

Efectos del sistema de producción y la edad de sacrificio sobre el perfil de ácidos grasos intramusculares de terneros tudancos.

M.J. Humada ^a, E. Serrano ^a, C. Sañudo ^b, D.C. Rolland ^c, M.E.R. Dugan ^c

^a Centro de Investigación y Formación Agrarias (C.I.F.A.), Gobierno de Cantabria, C/Héroes 2 de mayo, 27, 39600, Muriedas, Cantabria, Spain

^b Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Zaragoza, C/Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, Spain

^c Agriculture and Agri-Food Canada, Lacombe Research Centre, 6000 C&E Trail, T4L 1W1, Lacombe, AB, Canada

Resumen

Se utilizaron treinta y tres terneros de la raza autóctona tudanca para estudiar el efecto de dos sistemas de producción (semi-extensivo vs. intensivo) y dos edades de sacrificio (12 vs. 14 meses) sobre la composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular. Entre los resultados obtenidos se puede destacar que los animales manejados en el sistema semi-extensivo presentaron valores inferiores de porcentaje de grasa intramuscular ($p \leq 0,001$), porcentaje de ácidos grasos saturados ($p \leq 0,05$), porcentaje de ácidos grasos *trans*-18:1 ($p \leq 0,001$) y cociente n-6/n-3 ($p \leq 0,001$), mostrando además estos terneros un mayor porcentaje de ácidos grasos de cadena ramificada ($p \leq 0,001$), ácidos grasos polinsaturados ($p \leq 0,001$) y ácido linoleico conjugado (CLA) ($p \leq 0,001$) que los animales manejados en el sistema intensivo. Se observaron escasas diferencias en el perfil de ácidos grasos entre las dos edades de sacrificio. Considerando globalmente los resultados, se puede decir que la carne de los animales del sistema semi-extensivo, tanto de 12 como de 14 meses, mostró un perfil de ácidos grasos más saludable desde el punto de vista del consumidor.

1. Introducción

La tudanca es una raza autóctona de Cantabria de aptitud cárnica, que está en peligro de extinción. Aunque la raza tudanca está incluida en la Indicación Geográfica Protegida (IGP) “Carne de Cantabria” (Reglamento (CE) de la Comisión N° 1483/2004 de 20 de agosto de 2004), hay pocos animales comercializados bajo esta marca debido al bajo rendimiento de su canal, que no encaja comercialmente en el mercado de la carne español, en el que actualmente se pone más énfasis en la calidad de la canal que en la calidad de la carne.

Las hembras se utilizan, mayoritariamente, como reproductoras en rebaños de nodrizas explotados en sistemas de producción semi-extensivos. Los terneros son destetados aproximadamente a los 5 meses de edad y vendidos para ser acabados fuera de la explotación. Las posibles estrategias para el acabado de estos animales pueden incluir sistemas semi-extensivos (basados en pastoreo) o intensivos (basados en la utilización de concentrado). Una dieta con un alto contenido energético hace que aumente la ganancia de peso y el nivel de grasa intramuscular lo que podría conducir a

la obtención de productos más satisfactorios desde el punto de vista organoléptico (Moloney, 2002). Por otro lado, se ha demostrado que el acabado con dietas ricas en concentrados, incrementa el nivel de ácidos grasos saturados y ácidos *trans*, ambos asociados con enfermedades coronarias y cardíacas en humanos (Hodgson, Wahlqvist, Boxall, & Balazs, 1996; Aldai, Nájera, Dugan, Celaya, & Osoro, 2007). En la bibliografía también se pueden encontrar trabajos en los que se relaciona el acabado en pastoreo con una composición más saludable de los ácidos grasos de la carne (con incrementos, por ejemplo, de ácidos grasos como los omega-3 y los ácidos *t11-18:1* y *c9-t11-18:2* beneficiosos para la salud del consumidor) (Enser *et al.*, 1998; Oteen, Lavery, Kilpatrick & Porter, 2003, Realini, Duckett, Brito, Dalla Rizza, & de Mattos, 2004).

En España la carne de vacuno procedente de animales sacrificados en torno a los 12 meses de edad representa el 35% del consumo total de carne de vacuno (MARM, 2010). A esta edad los animales de abasto alcanzan su mayor valor económico. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que a medida que aumenta la edad, mejora la calidad de la canal y se incrementa el nivel de grasa intramuscular (factores especialmente importantes en los animales con acabados en pastoreo). Aumentar la edad de sacrificio de 12 a 14 meses en los terneros tudancos podría constituir, por lo tanto, una estrategia productiva para mejorar el contenido en grasa intramuscular y el engrasamiento, lo que junto a un perfil de ácidos grasos más favorable, podría dotar a esta carne de atributos que ayuden al establecimiento de nichos de mercado y a la generación de valor añadido en las explotaciones.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de dos estrategias de producción, semi-extensiva (acabado en pastoreo y suplementación con concentrado en cantidad limitada) e intensiva (acabado en estabulación con concentrado y paja *ad libitum*), y de dos edades de sacrificio (12 vs. 14 meses) sobre el contenido en grasa intramuscular y sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular de terneros tudancos.

2. Material y Métodos

2.1. Localización del ensayo

Este ensayo se llevó a cabo entre los meses de septiembre de 2008 y octubre de 2009 en la finca experimental “Aranda” del Gobierno de Cantabria, localizada en Cóbreces, Cantabria (latitud: 43°23'15"N, longitud: 04°11'32"O). Esta finca está situada a una altitud de unos 84 metros sobre el nivel del mar en una zona clima atlántico, con una precipitación media anual de unos 1.112 mm, una temperatura media de las máximas de 22,9 °C y una temperatura media de las mínimas de 4,6 °C.

2.2. Manejo de los animales, composición de las dietas y recogida de muestras

Se utilizaron treinta y tres terneros de raza tudanca que se mantuvieron con sus madres en pastoreo hasta que fueron destetados a los cinco meses de edad. Después de

un periodo de adaptación post-destete de 15 días, los animales fueron acabados en un sistema semi-extensivo (SE) o intensivo (IN) hasta su edad de sacrificio a los 12 ó 14 meses de edad (tratamientos 12SE (n=9), 14SE (n=7), 12IN (n=8) y 14IN (n=9)). No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en el peso de destete entre los cuatro tratamientos ($121,5 \pm 25,94$ kg). Durante todo el experimento, los animales se manejaron de acuerdo a los principios de la Unión Europea para el bienestar de los animales (Directiva del Consejo 98/58/EC de 20 julio, 1998).

El protocolo experimental de los cuatro tratamientos se representa en la Fig. 1. Durante los periodos de pastoreo, los grupos 12SE y 14SE se localizaron en dos parcelas (de 1,67 y 2,05 ha, respectivamente) con un pasto mejorado con *Lolium perenne*, *Holcus lanatus* y *Trifolium repens* como especies dominantes. Estos animales recibieron un suplemento de alimento concentrado en cantidad equivalente al 1% del peso vivo medio del lote. El alimento concentrado estaba compuesto de 0,5 kg de cebada aplastada y un concentrado comercial de acabado. Durante el periodo de invernada los animales asignados al tratamiento SE fueron alimentados en grupo con ensilado de hierba *ad libitum*, 0,5 kg de cebada aplastada y 1,5 kg de concentrado comercial por cabeza. Los terneros manejados en el sistema intensivo, grupos 12IN y 14IN, después del periodo de adaptación post-destete se alojaron en dos recintos con una zona cubierta y un patio y se alimentaron con concentrado comercial y paja de cebada *ad libitum* hasta el sacrificio. La composición del concentrado comercial se detalla en el pie de la Tabla 1.

Cada dos semanas se recogieron muestras de todos los alimentos utilizados (concentrado comercial, paja, cebada y pasto) para determinar su composición química. Además se tomaron muestras de los alimentos en cuatro momentos equidistantes del ensayo para determinar su composición en ácidos grasos. Estas muestras se almacenaron a -20° C. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos de los alimentos fueron obtenidos y analizados de acuerdo con Sukhija y Palmquist (1988).

