0.73 ^a	0.03	0.65 ^b	0.02	0.68 ^b	0.02	0.006
MES	C12:0	1.25 ^a	0.56	0.76 ^b	0.23	0.27 ^c	0.04	0.001
	C14:0	9.82 ^a	2.12	7.72 ^b	1.29	4.94 ^c	0.38	0.001
	C16:0	24.66 ^a	1.82	25.92 ^b	1.47	24.02 ^a	0.77	0.001
	C18:0	15.00 ^a	1.03	19.22 ^b	2.60	18.48 ^c	1.11	0.001
	C18:1n-9cis	41.34 ^a	3.59	38.69 ^b	3.13	42.81 ^c	1.27	0.001
	C18:2n-6	1.80 ^a	0.28	2.10 ^b	0.25	2.94 ^c	0.32	0.001
	C18:3n-3	0.66 ^a	0.14	0.98 ^b	0.05	0.86 ^c	0.03	0.001
	n-6/n-3	2.73 ^a	0.45	2.14 ^b	0.48	3.42 ^c	0.52	0.001
	Δ ⁹ desaturase	0.73 ^a	0.01	0.67 ^b	0.02	0.70 ^b	0.02	0.004
KK	C12:0	0.82 ^a	0.34	0.55 ^b	0.15	0.26 ^c	0.04	0.001
	C14:0	6.88 ^a	1.79	6.56 ^b	1.28	4.52 ^c	0.45	0.001
	C16:0	21.31 ^a	2.25	23.09 ^b	1.43	22.78 ^b	1.00	0.001
	C18:0	18.69 ^a	1.66	24.06 ^b	3.68	22.76 ^c	1.64	0.001
	C18:1n-9cis	46.33 ^a	3.63	39.26 ^b	3.32	41.14 ^c	1.94	0.001
	C18:2n-6	1.94 ^a	0.36	2.17 ^b	0.37	3.50 ^b	0.43	0.001
	C18:3n-3	1.16 ^a	0.22	0.45 ^b	0.06	0.35 ^c	0.03	0.001
	n-6/n-3	1.67 ^a	0.39	4.82 ^b	0.45	10.00 ^c	0.89	0.001
	Δ ⁹ desaturase	0.71 ^a	0.02	0.62 ^b	0.01	0.65 ^b	0.02	0.008
SC	C12:0	1.60 ^a	0.79	0.70 ^b	0.23	0.26 ^c	0.05	0.001
	C14:0	11.16 ^a	2.59	7.71 ^b	1.64	4.99 ^c	0.53	0.001
	C16:0	25.49 ^a	1.98	24.92 ^b	1.44	25.24 ^a	1.01	0.046
	C18:0	11.05 ^a	1.43	15.03 ^b	2.69	12.55 ^c	1.38	0.001
	C18:1n-9cis	44.23 ^a	4.21	43.28 ^a	2.99	46.52 ^b	1.44	0.001
	C18:2n-6	1.62 ^a	0.22	2.01 ^b	0.24	2.86 ^b	0.36	0.001
	C18:3n-3	1.26 ^a	0.23	0.50 ^b	0.05	0.34 ^c	0.03	0.001
	n-6/n-3	1.29 ^a	0.25	4.02 ^b	0.41	8.41 ^c	0.56	0.001
	Δ ⁹ desaturase	0.80 ^a	0.03	0.74 ^b	0.03	0.79 ^a	0.02	0.009
IN	C12:0	1.15 ^a	0.54	0.72 ^b	0.20	0.33 ^c	0.05	0.001
	C14:0	8.76 ^a	2.32	7.91 ^b	1.35	5.66 ^c	0.49	0.001
	C16:0	24.78 ^a	2.31	25.16 ^b	1.65	24.88 ^a	0.88	0.007
	C18:0	13.58 ^a	1.51	15.32 ^b	2.50	14.71 ^a	1.49	0.001
	C18:1n-9cis	45.26 ^a	3.87	43.23 ^b	3.51	47.76 ^c	1.33	0.001
	C18:2n-6	1.82 ^a	0.23	2.03 ^b	0.26	2.03 ^b	0.41	0.008
	C18:3n-3	0.75 ^a	0.31	0.50 ^b	0.06	0.41 ^c	0.05	0.001
	n-6/n-3	2.43 ^a	0.32	4.06 ^b	0.52	4.95 ^c	0.59	0.001
	Δ ⁹ desaturase	0.77 ^a	0.03	0.74 ^b	0.02	0.76 ^a	0.02	0.006
IM	C12:0	0.96 ^a	0.45	0.42 ^b	0.12	0.15 ^c	0.02	0.001
	C14:0	8.17 ^a	2.01	4.92 ^b	0.99	3.09 ^c	0.32	0.001
	C16:0	22.96 ^a	2.16	23.59 ^a	1.18	24.66 ^b	1.01	0.006
	C18:0	11.70 ^a	1.07	15.43 ^b	1.77	14.02 ^c	0.73	0.001
	C18:1n-9cis	45.81 ^a	4.19	44.65 ^b	2.07	48.12 ^c	1.35	0.001
	C18:2n-6	4.48 ^a	1.00	4.43 ^a	0.98	4.18 ^b	0.73	0.001
	C18:3n-3	0.69 ^a	0.18	0.69 ^a	0.07	0.35 ^b	0.03	0.001
	n-6/n-3	6.88 ^a	1.02	6.42 ^a	0.99	11.91 ^b	1.21	0.001
	Δ ⁹ desaturase	0.80 ^a	0.03	0.74 ^b	0.03	0.77 ^a	0.02	0.001