Los animales se pesaron una vez al mes y el día antes del sacrificio. La ganancia media diaria se calculó por regresión lineal. En el momento del sacrificio, a los 12 o 14 meses de edad, los animales fueron transportados hasta un matadero comercial situado a 35 km de la finca experimental, siendo sacrificados y faenados de acuerdo a las prácticas comerciales estándar. Las canales fueron clasificadas por el clasificador del matadero siguiendo la Normativa Europea (Reglamento del Consejo (EEC) N° 1208/81 de 28 abril, 1981). La puntuación de conformación de la canal se transformó a una escala de 18 puntos, en vez de 6, en la que 18 es la mejor nota de conformación posible y 1 la peor. Además, los niveles de grasa de la canal se clasificaron en una escala de 15 puntos, en vez de en 5, en la que 15 es el valor más alto de cantidad de grasa y 1 el más bajo. Después de la clasificación, la canal se mantuvo en refrigeración durante 24 horas a 2° C. El día posterior al sacrificio, se pesaron las canales, se extrajo y pesó la grasa perirrenal y se extrajo la porción del músculo *Longissimus thoracis* comprendida entre la 6ª y 7ª costilla. Esta muestra se picó y se mantuvo congelada a -80° C hasta la realización de los análisis de composición en ácidos grasos.

Tabla 1*Composición química y perfil de ácidos grasos de los alimentos*

	Concentrado ^a	Paja	Cebada aplastada	Pasto
Composición química (% MS)				
Proteína bruta	15,8	3,46	9,22	14,2
Extracto etéreo	4,57	0,62	2,16	2,70
Fibra bruta	10,2	41,9	4,66	23,6
Fibra ácido detergente	-	51,4	7,02	29,7
Fibra neutro detergente	24,8	79,3	21,8	52,3
Cenizas	6,61	7,28	2,46	11,2
Composición en ácidos grasos (%) ^b				
14:0	0,24	5,26	0,27	0,57
16:0	23,5	34,7	23,0	15,6
18:0	3,30	4,46	1,83	2,16
20:0	0,48	4,12	0,32	0,73
22:0	0,36	5,54	0,28	1,16
24:0	0,41	4,13	0,21	1,06
c9-18:1	21,8	7,85	13,5	2,89
c11-18:1	2,28	0,51	0,63	0,82
18:2n-6	42,5	14,7	53,5	14,9
18:3n-3	3,47	3,92	5,08	46,8
ΣAGS^c	28,3	58,2	25,9	21,3
ΣAGMI^d	24,1	8,36	14,2	3,71
ΣAGPI^e	45,9	18,6	58,6	61,7

^a El concentrado comercial de acabado estaba constituido por un 40,4% de maíz, 12,9% de cebada, 11% de granos secos de destilería de maíz con solubles, 10,67% de soja, 7,3% de cáscara de soja, 6,5% de harina de colza, 6% de paja de cebada (tratada con hidróxido sódico), 2,45% de carbonato cálcico, 1,17% de aceite de palma, 1% de melaza, 0,5% de bicarbonato sódico y 0,43% de cloruro sódico sobre alimento fresco.

^b Porcentaje de ácidos grasos totales cuantificados (%pt./pt.).

^c AGS (Ácidos Grasos Saturados): Suma de 14:0, 16:0, 18:0, 20:0, 22:0 y 24:0.

^d AGMI (Ácidos Grasos Monoinsaturados): Suma de c9-18:1 y c11-18:1.

^e AGPI (Ácidos Grasos Poliinsaturados): Suma de 18:2n-6 y 18:3n-3.

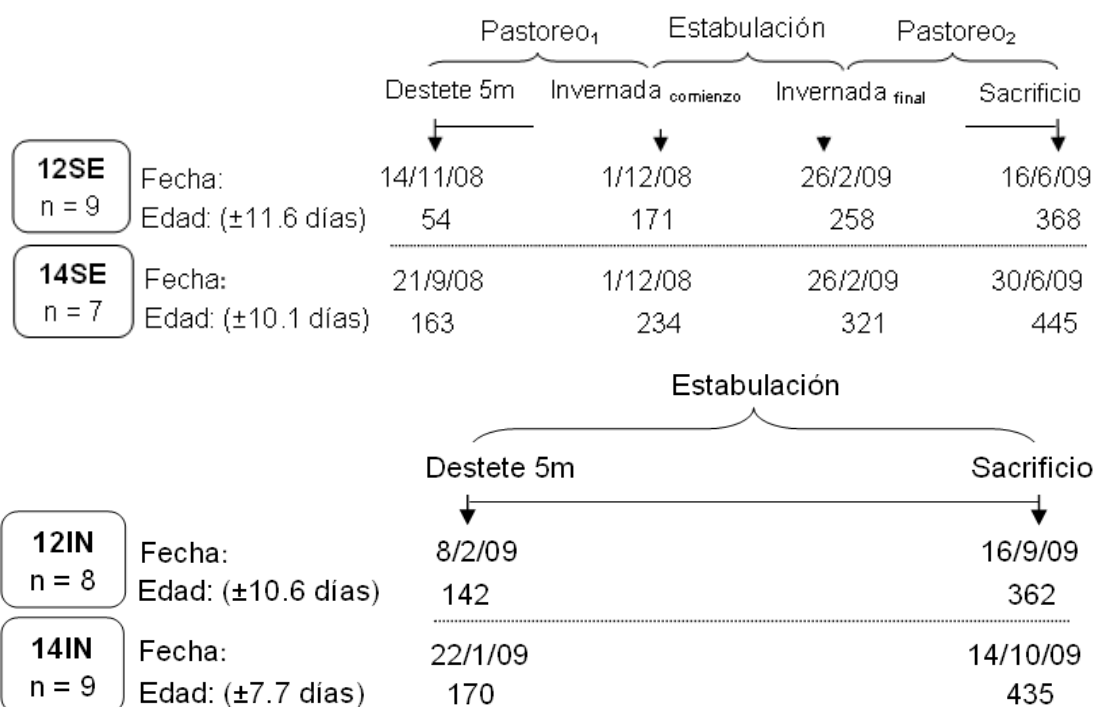


Fig. 1. Protocolo experimental de los cuatro tratamientos: 12SE (edad de sacrificio 12 meses, sistema semi-extensivo), 14SE (edad de sacrificio 14 meses, sistema semi-extensivo), 12IN (edad de sacrificio 12 meses, sistema intensivo) y 14IN (edad de sacrificio 14 meses, sistema intensivo). El formato utilizado es dd/mm/aa.

2.3. Análisis de los ácidos grasos intramusculares

2.3.1. Extracción de lípidos

La grasa intramuscular se extrajo de acuerdo con Bligh and Dyer (1959). En resumen: se añadieron 25 ml de cloroformo, 25 ml de metanol 1:2 (v/v) a 25 g de músculo, se homogeneizó en un triturador (Ultra-Turrax® T25 Basic) y el homogeneizado obtenido se centrifugó y filtró (Whatman n° 1). Después se añadieron 25 ml de cloroformo al tejido residual, homogeneizándolo de nuevo, centrifugándolo y filtrándolo. Ambos filtrados se mezclaron, se combinaron con 25 ml de KCl 0.88% (p/v) y se agitaron vigorosamente. Después de una centrifugación a 2600 x g durante 20 minutos, se evaporó el cloroformo utilizando un rotavapor (Büchi® Heating Bath B-490 y Rotavapor R-200) a 40° C. La grasa extraída se almacenó a -20 °C en nitrógeno líquido.

2.3.2. Obtención, identificación y cuantificación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se obtuvieron a temperatura ambiente siguiendo el procedimiento de metilación fría descrito en la sección 5 de IUPAC N°

2301 (1987). El estándar interno se añadió en los tubos (100 µl de 30 mg 19:0/ml cloroformo) y posteriormente se eliminó el cloroformo por evaporación bajo flujo de nitrógeno. A continuación la parte lipídica ($0,03 \pm 0,005$ g) se pasó a tubos y se redisolvió con 2 ml de hexano, se agitó durante 30 s y se añadió 1 ml de KOH (2N). De nuevo se agitaron los tubos enérgicamente durante 30 segundos y se dejaron reposar hasta que se produjo la separación de fases. La fase superior (hexano) se eliminó antes de proceder a los posteriores análisis.