OM: omental; MES: mesenteric; KK: kidney knob; SC: subcutaneous; IN: intermuscular; IM: intramuscular ❖ OM: omental; MES: mesentérico; PVR: pelviorrenal; SC: subcutáneo; IN: intermuscular; IM: intramuscular.

^{a, b, c}: Means with different letter in a row are statistically different (Tukey, p≤0.05) ❖ ^{a, b, c}: Promedios con distinta letra en una hilera son estadísticamente diferentes (p≤0.05).

supplement of concentrate and straw. Conversely, heavier (L36) lambs showed higher C18:1n-9cis and lower C18:0 content than L24. The analysis of these results indicated that an increase of C18:1n-9cis at the expense of C18:0 in heavier lambs was due to the increase in Δ^9 desaturase activity, observed in L36. This result is in agreement with that reported by Hocquette *et al.* (1998) who show a higher C18:0 desaturation enzyme activity in heavier animals.

The n-6 fatty acid in fat depots in L12 to L36 increased (around 70 %), although there was only a 7 % decrease in muscle fat (IM). Conversely, a 60 % decrease n-3 in fat depots was observed. According to Nürnberg *et al.* (1998), higher concentrations of C18:2n-6 and lower C18:3n-3 in heavier animals are due to the concentrate feed composition supplied to the animals.

The n-6/n-3 ratio is a good indicator of the fat nutritional quality (Enser *et al.*, 2001); the suitable balance for n-6/n-3 recommended by COMA (1994) is 4. In our study, the n-6/n-3 ratio in Lacha lambs agrees with that reported by Cañeque *et al.* (2005) in Manchego lambs. In all fat depots, a general increase of n-6/n-3 was observed in heavier lambs (Table 2). Regardless of other fat depots, intramuscular fat from L36 showed a more unfavorable n-6/n-3 ratio than L12 (11.91 *vs.* 6.88; $p \leq 0.001$). These differences could be a consequence of fatty acid composition in the diet, since C18:2n-6 predominates in concentrate feed supplied to L36 (Raes *et al.*, 2004). According to French *et al.* (2000), these differences could be due to the FA composition of the mother's diet, since C18:3n-3 is the major fatty acid in grass lipids supplied to ewes.

Changes in the FA ratios (SFA, MUFA and PUFA) between L12, L24 and L36 were also observed (Figure 1).

There was a higher SFA content in lambs slaughtered at 24 kg (Figure 1), whereas L36 showed lower SFA content and higher carcass fatness scores (Table 1). The correlation between carcass fatness score and total SFA in heavier lambs was negative ($r = -0.41$; $p \leq 0.05$). The analysis of these results indicate that fatness is not related to increased SFA as reported by Cañeque *et al.* (2005), and the influence of factors such as weaning and diet, is important. In general, the proportion of SFA was the same at L12 and L36; however, the SFA lipid profile was different for both slaughter weights. For L12 short-chain FA

Los corderos L36 tuvieron contenidos de C18:0 y C18:1n-9cis mayores que L12 ($p \leq 0.001$). El incremento general de contenido de AG C18, observado después del destete, podría deberse a que los corderos comienzan a consumir concentrado y paja, los cuales contienen AG de cadena larga. Sin embargo, se observó un aumento en C18:0 y una disminución en C18:1n-9cis en los depósitos de grasa después del destete (L12 a L24) (Cuadro 2). Esta observación se relaciona con una actividad baja de Δ^9 desaturasa en corderos L24 y cambios en el suplemento de concentrado y paja. En cambio, los corderos más pesados (L36) mostraron mayor contenido de C18:1n-9cis y menor contenido de C18:0 que L24. El análisis de estos resultados indicó que un aumento en C18:1n-9cis a expensas de C18:0 en corderos más pesados se debió al aumento en actividad Δ^9 desaturasa, observada en L36. Este resultado coincide con lo reportado por Hocquette *et al.* (1998), quienes mencionan una mayor actividad de la enzima de desaturación de C18:0 en animales más pesados.

El ácido graso n-6 aumentó en depósitos de grasa en L12 a L36 (alrededor de 70 %), aunque sólo hubo una disminución de 7 % en grasa muscular (IM). A la inversa, hubo una disminución del 60 % de AG n-3 en los depósitos de grasa. Según Nürnberg *et al.* (1998), las concentraciones mayores de C18:2n-6 y menores de C18:3n-2 en animales más pesados se deben a la composición del alimento concentrado proporcionado a los animales.

La razón de n-6/n-3 es un buen indicador de la calidad nutricional de la grasa (Enser *et al.*, 2001); el equilibrio apropiado para n-6/n-3 recomendado por COMA (1994) es 4. En el presente estudio, la razón n-6/n-3 en corderos Lacha coincide con la reportada por Cañeque *et al.* (2005) en corderos Manchego. En todos los depósitos de grasa se observó un incremento general de n-6/n-3 en corderos más pesados (Cuadro 2). Sin importar lo de otros depósitos de grasa, la grasa intramuscular de L36 mostró una tasa n-6/n-3 más desfavorable que L12 (11.91 *vs.* 6.88; $p < 0.001$). Estas diferencias podrían ser consecuencia de la composición de AG en la dieta ya que C18:2n-6 predomina en el concentrado proporcionado a L36 (Raes *et al.*, 2004). Según French *et al.* (2000), estas diferencias podrían deberse a la composición de AG de la dieta de la madre, dado que C18:3n-3 es el ácido graso más importante en los lípidos de pasto suministrados a las ovejas.