Para determinar los ésteres metílicos de los ácidos grasos se utilizó un equipo Perkin Elmer Autosystem XL-FID GC con detector de ionización de llama (FID) y una columna Varian CPSil 88 (100 m \times 0,25 mm \times 0,2 µm). La temperatura inicial del horno fue de 70 °C, manteniéndola durante 4 minutos. Posteriormente se aumentó hasta 110 °C a razón de 8 °C cada 9 min, y posteriormente hasta 170 °C a razón de 5 °C cada minuto. Por último se aumentó hasta 240 °C a una velocidad de 4 °C por minuto, manteniéndola durante 14,5 minutos. El inyector y el detector se ajustaron a 250 y 260 °C respectivamente. Como gas transportador se utilizó helio con un ritmo de flujo de 1 ml/min, el volumen inyectado fue de 0,5 µl con una tasa de reparto 20:1. Con este programa de temperaturas la mayoría de los isómeros de los ácidos *trans*-18:1 (*t*-18:1) y del ácido linoleico conjugado (CLA) no pudieron ser separados, por lo que se llevaron a cabo análisis adicionales. Para el análisis del isómero *t*-18:1 se programó una temperatura de 150 °C y se mantuvo estable durante un periodo más largo según Kramer, Hernandez, Cruz-Hernandez, Kraft, & Dugan (2008). Para estos análisis se empleó un cromatógrafo de gases Varian CP-3800 equipado con un autoalimentador de muestras CP-8400, FID y una columna Varian CP-Sil 88 (100 m \times 0,25 mm \times 0,2 µm). La temperatura tanto del inyector como del detector se reguló a 250 °C y se utilizó como gas transportador hidrógeno (1 ml/min). Para el análisis de los isómeros del CLA, se empleó un Ag⁺-HPLC (Varian Prostar 230 HPLC equipado con el Varian Prostar 410 autoalimentador de muestras y el Varian Prostar 335) siguiendo las indicaciones de Cruz-Hernández *et al.* (2004).

Para la identificación mediante cromatografía de gases de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se utilizaron como patrones los ácidos grasos de la mezcla Supelco 37 Component FAME Mix de Sigma-Aldrich, Inc. Además, también se emplearon los patrones #463 y #603 de Nu-Check Prep, Inc. (Elysian, MN) que se utilizaron para identificar los ésteres metílicos que no contenía la mezcla Supelco 37. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos ramificados se identificaron utilizando el patrón de referencia de cromatografía gaseosa BC-Mix1 de Applied Science (State College, PA). Para la identificación de los isómeros del CLA se utilizó el patrón #UC-59-M de Nu-Check Prep, Inc. que contenía los isómeros *c*9,*t*11-, *t*8,*c*10-, *c*11,*t*13, *t*10,*c*12-, *c*8,*c*10-, *c*9,*c*11-, *c*10,*c*12-, *c*11,*c*13-, *t*11,*t*13-, *t*10,*t*12-, *t*9, *t*11- y *t*8,*t*10 del CLA.

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se cuantificaron utilizando las áreas de los picos y del pico correspondiente al estándar interno (19:0). Los contenidos en ácidos grasos se muestran como porcentaje del total de ésteres metílicos identificados (% en peso).

2.3. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el procedimiento GLM del programa SPSS 17.0 (2008). El modelo utilizado incluye los efectos fijos sistema de producción, edad

de sacrificio y la interacción entre ambos, de acuerdo con la siguiente ecuación: $y_{ij} = \mu + A_i + B_j + A_i \times B_j + e_{ij}$, donde y_{ij} =valor observado en la edad i en un sistema de producción j , μ =valor medio de todas las observaciones, A_i =efecto fijo edad de sacrificio, B_j =efecto fijo sistema de producción, $A_i \times B_j$ =interacción entre edad de sacrificio y sistema de producción y e_{ij} =el término error. La interacción entre ambos factores fue eliminada del modelo cuando no era significativa. Se utilizó el test Duncan para separar las medias de los tratamientos, las cuales fueron consideradas significativamente diferentes cuando $p \leq 0,05$.

3. Resultados y discusión

3.1. Composición de los alimentos, parámetros productivos y características de la canal.

La composición química y el perfil de ácidos grasos de los alimentos se presentan en la Tabla 1. El contenido en extracto etéreo de los alimentos osciló entre el 0,6% de la paja, hasta el 4,6% del concentrado. Como era de esperar (Nuernberg *et al.*, 2002; Noci, Monahan, French, & Moloney, 2005), el pasto presentó un mayor porcentaje de 18:3n-3 y de ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) y una proporción menor de 16:0, 18:2n-6, ácidos grasos saturados (AGSs) y ácidos grasos monoinsaturados (AGMIs) que el concentrado comercial y la cebada aplastada.

La cantidad de concentrado ingerida por los grupos IN fue casi cuatro veces superior a la ingerida por los grupos SE (Tabla 2). La ganancia media diaria (GMD) desde el destete hasta el sacrificio del lote 14IN fue mayor a la de los animales del lote 12IN (1086 *vs.* 986 g/día). La GMD del lote 14SE fue también significativamente mayor ($p \leq 0,001$) a la del lote 12SE durante la invernada (876 *vs.* 368 g/día) y durante el pastoreo post-invernada (1355 *vs.* 1153 g/día). Las diferencias encontradas en la GMD durante la invernada se debieron a las diferencias en las condiciones del inicio de la estabulación entre los tratamientos del sistema SE. Mientras que el tratamiento 12SE comenzó la estabulación tras un periodo de 15 días de adaptación después del destete, el tratamiento 14SE lo hizo cuando habían transcurrido dos meses del destete.

Tabla 2

Valores medios de ingestión de materia seca de concentrado (IMSC), efecto de las dos edades de sacrificio (12 vs. 14 meses) en la ganancia media diaria de peso desde el destete hasta el sacrificio ($GMD_{\text{destete-sacrificio}}$), durante el periodo de invernada ($GMD_{\text{invernada}}$) y durante el periodo de pastoreo post-invernada ($GMD_{\text{pastoreo 2}}$), y el efecto de los dos sistemas de producción y de las dos edades de sacrificio sobre el peso vivo de sacrificio, el peso de la canal fría, la notas de engrasamiento y de conformación de la canal y el peso de la grasa perirrenal de los terneros tudancos.

	Sistema de producción				ESM	<i>p</i> -valor		
	Semi-extensivo		Intensivo			Sistema de Producción	Edad de Sacrificio	SPx ES
	12 meses	14 meses	12 meses	14 meses				
IMSC (kgMS/animal)	368	494	1198	1493	-	-	-	-
$GMD_{\text{destete-sacrificio}}$ (g/d)	-	-	986 ^b	1086 ^a	0,01	-	***	-
$GMD_{\text{invernada}}$ (g/d)	368 ^b	876 ^a	-	-	0,03	-	***	-
$GMD_{\text{pastoreo 2}}$ (g/d)	1153 ^b	1355 ^a	-	-	0,02	-	***	-
Peso vivo de sacrificio (kg)	279 ^c	350 ^b	329 ^b	385 ^a	8,94	***	***	ns
Peso de la canal fría (kg)	141 ^c	187 ^b	178 ^b	213 ^a	5,97	***	***	ns
Engrasamiento de la canal (1-15)	2,3 ^b	4,4 ^a	5,4 ^a	5,0 ^a	0,30	***	ns	*
Conformación de la canal (1-18)	4,0	4,5	3,9	5,0	0,22	ns	ns	ns
Peso de la grasa perirrenal (kg)	0,53 ^d	1,14 ^c	2,17 ^b	2,74 ^a	0,17	***	***	ns

^{a,b,c} Medias con diferentes superíndices dentro de una fila difieren significativamente ($p \leq 0,05$), ns = $p > 0,1$, t = $p \leq 0,1$, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$. ESM: error estándar de la media, SP: sistema de producción y ES: edad de sacrificio.

Tanto el sistema de producción como la edad de sacrificio tuvieron un efecto significativo sobre el peso de sacrificio y el peso de la canal fría ($p \leq 0,001$). Para ambas variables, el lote 14IN presentó los valores medios más altos y el 12SE los más bajos, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los grupos 14SE y 12IN. A pesar de las diferencias encontradas en el peso de la canal, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos en la nota de conformación. El engrasamiento de la canal se vio afectado únicamente ($p \leq 0,001$) por el sistema de producción

(Moloney, Fallon, Mooney, & Troy, 2004). Los animales del grupo 12SE presentaron una nota de engrasamiento significativamente ($p \leq 0,05$) inferior a la de los otros tres grupos. El peso de la grasa perirrenal se vio significativamente afectado ($p \leq 0,001$) por el sistema de producción y por la edad de sacrificio. Los grupos del sistema semi-extensivo presentaron valores más bajos de peso de grasa perirrenal, que los del sistema intensivo ($p \leq 0,05$) y, dentro de cada sistema de producción, los animales más jóvenes presentaron valores más bajos de grasa perirrenal que los de más edad ($p \leq 0,05$). Estas diferencias son coherentes con lo esperado teniendo en cuenta las diferencias en el contenido energético de las dietas y la alta precocidad del tejido adiposo perirrenal (Vernon, 1986; Aldai *et al.*, 2007; Serrano, Cornu, Kondjoyan, Agabriel, & Micol, 2011).