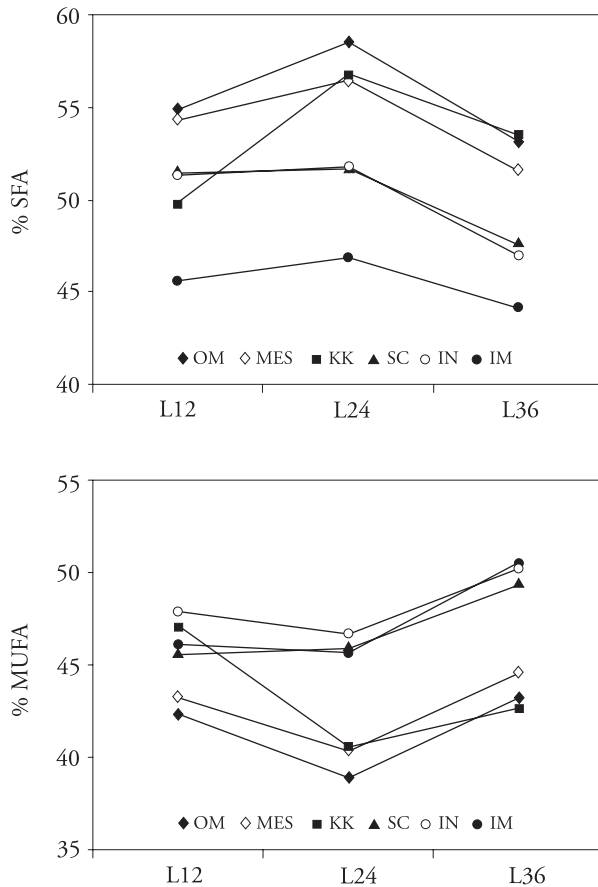
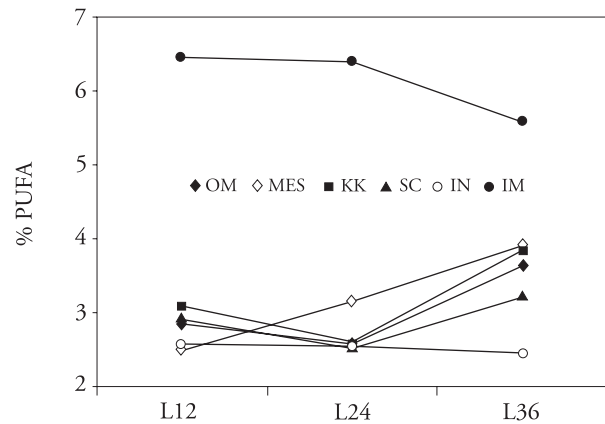


Figure 1. Saturated (SFA), monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated fatty acid (PUFA) content (% total fatty acids) in six fat depots of male Lacha lambs, slaughtered at 12 (L12), 24 (L24), and 36 kg (L36) live weight.

Figura 1. Contenido (% total de ácidos grasos) de ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) en seis depósitos de grasa en corderos machos Lacha, sacrificados a 12 (L12), 24 (L24) y 36 (L36) kg de peso vivo.

OM: omental; MES: mesenteric; KK: kidney knob; SC: subcutaneous; IN: intermuscular; IM: intramuscular ❖ OM: omental; MES: mesentérico; PVR: pelvicorrenal; SC: subcutáneo; IN: intermuscular; IM: intramuscular.



(C12:0 and C14:0) concentration was higher than in L36, while C18:0 content was highest in L36 (approximately 20 %). Regarding nutritive value, short-chain FA consumption is associated with an increased plasma cholesterol and low density lipoprotein (LDL) levels, linked to a higher coronary disease risks (Grundy, 1987). An increase of 7.4 % in C16:0 was found in meat fat between L12 and L36; this fatty acid is also harmful for human health. No differences in the C16:0 were observed between L12 and L36 in the remaining fat depots.

In all fat deposits, the lowest MUFA content ($p \leq 0.001$) was in L24 and the highest in L36; this association between MUFA content and lamb' fatness was reported by Castro *et al.* (2005). Lower and higher carcass fatness scores were also observed in L24 and L36 (Table 1). The analysis of these results suggest that different growth patterns take place for lambs slaughtered at 12, 24 and 36 kg live weight; besides, according to Huerta-Leindez *et al.* (1996), the state of fatness affects fatty acid composition. Thus, L24 metabolisms of lambs was

También se observaron cambios en la razón de AG (SFA, MUFA y PUFA) entre L12, L24 y L36 (Figura 1).

Hubo un mayor contenido de SFA en corderos sacrificados a 24 kg (Figura 1), mientras que L36 mostró menor contenido de SFA y calificaciones de mayor gordura de la canal (Cuadro 1). La correlación negativa entre la calificación de gordura de la canal y SFA total en corderos más pesados fue negativa ($r = -0.41$; $p \leq 0.05$). El análisis de estos resultados indica que la gordura no está relacionada con un aumento de SFA, según reportan Cañeque *et al.* (2005), y la influencia de factores como el destete y la dieta es importante. En general, la proporción de SFA fue la misma en L12 y L36; sin embargo, el perfil de lípidos de SFA fue diferente para ambos pesos de sacrificio. Para L12, la concentración de AG de cadena corta (C12:0 y C14:0) fue mayor que en L36, mientras que el contenido de C18:0 fue más alto en L36 (aproximadamente 20 %). Respecto al valor nutritivo, el consumo de AG de cadena corta se asocia con niveles mayores

focused on muscular growth (leaner carcasses) and associated to lower C18:1n-9cis levels, whereas fat increase observed from L24 to L36 was due mainly to increased C18:1n-9cis (around 10 %).

PUFA content was higher in the IM than in any other fat depots (Figure 1), a finding similar to that reported by Horcada *et al.* (2009) in Rasa Aragonesa lambs. In OM, MES, KK and SC fat depots, higher PUFA content was observed in heavier lambs which, in contrast, showed lower muscle fat PUFA content. Generally, the type of diet tend to cause similar effects on FA composition, regardless of the anatomical location of fat depots (Bas *et al.* 2000). However, forage consumption in heavier lambs affected the increased PUFA concentration found in OM, MES, KK and SC; this influence was not evident in muscle fat. Therefore, fat deposition processes in the muscle differ with respect to other anatomical locations. The difference observed from PUFA content between fat depots can be explained because fat muscle taken from different body regions may differ in their structure and metabolic characteristics (Thornton *et al.* 1983). The initial fat accumulation process is related to an increase in the number of adipocytes (Flint and Vernon, 1993). PUFA are basically present in cell membrane phospholipids, and in OM, MES, KK and SC increased PUFA content were observed in 24 kg live weight lambs. This, fat accumulation processes takes place from 24 kg live weight onwards, and it was assumed that at this body weight there is an increased number of adipocytes. The lowest PUFA in meat fat was observed in L36, as IM accumulation starts at later stages. In this respect, Diaz *et al.* (2005) found that PUFA in intramuscular lamb fat is similar throughout the carcass.

In general, PFA/SFA ratios were in agreement with those reported by Banskalieva *et al.* (2000) for lambs (0.07-0.25). The adequate PUFA/SFA balance suggested by Huntly (1995) to avoid coronary heart disease risk is 0.4. In our study, 0.03-0.08 ratios were observed in most fat depots, whereas IM fat showed a more favorable ratio (0.13-0.14). In L24 an increased PFA/SFA ratio was observed in fat depots (25 % range); conversely, muscle fat ratio showed a decrease (7 %). This was because fat deposition follows different patterns between muscle and other fat deposits. Thus, muscle phospholipid content is relatively constant and contains mainly PUFA, while

de colesterol del plasma y lipoproteína de baja densidad (LBD), vinculados con mayores riesgos de enfermedad coronaria (Grundy, 1987). Hubo un aumento de 7.4 % en C16:0 en la grasa de la carne entre L12 y L36; este ácido graso también es dañino para la salud humana. No se observaron diferencias en el C16:0 entre L12 y L36 en los depósitos restantes de grasa.