3.2. Perfil de ácidos grasos

El contenido de grasa intramuscular de los animales del sistema semi-extensivo (1,1 – 1,3%) fue menor ($p \leq 0,001$) que el de los animales del sistema intensivo (3,0 – 2,7%) (Tabla 3) lo cual concuerda con el alto contenido en energía de las dietas a base de concentrado y su disponibilidad para la síntesis de grasa (Ponnampalam, Mann, & Sinclair, 2006; Wood *et al.*, 2008; Leheska *et al.*, 2008; García *et al.*, 2008). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el contenido en grasa intramuscular entre las edades de sacrificio, 12 y 14 meses, para ninguno de los dos sistemas.

El factor sistema de producción afectó al porcentaje de la mayoría de los ácidos grasos de la grasa intramuscular (Tablas 3, 4, 5 y 6). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros estudios en los que se comparan estrategias de producción que difieren en la ingestión de concentrado (García *et al.*, 2008; Leheska *et al.*, 2008). Solamente alguno de los AGMIs (*c*12-18:1, *c*15-18:1, *t*12-18:1) y AGPIs (20:2n-6, *t*9, *t*11-18:2) menos importantes y uno de los AGPIs más importante (18:2n-6), no se vieron afectados ($p > 0,05$) por el factor sistema de producción. Por otro lado, la edad de sacrificio mostró escasos efectos sobre el perfil de ácidos grasos, debido probablemente a las limitadas diferencias entre edades de sacrificio (Rule, MacNeil, & Short, 1997).

Tabla 3

Efecto del sistema de producción (semi-extensivo vs. intensivo) y la edad de sacrificio (12 vs. 14 meses) sobre el contenido de grasa intramuscular (GIM) y sobre el porcentaje (%peso/peso de la cantidad total de ácidos grasos cuantificados) de ácidos grasos saturados (AGSs) y de cadena ramificada (AGCRs) del músculo *Longissimus thoracis*.

	Sistema de producción				E.S.M.	Valores de <i>p</i>		
	Semi-extensivo		Intensivo			Sistema de Producción	Edad de Sacrificio	SPxSA
	12 meses	14 meses	12 meses	14 meses				
GIM (%)	1,14 ^b	1,31 ^b	3,03 ^a	2,7 ^a	0,195	***	ns	ns
14:0	1,10 ^b	1,37 ^b	1,77 ^a	1,8	0,084	***	ns	ns
15:0	0,37 ^a	0,35 ^a	0,26 ^b	0,2	0,011	***	ns	ns
16:0	17,6 ^b	19,1 ^b	22,6 ^a	21,	0,465	***	ns	*
17:0	0,84 ^b	0,83 ^b	0,96 ^a	1,0	0,022	***	ns	ns
18:0	16,9	17,6	16,2		0,275	*	ns	ns
20:0	0,12 ^b	0,13 ^a	0,10 ^c	0,1	0,003	***	***	ns
21:0	0,03 ^a	0,03 ^a	0,02 ^b	0,0	0,001	***	ns	ns
22:0	0,30 ^a	0,27 ^a	0,07 ^b	0,0	0,021	***	ns	ns
23:0	0,03 ^a	0,03	0,02 ^b	0,0	0,002	**	ns	ns
24:0	0,03 ^a	0,04 ^a	0,00 ^b	0,0	0,003	***	ns	ns
ΣAGS	37,4^b	39,8^{ab}	41,9^a	40,	0,588	*	ns	ns
<i>iso</i> -15:0	0,12 ^b	0,15 ^a	0,07 ^c	0,0	0,007	***	ns	ns
<i>anteiso</i> -	0,18 ^a	0,18 ^a	0,11 ^b	0,1	0,007	***	ns	ns
<i>iso</i> -16:0	0,14 ^a	0,15 ^a	0,09 ^c	0,1	0,005	***	*	ns
<i>iso</i> -17:0	0,47 ^a	0,47 ^a	0,33 ^b	0,3	0,014	***	ns	ns
<i>anteiso</i> -	0,38 ^b	0,40 ^b	0,44 ^{ab}	0,4	0,013	**	ns	ns
<i>iso</i> -18:0	0,08 ^b	0,09 ^b	0,09 ^b	0,1	0,004	**	**	t
ΣAGCR	1,37^{ab}	1,43^a	1,13^c	1,2	0,032	***	t	ns

^{a,b,c} Las medias con diferentes superíndices difieren significativamente ($p \leq 0,05$), ns = $p > 0,1$, t = $p \leq 0,1$, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$. ESM: error estándar de la media, SP: sistema productivo y ES: edad de sacrificio.

Tabla 4

Efecto del sistema de producción (semi-extensivo vs. intensivo) y de la edad de sacrificio (12 vs. 14 meses) sobre el porcentaje (%pt./pt. de la cantidad total de ácidos grasos cuantificados) de ácidos grasos monoinsaturados (AGMIs) del músculo Longissimus thoracis.

	Sistema de Producción				E.S.M.	<i>p</i> -valor		
	Semi-extensivo		Intensivo			Sistema de Producción	Edad de Sacrificio	SPxES
	12 meses	14 meses	12 meses	14 meses				
<i>c</i> 9-14:1	0,09 ^c	0,13 ^{bc}	0,23 ^a	0,18 ^{ab}	0,014	***	ns	*
<i>c</i> 7-16:1	0,22 ^a	0,22 ^a	0,14 ^b	0,13 ^b	0,008	***	ns	ns
<i>c</i> 9-16:1	1,15 ^c	1,59 ^b	2,00 ^a	2,09 ^a	0,094	***	*	ns
<i>c</i> 9-17:1	0,40 ^c	0,43 ^{bc}	0,45 ^{ab}	0,49 ^a	0,013	***	*	ns
<i>c</i> 9-18:1	22,5 ^c	26,5 ^b	30,4 ^a	29,2 ^{ab}	0,711	***	ns	*
<i>c</i> 11-18:1	1,21 ^b	1,11 ^b	1,50 ^a	1,48 ^a	0,047	***	ns	ns
<i>c</i> 12-18:1	0,32	0,31	0,32	0,30	0,008	ns	ns	ns
<i>c</i> 13-18:1	0,11 ^b	0,13 ^b	0,18 ^a	0,16 ^a	0,006	***	ns	*
<i>c</i> 14-18:1	0,07 ^a	0,07 ^a	0,06 ^b	0,06 ^b	0,002	***	ns	ns
<i>c</i> 15-18:1	0,13	0,12	0,12	0,12	0,004	ns	ns	ns
<i>c</i> 11-20:1	0,13 ^b	0,14 ^b	0,14 ^b	0,17 ^a	0,004	**	*	ns
Σ<i>c</i>-AGMI	26,4^c	30,8^b	35,5^a	34,3^a	0,813	***	ns	*
<i>t</i> 9-16:1	0,28 ^a	0,23 ^b	0,10 ^c	0,07 ^c	0,018	***	*	ns
<i>t</i> 6-t8-18:1	0,12 ^b	0,14 ^b	0,25 ^a	0,30 ^a	0,016	***	t	ns
<i>t</i> 9-18:1	0,15 ^b	0,18 ^b	0,29 ^a	0,30 ^a	0,014	***	ns	ns
<i>t</i> 10-18:1	0,29 ^c	0,29 ^c	2,31 ^b	3,88 ^a	0,324	***	t	t
<i>t</i> 11-18:1	1,98 ^a	1,99 ^a	1,16 ^b	1,00 ^b	0,119	***	ns	ns
<i>t</i> 12-18:1	0,29	0,28	0,27	0,27	0,007	ns	ns	ns
<i>t</i> 13/ <i>t</i> 14-18:1	0,64 ^a	0,61 ^a	0,40 ^b	0,41 ^b	0,024	***	ns	ns
<i>t</i> 15-18:1	0,37 ^b	0,46 ^a	0,31 ^b	0,31 ^b	0,016	***	ns	ns
<i>t</i> 16-18:1	0,24 ^a	0,25 ^a	0,11 ^b	0,10 ^b	0,014	***	ns	ns
Σ <i>t</i> -18:1	4,08 ^b	4,19 ^b	5,09 ^b	6,58 ^a	0,261	***	ns	ns
Σ<i>t</i>-AGMI	4,36^b	4,42^b	5,19^b	6,65^a	0,253	***	t	t
ΣAGMI	30,7^c	35,2^b	40,7^a	41,0^a	0,945	***	t	t

^{a,b,c} Medias con diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), ns = $p > 0,1$, t = $p \leq 0,1$, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$. ESM: error estándar de la media, SP: sistema de producción y ES: edad de sacrificio.