En todos los depósitos de grasa, el contenido más bajo de MUFA ($p \leq 0.001$) estuvo en L24 y el mayor en L36; esta asociación entre el contenido de MUFA y la gordura de los corderos fue reportada por Castro *et al.* (2005). También se observaron menores y mayores calificaciones en grasa de la canal en L24 y L36 (Cuadro 1). El análisis de estos resultados sugiere que distintos patrones de crecimiento ocurren en corderos sacrificados a 12, 24 y 36 kg de peso vivo; además, según Huerta-Leidenz *et al.* (1996), el estado de gordura afecta la composición de AG. Por ende, el metabolismo de corderos L24 se concentró en crecimiento muscular (canales más magras) y asociados con menores niveles de C18:1n-9cis, mientras que el aumento en grasa observado de L24 a L36 se debió principalmente al mayor C18:1n-9cis (alrededor de 10 %).

El contenido de PUFA fue mayor en el IM que en cualquier otro depósito de grasa (Figura 1), un hallazgo similar al reportado por Horcada *et al.* (2009) en corderos Rasa Aragonesa. En los depósitos de grasa OM, MES, PVR y SC, se observó mayor contenido de PUFA en corderos más pesados, los cuales, en contraste, mostraron menor contenido de grasa PUFA en el músculo. En general, el tipo de dieta tiende a causar efectos similares en la composición de AG, sin importar la ubicación anatómica de los depósitos de grasa (Bas *et al.*, 2000). Sin embargo, el consumo de forraje en corderos más pesados influyó en la mayor concentración de PUFA encontrada en OM, MES, PVR y SC, lo cual no fue evidente en la grasa muscular. Por tanto, los procesos de depósito de grasa en el músculo difieren respecto a otras ubicaciones anatómicas. La diferencia observada del contenido de PUFA entre depósitos de grasa puede explicarse porque la grasa muscular tomada de distintas regiones corporales puede diferir en su estructura y características metabólicas (Thornton *et al.*, 1983). El proceso inicial de acumulación de grasa se relaciona con un aumento en el número de adipositos (Flint y Vernon, 1993).

levels of the neutral lipids, present primarily in fat depots, depend on fat content (Sharma *et al.*, 1987). The decrease of SFA levels in muscle fat was higher than that of PUFA as fatness increased, leading to a reduction in PUFA/SFA ratio. However, in other fat depots, decrease in SFA levels was less pronounced than PUFA decrease as fatness increased; as a result, PUFA/SFA ratio increased.

CONCLUSIONS

Fatty acid profiles from different fat depots in Lacha lambs were dependent on weight, changes in diet and carcass fatness. The most important changes in fat depots composition take place after lambs are weaned, mainly as a consequence of the diet change, from mother's milk to solid food, and the onset of ruminant activity. Fat storage reserve processes in heavier lambs are mainly due to an increase in monounsaturated fatty acid, mostly oleic. As far as polyunsaturated fatty acids are concerned, storage patterns differ according to the specific fat depot. Polyunsaturated fatty acid composition in muscle fat remained in similar proportion in all the studied lamb types, whereas heavier lambs showed an increase in fat depots. From a nutritional point of view, the slaughter of Lacha lambs at 24 kg is the best advisable option because this weight is associated to n-6/n-3 and polyunsaturated/saturated ratios, favorable for human diets.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Interministerial Science and Technology Board (CICYT) for funding this study.

LITERATURE CITED

- Banskalieva, V., T. Sahl, and A. L. Goetsch. 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Rumin. Res.* 37: 255-268.
- Bargo, F., J. E. Delahoy, G. F. Schroeder, and L. D. Muller. 2006. Milk fatty acid composition of dairy cows grazing at two pasture allowances and supplemented with different levels and sources of concentrate. *Anim. Feed Sci. Technol.* 125: 17-31.
- Bas, P., and P. Morand-Fehr. 2000. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. *Liv. Prod. Sci.* 64: 61-79.
- Bligh, E. G., and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37: 911-917.

Los PUFA básicamente están presentes en los fosfolípidos de las membranas celulares, y en los depósitos OM, MES, PVR y SC el contenido de PUFA fue mayor en corderos de 24 kg de peso vivo. Este proceso de acumulación de grasa ocurre desde el peso vivo de 24 kg, y se consideró que en este peso corporal habrá un mayor número de adipositos. El contenido de PUFA más bajo en la grasa de la carne se observó en L36, ya que la acumulación IM inicia en etapas posteriores. Al respecto, Diaz *et al.* (2005) indican que el PUFA en grasa intramuscular de cordero es similar en toda la canal.

En general, las tasas PFA/SFA coincidieron con las reportadas por Banskalieva *et al.* (2000) para corderos (0.07-0.25). El equilibrio apropiado de PUFA/SFA sugerido por Hunty (1995) para evitar el riesgo de enfermedad cardíaca coronaria es 0.4. En el presente estudio, las tasas fueron 0.03-0.08 en la mayoría de los depósitos de grasa, mientras que la grasa IM mostró una tasa más favorable (0.13-0.14). En L24, hubo una mayor tasa PFA/SFA en depósitos de grasa (25 % de rango); en cambio, la tasa de grasa muscular se redujo 7 %. Esto se debe a que el depósito de grasa sigue patrones diferentes entre el músculo y otros depósitos de grasa. Por ende, el contenido muscular de fosfolípidos es relativamente constante y contiene principalmente PUFA, mientras que los niveles de lípidos neutrales, presentes principalmente en los depósitos de grasa, dependen del contenido de grasa (Sharma *et al.*, 1987). La disminución en niveles de SFA en grasa muscular fue mayor que la de PUFA conforme aumentaba la gordura, lo cual redujo la razón PUFA/SFA. Sin embargo, en otros depósitos de grasa, la disminución en los niveles de SFA fue menos pronunciada que la disminución en PUFA conforme la gordura aumentó; como resultado, la razón PUFA/SFA se incrementó.

CONCLUSIONES

Los perfiles de ácidos grasos de distintos depósitos de grasa en corderos Lacha dependieron del peso, los cambios en la dieta y la gordura de la canal. Los cambios más importantes en la composición de los depósitos de grasa ocurren después de que los corderos se destetan, principalmente como consecuencia del cambio de dieta, de la leche materna al alimento sólido, y el comienzo de la actividad del rumen. Los procesos de reserva de grasa