Tabla 5

Efecto del sistema de producción (semi-extensivo vs. intensivo) y de la edad de sacrificio (12 vs. 14 meses) sobre el porcentaje (%pt./pt. de la cantidad total de ácidos grasos cuantificados) de ácidos grasos poliinsaturados n-6 y n-3 y sobre el ratio n-6/n-3 del músculo Longissimus thoracis.

	Sistema de producción				E.S.M.	<i>p</i> -valor		
	Semi-extensivo		Intensivo			Sistema de Producción	Edad de Sacrificio	de SPxES
	12 meses	14 meses	12 meses	14 meses				
18:2n-6	14,2 ^a	10,5 ^b	9,95 ^b	10,7 ^b	0,623	ns	ns	t
18:3n-6	0,10 ^a	0,08 ^{ab}	0,06 ^{bc}	0,06 ^c	0,005	***	ns	ns
20:2n-6	0,14 ^a	0,11 ^{ab}	0,10 ^b	0,10 ^b	0,006	t	ns	ns
20:3n-6	0,85 ^a	0,63 ^b	0,53 ^b	0,48 ^b	0,040	**	t	ns
20:4n-6	4,29 ^a	2,97 ^b	2,55 ^b	2,62 ^b	0,215	**	ns	t
22:2n-6	0,02 ^a	0,02 ^a	0,01 ^b	0,01 ^b	0,001	***	ns	ns
22:4n-6	0,43 ^{ab}	0,34 ^b	0,50 ^{ab}	0,56 ^a	0,031	*	ns	ns
Σn-6	19,9^a	14,6^b	13,7^b	14,5^b	0,889	t	ns	t
18:3n-3	3,54 ^a	3,24 ^a	0,33 ^b	0,37 ^b	0,293	***	ns	ns
22:3n-3	0,04 ^a	0,04 ^a	0,01 ^b	0,01 ^b	0,003	***	ns	ns
20:5n-3	1,65 ^a	1,23 ^b	0,18 ^c	0,12 ^c	0,128	***	*	t
22:5n-3	3,10 ^a	2,36 ^b	0,69 ^c	0,59 ^c	0,216	***	*	t
22:6n-3	0,32 ^a	0,21 ^b	0,09 ^c	0,07 ^c	0,021	***	**	*
Σn-3	8,64^a	7,08^b	1,30^c	1,15^c	0,651	***	t	ns
Σn-6/Σn-3	2,30^c	2,09^c	10,6^b	12,8^a	0,859	***	*	***

^{a,b,c} Medias con diferentes superíndices indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$), ns = $p > 0,1$, t = $p \leq 0,1$, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$. ESM: error estándar de la media, SP: sistema de producción y ES: edad de sacrificio.

Tabla 6

*Efecto del sistema de producción (semi-extensivo vs. intensivo) y de la edad de sacrificio (12 vs. 14 meses) sobre el porcentaje (%pt./pt. de la cantidad total de ácidos grasos cuantificados) de ácido linoleico conjugado (CLA), otros ácidos grasos biohidrogenados (Otros biohidrogenados), ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y ratio AGPI/AGS del músculo *Longissimus thoracis*.*

	Sistema de producción				E.S.M.	<i>p</i> -valor		
	Semi-extensivo		Intensivo			Sistema de Producción	Edad de Sacrificio	SPxES
	12 meses	14 meses	12 meses	14 meses				
<i>t</i> 12, <i>t</i> 14-18:2	0,02 ^a	0,02 ^a	0,00 ^b	0,00 ^b	0,002	***	ns	ns
<i>t</i> 11, <i>t</i> 13-18:2	0,06 ^a	0,06 ^a	0,01 ^b	0,01 ^b	0,005	***	ns	ns
<i>t</i> 9, <i>t</i> 11-18:2	0,02	0,03	0,03	0,01	0,002	ns	ns	**
Σ <i>t,t</i>-CLA	0,12^a	0,14^a	0,07^b	0,04^b	0,009	***	ns	*
<i>t</i> 11, <i>c</i> 13-18:2	0,05 ^a	0,05 ^a	0,01 ^b	0,00 ^b	0,004	***	ns	ns
<i>t</i> 10, <i>c</i> 12-18:2	0,01 ^c	0,01 ^b	0,02 ^a	0,02 ^a	0,001	***	*	ns
<i>c</i> 9, <i>t</i> 11-18:2	0,49 ^a	0,49 ^a	0,25 ^b	0,21 ^b	0,028	***	ns	ns
<i>t</i> 7, <i>c</i> 9-18:2	0,03 ^c	0,04 ^c	0,07 ^b	0,08 ^a	0,004	***	**	ns
Σ <i>c,t,t,c</i>-CLA	0,65^a	0,67^a	0,40^b	0,39^b	0,028	***	ns	ns
Σ CLA	0,79^a	0,83^a	0,48^b	0,44^b	0,035	***	ns	ns
<i>c</i> 9, <i>t</i> 11, <i>c</i> 15-18:3	0,09 ^a	0,08 ^a	0,02 ^b	0,01 ^b	0,006	***	ns	ns
<i>c</i> 9, <i>t</i> 13/ <i>t</i> 8, <i>c</i> 12-18:2	0,20 ^a	0,21 ^a	0,13 ^b	0,12 ^b	0,008	***	ns	ns
other <i>c,c/c,t,t,t</i> -18:2	0,56 ^a	0,52 ^{ab}	0,44 ^b	0,47 ^b	0,015	**	ns	ns
<i>t</i> 11, <i>c</i> 15-18:2	0,26 ^a	0,23 ^a	0,09 ^b	0,12 ^b	0,015	***	ns	ns
Σ Otros biohidrogenados	1,11^a	1,04^a	0,68^b	0,72^b	0,038	***	ns	ns
Σ AGPI	30,5^a	23,6^b	16,2^c	16,8^c	1,407	***	ns	t
AGPI/AGS	0,84^a	0,60^b	0,40^b	0,41^b	0,045	***	ns	t

^{a,b,c} Medias con diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), ns = $p > 0,1$, t = $p \leq 0,1$, * = $p \leq 0,05$, ** = $p \leq 0,01$, *** = $p \leq 0,001$, ESM: error estándar de la media, SP: sistema de producción y ES: edad de sacrificio.

Σ*t,t*-CLA (%) = *t*12,*t*14-18:2 + *t*11,*t*13-18:2 + *t*10,*t*12-18:2 + *t*9,*t*11-18:2 + *t*8,*t*10-18:2 + *t*7,*t*9-18:2 + *t*6,*t*8-18:2, **Σ*c,t,t,c*-CLA (%)** = *t*12,*c*14-18:2 + *c*12,*t*14-18:2 + *t*11,*c*13-18:2 + *c*11,*t*13-18:2 + *t*10,*c*12-18:2 + *t*9,*c*11-18:2 + *c*9,*t*11-18:2 + *t*8,*c*10-18:2 + *t*7,*c*9-18:2. **ΣCLA (%)** = Σ*t,t*-CLA + Σ*c,t,t,c*-CLA + *c*9,*c*11-18:2. **ΣAGPI** = Σn-6 + Σn-3 + ΣCLA + ΣOtros Biohidrogenados.

Los ácidos palmítico (16:0), esteárico (18:0), oleico (*c*9-18:1) y linoleico (18:2n-6) fueron los ácidos grasos mayoritarios en la grasa intramuscular, resultado que coincide con los presentados por Raes *et al.* (2003) relativos al músculo *Longissimus lumborum* de cuatro orígenes: animales de raza azul belga y limusina acabados en sistemas intensivos de producción y carne de animales producidos en Irlanda y Argentina en sistemas semi-extensivos. Estos cuatro ácidos grasos representaron más de del 71% del total de ácidos grasos en los cuatro tratamientos.

3.2.1. Ácidos grasos saturados

Los niveles de AGSs en la carne de vacuno son de importancia nutricional porque el 16:0 y el ácido mirístico (14:0) incrementan el colesterol sérico, mientras que el 18:0 no tiene impacto sobre este parámetro (Hegsted, McGandy, Myers, & Stare, 1965; Leheska *et al.*, 2008). En este trabajo, no se observaron diferencias debidas a la edad de sacrificio ni en el porcentaje total ni en los porcentajes individuales de AGS ($p > 0,05$), a excepción del ácido araquídico (20:0) ($p \leq 0,001$) (Tabla 3). Los porcentajes de AGSs totales e individuales, sí se vieron afectados por el factor sistema de producción ($p \leq 0,05$). Los niveles de AGS en los animales del lote 12SE fueron significativamente inferiores a los de los lotes 12IN y 14IN ($p \leq 0,05$). Las dietas ricas en concentrados poseen más energía y los bovinos acumulan este exceso de energía en los adipocitos como triglicéridos (ricos en ácidos grasos saturados, principalmente 16:0). Realini *et al.* (2004) no encontraron diferencias en el contenido en ácidos grasos saturados al comparar cebones acabados en pastoreo (130 d) con los alimentados con concentrado (100 d).

Los ácidos grasos de cadena ramificada (AGCRs) constituyen una pequeña parte del total de ácidos grasos de la grasa intramuscular. El origen de los AGCRs, incluyendo los *iso* y *anteiso*, es controvertido y podrían derivar tanto de la síntesis *de novo* llevada a cabo en las bacterias del rumen como en los tejidos adiposos de los rumiantes (Vlaeminck, Fievez, Cabrita, Fonseca, & Dewhurst, 2006). Los efectos de los AGCR han empezado a suscitar interés recientemente por su actividad antitumoral contra el cáncer de mama en humanos (Wongtangtintharn, Oku, Iwasaki, & Toda, 2004). Esta actividad antitumoral podría derivarse de un efecto sobre la replicación celular derivado de la modulación del metabolismo de los ácidos grasos. En este trabajo, la alimentación con pasto aumentó significativamente el porcentaje AGCR (valores medios de 1,4% vs. 1,2% en los grupos en SE e IN, respectivamente). Entre los AGCR, se ha observado que el *iso*-16:0 es el que presenta una mayor actividad antitumoral (Wongtangtintharn *et al.*, 2004). En este estudio los niveles de *iso*-16:0 fueron significativamente mayores ($p \leq 0,001$) en la grasa intramuscular de los lotes producidos en el sistema semi-extensivo que en los del intensivo. Estos resultados coinciden con los observados por Manner, Maxwell, y Williams (1984).

3.2.2. Ácidos grasos monoinsaturados

El factor sistema de producción tuvo un efecto importante ($p \leq 0,001$) sobre el porcentaje de AGMI totales y *c*-AGMI (Tabla 4). Como ya había sido observado por otros autores (Realini *et al.*, 2004; Descalzo *et al.*, 2005; De la Fuente *et al.*, 2009), los

animales de los grupos IN presentaron un mayor porcentaje de AGMI totales y de *c*-AGMI ($p \leq 0,001$) que los animales de los grupos SE. Esta diferencia se debe, principalmente, a un mayor contenido en ácido oleico en la grasa de los animales del sistema IN que podría estar asociado con una mayor expresión del gen que regula la esteroil-CoA desaturasa (SCD) en los tejidos adiposos (Daniel, Wynn, Salter, & Buttery, 2004). Desde el punto de vista de la salud del consumidor, niveles más altos de ácido oleico en la dieta serían considerados positivos ya que se ha observado que aumentan la concentración en plasma de HDL colesterol y disminuyen la de LDL colesterol, lo que contribuiría a la prevención de enfermedades coronarias (Mattson & Grundy, 1985; Katan, Zock & Mensink, 1994).

Como ya había sido observado por Malau-Aduli, Siebert, Bottema, y Pitchford (1997) en el tejido adiposo de ganado limusín y jersey, el contenido total de AGMI tiende a incrementarse ($p \leq 0,10$) con la edad. Esto es coherente con los incrementos de la actividad de la esteroil-CoA desaturasa que se sabe que sucede en los tejidos adiposos de los rumiantes en crecimiento (Castillo, Pabon Restrepo, Olivera, & Carulla, 2010).

Los niveles de *c*9-16:1, *c*9-17:1 y *c*11-20:1 se vieron significativamente afectados tanto por el sistema de producción ($p \leq 0,01$) como por la edad de sacrificio ($p \leq 0,05$), lo que quizá esté también relacionado con el incremento de la expresión de la esteroil-CoA desaturasa. Además, Christie (2011) observó que el *c*9-16:1 estimula intensamente la acción de la insulina en el músculo, lo que implicaría que este ácido graso podría considerarse como un marcador de la lipogénesis *de novo* a partir de la glucosa, habitual en las dietas basadas en concentrados. El efecto del factor edad no está claro, así Cifuni, Napolitano, Pacelli, Riviezzi, & Girolami (1999) and Polak, Rajar, Gasperlin, & Zlender (2008) observaron un incremento del *c*9-16:1 y una disminución del *c*11-20:1 y del *c*9-17:1 al aumentar la edad.

Los porcentajes de *trans*-AGMI y de *t*-18:1 se vieron significativamente afectados ($p \leq 0,001$) por el factor sistema de producción. El lote 14IN presentó valores superiores ($p \leq 0,05$) a los de los otros tres tratamientos, debido principalmente a un mayor contenido de *t*10-18:1 ($p \leq 0,001$) en los tratamientos IN vs SE. Por el contrario, los animales de los grupos SE mostraron un mayor contenido de *t*11-18:1 (ácido vaccénico) y un menor contenido en otros isómeros *t*-18:1, como el *t*13/14-, el *t*15- y el *t*16-18:1 ($p \leq 0,001$). Estos resultados se corresponden con los publicados por Purchas, Knight, y Busboom (2005), Dugan *et al.* (2007) y Leheska *et al.* (2008) relativos a trabajos en los que se comparaba la alimentación a base de concentrados vs. acabado con pastoreo. Se sabe que los isómeros *t*-18:1 son producto de una biohidrogenación incompleta del 18:2n-6 y 18:3n-3 en el rumen y que estos isómeros se incorporan a los lípidos de la carne (Grinari *et al.*, 2000; Bessa, Santos-Silva, Ribeiro, & Portugal, 2000). Para los humanos, el incremento de consumo de ácidos grasos *trans* ha sido desaconsejado debido a sus efectos indeseables sobre el colesterol en sangre (Mensink & Katan, 1993). Sin embargo, los diferentes isómeros *t*-18:1 tienen actividades biológicas diferentes y así el consumo de *t*11-18:1 no está asociado con enfermedades coronarias, y puede tener otros efectos positivos sobre la salud (Field, Blewett, Proctor, & Vine, 2009).

3.2.3. Ácidos grasos poliinsaturados y sus proporciones

El porcentaje de ácidos grasos n-3 en la grasa intramuscular se vio significativamente afectado ($p \leq 0,001$) por el sistema de producción (Tabla 5). Este

efecto coincide con los resultados de French *et al.* (2000). Los valores más bajos ($p \leq 0,001$) correspondieron al sistema intensivo (promedio del 1,2% frente a 7,9% del sistema semiextensivo). Este resultado está relacionado con el bajo contenido de 18:3n-3 en la dieta del sistema IN (Tabla 1). Según Fredriksson Eriksson y Pickova (2007) el incremento en el contenido en 18:3n-3 en la carne de los terneros del sistema semiextensivo podría verse favorecido por la asociación del ácido graso con las membranas tilacoides de los cloroplastos, lo que le protegería frente a la biohidrogenación ruminal. También, la presencia de algunos compuestos secundarios de las plantas podría inhibir la actividad microbiana biohidrogenación en el rumen (Lourenço, Van Ranst, Vlaeminck, De Smet, & Fievez, 2008).

Entre los principales ácidos grasos de cadena larga de la familia n-3 se incluyen el 20:5n-3 (Eicosapentaenoico: EPA), 22:5n-3 (Docosapentaenoico: DPA) y 22:6n-3 (Docosahexaenoico: DHA). El porcentaje de estos ácidos grasos se vio influenciado tanto por el sistema de producción ($p \leq 0,001$) como por la edad de sacrificio ($p \leq 0,05$). Los valores más bajos ($p \leq 0,001$) de estos tres ácidos grasos los presentaron los animales de los grupos IN. Esta observación concuerda con lo esperado teniendo en cuenta el alto contenido en 18:3n-3 del pasto, el cual es precursor, tras procesos de elongación y desaturación, del EPA, DPA y DHA, si bien es cierto que este proceso se lleva a cabo con una baja eficiencia. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por De la Fuente *et al.* (2009) en terneros frisonos alimentados *ad libitum* con concentrado y paja de cereal hasta los 10-11 meses *versus* terneros cruzados fleckvieh x limusín criados en pastoreo y acabados, posteriormente con silo de maíz *ad libitum* y un suplemento restringido de soja y cereal hasta los 19-24 meses. Los niveles de EPA, DPA y DHA disminuyeron ($p \leq 0,05$) con la edad, lo que podría relacionarse con una disminución de la actividad de la $\Delta 6$ -desaturasa (De Gomez Dumm & Brenner, 1975), o con un proceso de dilución debida a la síntesis endógena de ácidos grasos. De nuevo los niveles de estos ácidos grasos fueron superiores en los animales de los grupos SE, lo cual implicaría efectos positivos sobre la salud humana. Como indica Simopoulos (1991), EPA y DHA pueden jugar un papel crucial en la prevención de arterioesclerosis, ataques al corazón, depresión y cáncer. También puede ser interesante tener en cuenta que la carne puede ser una fuente importante de estos ácidos grasos en zonas donde el consumo de productos del mar es limitado (Howe, Meyer, Record, & Baghurst, 2006).