- Cañeque, V., M. T. Díaz, I. Álvarez, S. Lauzurica, C. Pérez, and J. De la Fuente. 2005. The influences of carcass weight and depot on the fatty acid composition of fats of suckling Manchego lambs. *Meat Sci.* 70: 373-379.
- Castro, T., T. Manso, A. R. Mantecón, J. Guirao, and V. Jimeno. 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.
- Díaz, M. T., I. Álvarez, J. De la Fuente, C. Sañudo, M. M. Campo, M. A. Oliver, M. Font i Furnols, F. Motossi, R. San Julián, G. R. Nute, and V. Cañeque. 2005. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Sci.* 71: 256-263.
- 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. Hallet, B. Hewitt, G. A. J. Fursey, and J. D. Wood. 1996. Fatty acid content and composition of english beef, lamb and pork at retail. *Meat Sci.* 42: 443-456.
- Enser, M., N. Scollan, S. Gulati, I. Richardson, G. Nute, and J. Wood. 2001. The effect of ruminally-protected dietary lipid on the lipid composition and quality of beef muscle. *In: Proc. of the 47th Int. Congress of Meat Sci. Technol.* 1: 12-13.
- European Communities. 1986. Council Directive 86/609/EEC of 24 November 1986 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States regarding the protection of animals used for experimental and other scientific purposes. *Official J. Union L* 358: 1-28.
- 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.
- Field, R. A., J. C. Williams, and G. J. Miller. 1983. The effect of diet on lamb flavor. *Food Technol.* 37: 258-261.
- Flint, D. J., and R. G. Vernon. 1993. Hormones and adipose growth. *In: Scheidman, M. P., C. G. Scans, and P. K. T. Pand (eds). The Endocrinology of Growth, Development and Metabolism in Vertebrates.* Academy Press, Orlando. pp: 469-494.
- French, P., C. Stanton, F. Lawless, E. G. O'Riordan, F. J. Monahan, and P. J. Caffrey. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci.* 78: 2849-2855.
- Grundy, S. M. 1987. Monounsaturated fatty acids, plasma, cholesterol and coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nut.* 45: 1168-1175.
- Hocquette, J. F., B. Graulet, and T. Olivecrona. 1998. Lipoprotein lipase activity and mRNA levels in bovine tissues. *Comp. Biochem. Physiol. B-Biochem. Mol. Biol.* 121: 201-212.
- Horcada I., A., M. J. Beriain A., G. Lizaso T., K Insausti B., y A. Purroy U. 2009. Efecto del sexo y del depósito graso de almacenaje en corderos más pesados se deben principalmente a un aumento en los ácidos grasos monoinsaturados, en su mayoría oleico. En cuanto a los ácidos grasos poliinsaturados, los patrones de almacenaje difieren según los depósitos de grasa específicos. La composición de ácidos grasos poliinsaturados en la grasa muscular se mantuvo en proporción similar en todos los tipos de corderos estudiados, mientras que los corderos más pesados mostraron un aumento en depósitos de grasa. Desde un punto de vista nutricional, el sacrificio de corderos Lacha a 24 kg es la opción más recomendable porque este peso está asociado con las tasas n-6/n-3 y poliinsaturada/saturada favorables para la dieta humana.
- Fin de la versión en español—
- *—
- en la composición de la grasa de los corderos de raza Rasa Aragonesa. *Agrociencia* 43: 803-813.
- Huerta-Leindez, N. O., H. R. Cross, J. W. Savell, D. K. Luna, J. F. Baker, and S. B. Smith. 1996. Fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from males calves at different stages of growth. *J. Anim. Sci.* 67: 541-547.
- Hunty, A. 1995. The COMA report on nutritional aspects of cardiovascular disease: the scientific evidence. *British Food J.* 97(9): 30-32.
- Juárez, M., A. Horcada, M. J. Alcalde, M. Valera, A. M. Mullen, and A. Molina. 2008. Estimation of factors influencing fatty acid profiles in light lambs. *Meat Sci.* 79: 203-210.
- Malau-Aduli, A. E. O., B. D. Siebert, D. K. Bottema, and W. S. Pitchford. 1998. Breed composition of muscle phospholipids in Jersey and Limousin cattle. *J. Anim. Sci.* 76: 766-773.
- Nürnberg, K., J. Wegner, and K. Ender. 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livest. Product. Sci.* 56: 145-156.
- Raes, K., S. De Smet, and D. Demeyer. 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid in lamb, beef, and pork meat: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 113: 199-221.
- Sañudo, C., M. E. Enser, M. M. Campo, G. R. Nute, G. María, I. Sierra, and J. D. Wood. 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Sci.* 54: 339-346.
- Sharma N., G. Gandemer, and R. Goutefongea. 1987. Comparative lipid composition of porcine muscles at different anatomical location. *Meat Sci.* 19: 121-128.
- SPSS Inc. 2003. Manual del Usuario de SPSS Base 11.5. SPSS Inc. Chicago, USA.

Thornton, R. F., R. L. Hood, R. W. D. Rowe, and P. N. Jones. 1983. The cellular and metabolic organization of ovine subcutaneous adipose tissue. *Aust. J. Agr. Res.* 34: 447-452.

Wolfram, G. 2003. Dietary fatty acids and coronary heart disease. *Europ. J. Medic. Res.* 8: 321-324.

Wood, J. D., R. I. Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, M. M. Campo, E. Kasapidou, P. R. Sheard, and M. Enser. 2004. Effect of fatty acid on meat quality: a review. *Meat Sci.* 66: 21-32.