El porcentaje de ácidos grasos n-6 tendió ($p \leq 0,1$) a ser superior en los animales del sistema SE (valor medio de 17,3%) respecto a los del sistema IN (valor medio de 14,1%). La tendencia a un mayor porcentaje de n-6 en los animales de los lotes SE podría estar relacionada con un contenido alto en fosfolípidos que son ricos en AGPI, incluyendo los ácidos grasos n-6. Por otro lado, los animales de los lotes IN tienen un mayor contenido triglicéridos (ricos en AGS y *cis*-AGMI), lo cual diluiría a los AGPI. Además, los mayores porcentajes de n-6 ($p \leq 0,05$) se encontraron en el tratamiento 12SE, el cual también presentó los valores más bajos de grasa intramuscular. En un estudio similar, Alfaia *et al.* (2009), no observaron diferencias significativas para el % de n-6 en la grasa intramuscular de bovinos alimentados en pastoreo y bovinos alimentados con concentrado. Estos resultados podrían ser explicados por el contenido similar de grasa intramuscular entre tratamientos, y una menor dilución de los AGPI por los AGS y AGMI en los animales alimentados con concentrado.

La proporción entre los ácidos grasos n-6 y n-3 (cociente n-6/n-3) es un índice utilizado habitualmente para evaluar el valor nutricional de las grasas (Santos-Silva, Bessa, & Santos-Silva, 2002). Hay autores como Stanley *et al.* (2007) que cuestionan la validez del cociente n-6/n-3 para predecir los efectos sobre la salud cardiovascular y que

consideran que la ingestión absoluta de n-3 de cadena larga podría ser más útil. En nutrición humana se recomienda incrementar los niveles de AGPI n-3 en la dieta de manera que el ratio n-6/n-3 se sitúe por debajo de 4:1 (Department of Health, 1994). Se sabe que alimentando al ganado vacuno con dietas ricas en forrajes, disminuye la relación n-6/n-3 de los productos obtenidos. French *et al.* (2000) observaron en un trabajo con cebones cruzados que el lote de animales alimentados con 12 kg de materia seca de pasto más 2,5 kg de concentrado presentaba valores más bajos del cociente n-6/n-3 (2,5) que otro lote de animales alimentado con 8 kg de concentrado más 1 kg de heno (4,2). Además, Cifuni, Napolitano, Riviezzi, Braghieri, y Girolami (2004) observaron en novillos de raza podolian que el acabado con cebada y paja *ad libitum* hasta los 16-18 meses, producía un incremento en los valores del cociente n-6/n-3 (11,4). El valor del cociente n-6/n-3 en los animales de los lotes SE fue menor que en los animales de los lotes IN ($p \leq 0,001$). En este trabajo, también se encontró un efecto significativo de la interacción sistema de producción y edad de sacrificio ($p \leq 0,001$) sobre la relación n-6/n-3. No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los dos lotes del sistema intensivo, los animales del lote 14SE presentaron valores del cociente n-6/n-3 superiores ($p < 0,05$) a los del lote 12SE. De nuevo, en términos de salud humana, la proporción n-6/n-3 en la carne procedente de los animales del sistema semiextensivo estuvo dentro del rango de valores recomendados (2,3–2,1) en comparación con la carne procedente de los animales del sistema intensivo (10,6–12,8).

Se registraron valores más bajos ($p \leq 0,001$) de AGPI totales en los animales procedentes del sistema IN (16,5% de media) comparado con los del sistema SE (27% de media) (Tabla 6). Este resultado puede explicarse, en parte, por el menor contenido en AGPI en el concentrado (Tabla 1) y por una mayor tasa de hidrogenación completa de AGPI y AGMI a ácidos grasos saturados por los microorganismos del rumen (Choi, Enser, Wood, & Scollan, 2000). Alfaia *et al.* (2009) obtuvieron resultados similares comparando terneros de la raza alentejana acabados en pastoreo (28,9%) hasta los ~23 meses o alimentados con concentrado (19,1%) hasta los ~15 meses.

La relación AGPI/AGS es otro índice que se utiliza para estimar el valor nutricional de la grasa. El valor recomendado para humanos de este índice es 0,45 (Department of Health, 1994). Se considera que valores superiores de este índice podrían tener efectos favorables derivados de una disminución de los niveles de colesterol en sangre (Alfaia *et al.*, 2006). La grasa intramuscular de los animales del sistema SE presentó valores más altos del índice AGPI/AGS ($p \leq 0,001$) que los animales del sistema IN. Este resultado coincide con observaciones previas de otros autores como French *et al.* (2000).

3.2.4. Perfil de isómeros del ácido linoleico conjugado (CLA)

Los isómeros del CLA se encuentran típicamente en productos derivados de los rumiantes (lácteos y carne de bovino y ovino) y son compuestos intermediarios en el proceso de biohidrogenación bacteriana de los AGPIs en el rumen (Lourenço, Ramos-Morales, & Wallace, 2010). Hay pocos estudios que hayan comparado los efectos de la alimentación con pasto *vs.* concentrado o de diferentes edades de sacrificio sobre el perfil de isómeros del CLA de la carne, para lo cual es necesario la realización de un Ag^+ -HPLC (Fritsche *et al.*, 2000; Dannenberger *et al.*, 2005). Conocer el perfil de los isómeros del CLA es importante ya que estos isómeros tienen diferentes efectos sobre la salud (Pariza, Park, & Cook, 2001).

El sistema de producción tuvo un efecto significativo ($p \leq 0,001$; Tabla 6) sobre el porcentaje de CLA total. Por el contrario, la edad de sacrificio no tuvo un efecto significativo ($p > 0,05$) sobre este porcentaje. Los animales acabados en pastoreo presentaron un contenido significativamente superior ($p \leq 0,001$) de CLA total (8,1 mg/g de ácidos grasos) al de los animales acabados en el sistema intensivo (4,6 mg/g de ácidos grasos). Varios autores (Realini *et al.*, 2004; Lorenzen *et al.*, 2007) han observado previamente que incluyendo pasto en la dieta de los animales se incrementa el contenido en CLA en su carne. García *et al.* (2008) registraron valores totales de CLA de 5,8 vs. 3,1 mg/g de ácidos grasos en el músculo *Longissimus dorsi* de cebones alimentados en pastoreo y suplementados con maíz machacado (1% peso vivo) frente a los alimentados con una dieta formada por un concentrado con maíz como ingrediente principal y heno de alfalfa.

El patrón de distribución de los isómeros *t,t*-CLA coincidió con el observado en otros trabajos (Nuernberg *et al.*, 2002; Dannenberger *et al.*, 2005), en los cuales la carne de los animales alimentados en pastoreo presentó valores superiores ($p \leq 0,001$) a la de los alimentados con concentrado. La contribución de los isómeros *t,t*-CLA fue de alrededor de un 16 y un 12% del CLA total en los animales de los lotes SE e IN, respectivamente. Los animales del sistema semi-extensivo presentaron porcentajes significativamente más elevados ($p \leq 0,001$) de *t*11, *t*13-CLA y *t*12, *t*14-CLA. Estos isómeros han sido considerados indicadores de la ingestión de hierba (Alfaia *et al.*, 2009).

Respecto al total de los isómeros *c,t/t,c*-CLA, suponen el 81,5% y 85,9% del total de isómeros del CLA en los animales de los sistema SE e IN, respectivamente. Entre los isómeros *c,t/t,c*-CLA, el más abundante fue el *c*9,*t*11-CLA (ácido ruménico). La mayoría de este isómero se origina en el proceso biohidrogenación ruminal de los AGPI a *t*11-18:1, que puede dar lugar en el rumen a 18:0 o puede pasar a los tejidos y ser convertido de nuevo en *c*9,*t*11-CLA por la enzima Δ 9-desaturasa (Griinari *et al.*, 2000). Los animales del sistema semi-extensivo tuvieron un mayor porcentaje ($p \leq 0,001$) de *c*9,*t*11-CLA que los animales del sistema intensivo (4,9 vs. 2,3 mg/g de ácidos grasos, respectivamente). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el trabajo de French *et al.* (2000), según el cual dietas con un mayor contenido de 18:3n-3, como la hierba fresca, el silo de hierba y los concentrados que contienen linaza, se asocian con una mayor deposición de *c*9,*t*11-CLA en el músculo.

Otro isómero del CLA con actividad biológica es el *t*10,*c*12-CLA (Pariza, Park, & Cook, 2000). Se ha demostrado que tanto el *c*9,*t*11-CLA como el *t*10,*c*12-CLA tienen actividad anticancerígena (Ip *et al.*, 2002). Además de sus efectos anticancerígenos, el *t*10,*c*12-CLA es responsable de la reducción de la grasa del cuerpo y de la reducción e inhibición de la actividad de la esteroil-CoA desaturasa (Pariza *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2000; Storkson, Park, Cook, & Pariza, 2005). Como los mamíferos no poseen Δ 12-desaturasa, el *t*10,*c*12-CLA no puede generarse endógenamente a partir de *t*10-18:1 y por lo tanto, viene directamente de la absorción en el tubo digestivo (Pariza *et al.*, 2000; Kraft, Collomb, Möckel, Sieber, & Jahreis, 2003). El sistema de producción ($p \leq 0,001$) y la edad de sacrificio ($p \leq 0,05$) tuvieron un efecto significativo sobre el porcentaje de *t*10,*c*12-CLA. Los animales del sistema IN presentaron porcentajes superiores ($p \leq 0,001$) a los del sistema SE. Este resultado coincide con las observaciones de Alfaia *et al.* (2009). Además, los animales de más edad presentaron porcentajes más altos ($p \leq 0,05$) de *t*10,*c*12-CLA, debido, probablemente, a una ingestión más elevada y durante más tiempo de concentrado lo que les proporciona un suplemento de carbohidratos de

rápida fermentación, lo cual ha sido asociado con un incremento de los niveles de *t10,c12*-CLA (Bauman & Griinari, 2003; Shingfield *et al.*, 2005).

El segundo isómero del CLA más abundante en los animales del sistema IN fue el *t7,c9*-CLA mientras que en los del sistema SE fue el *t11,c13*-CLA. Estos resultados concuerdan con las diferencias observadas por otros autores cuando se alimenta con altas (Yurawecz *et al.*, 1998; Fritsche *et al.*, 2000) y bajas (Nuernberg *et al.*, 2002; Dannenberger *et al.*, 2005) relaciones forraje/concentrado. Se observó también un incremento significativo ($p \leq 0,01$) en el contenido de *t7,c9*-CLA en los animales sacrificados a los 14 meses respecto a los sacrificados a los 12 meses. Corl *et al.* (2002) estudiaron la ruta metabólica para la formación de *t7,c9*-CLA en el rumen de vacas de leche y observaron que este isómero del CLA es sintetizado endógenamente casi exclusivamente mediante la $\Delta 9$ -desaturasa utilizando como sustrato el *t7-18:1* derivado del rumen. Los efectos biológicos tanto del *t7,c9*-CLA como del *t11,c13*-CLA son, sin embargo, desconocidos y dignos de estudio en futuras investigaciones.

4. Conclusiones

Los animales alimentados en pastoreo presentaron unos niveles inferiores de grasa intramuscular y el retraso de la edad de sacrificio desde los 12 a los 14 meses no aumentó el contenido de esta grasa intramuscular. Además, los animales alimentados en pastoreo también presentaron un menor porcentaje AGS y un mayor porcentaje de AGCR, AGPI y CLA, un valor menor del ratio n-6/n-3 y un perfil *t-18:1* con una mayor proporción de *t11* respecto a *t10-18:1*. Como consecuencia, la carne procedente del sistema semi-extensivo tendría un perfil de ácidos grasos más favorable para la salud de los consumidores. Esto podría proporcionar ventajas comerciales respecto a la carne procedente de sistemas de cebo convencional (basados en la utilización de concentrados). Además, la gran diferencia en la ingestión de concentrados entre los sistemas semi-extensivo e intensivo (aproximadamente de unos 900 kg/animal) sólo se tradujo en una diferencia en el peso de la canal de unos 30 kg por animal. Sin embargo, teniendo en cuenta el importante papel que juega el contenido en grasa intramuscular sobre las características organolépticas de la carne, sería necesario considerar información adicional sobre los parámetros sensoriales de la carne para valorar globalmente estos sistemas de producción.

Agradecimientos

Al soporte técnico (César Cimadevilla del Servicio de Producción Animal, Dirección General de Ganadería-Gobierno de Cantabria; Miguel Ángel Rodríguez Loperena y Carmen de Andrés del Laboratorio Agroalimentario-M.A.R.M. y T.J. Adduono del Lacombe Research Centre), al apoyo de las fincas experimentales de la Dirección General de Ganadería y al personal de la Finca Aranda, a la financiación económica (INIA RTA 2007-00003-00-00) y a las ayudas individuales recibidas por M.J. Humada (beca predoctoral en investigación FPI-INIA 2007) y E. Serrano (DOC-INIA-CCAA 2008).

Bibliografía

- Aldai, N., Nájera, A. I., Dugan, M. E. R., Celaya, R., & Osoro, K. (2007). Characterisation of intramuscular, intermuscular and subcutaneous adipose tissues in yearling bulls of different genetic groups. *Meat Science*, 76, 682–691.
- Alfaia, C. M. M., Ribeiro, V. S. S., Lourenço, M. R. A., Quaresma, M. A. G., Martins, S. I. V., Portugal, A. P. V., et al. (2006). Fatty acid composition, conjugated linoleic acid isomers and cholesterol in beef from crossbred bullocks intensively produced and from Alentejana purebred bullocks reared according to Carnalentejana-PDO specifications. *Meat Science*, 72, 425–436.
- Alfaia, C. P. M., Alves, S. P., Martins, S. I. V., Costa, A. S. H., Fontes, C. M. G. A., Lemos, J.P.C., et al. (2009). Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chemistry*, 114, 939–946.
- Bauman, D. E., & Griinari, J. M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*, 23, 203–227.
- Bessa, R. J. B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J. M. R., & Portugal, A. V. (2000). Reticulo rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livestock Production Science*, 63, 201–211.
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 1911–1912.
- Castillo, J. A., Pabon Restrepo, M. L., Olivera, M., & Carulla, J. E. (2010). Role of stearoyl CoA desaturase on conjugated linoleic acid concentration in bovine milk: A review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23, 493–500.
- Choi, N. J., Enser, M., Wood, J. D., & Scollan, N. D. (2000). Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. *Animal Science*, 71, 509–519.
- Christie, W. W. (2011). Fatty acids: Straight-chain monoenoic — Structures, occurrence and biochemistry http://lipidlibrary.aocs.org/lipids/fa_mono/index.htm
- Cifuni, G. F., Napolitano, F., Pacelli, C., Riviezzi, A. M., & Girolami, A. (1999). Effect of age at slaughter on carcass traits, fatty acid composition and lipid oxidation of Apulian lambs. *Small Ruminant Research*, 35, 65–70.
- Cifuni, G. F., Napolitano, F., Riviezzi, A. M., Braghieri, A., & Girolami, A. (2004). Fatty acid profile, cholesterol content and tenderness of meat from Podolian young bulls. *Meat Science*, 67, 289–297.
- Commission Regulation (EC) No 1483/2004 of 20 August (2004) supplementing the Annex to Regulation (EC) No 2400/96 on the entry of certain names in the Register of protected designations of origin and protected geographical indications ('Carne de la Sierra de Guadarrama', 'Termera de Navarra' or 'Nafarroako Aratxea', 'Carne de Vacuno del País Vasco' or 'Euskal Okela', 'Termera Asturiana' and 'Carne de Cantabria').
- Corl, B. A., Baumgard, L. H., Griinari, J. M., Delmonte, P., Morehouse, K., Yurawecz, M. P., et al. (2002). Trans-7, cis-9 CLA is synthesized endogenously by $\Delta 9$ -desaturase in dairy cows. *Lipids*, 37, 681–688. Council Directive 98/58/EC of 20 July (1998). Concerning the protection of animals kept for farming purposes. *Official Journal of the European Union*, L221, 23–27.
- Council Regulation (EEC) No 1208/81 of 28 April (1981). Determining the community scale for the classification of carcasses of adult bovine animals. *Official Journal of the European Union*, L123, 3.

- Cruz-Hernández, C., Deng, Z., Zhou, J., Hill, A. R., Yurawecz, M. P., Delmonte, P., et al. (2004). Methods for analysis of conjugated linoleic acids and trans-18:1 isomers in dairy fats by using a combination of gas chromatography, silver-ion thin-layer chromatography/gas chromatography, and silver-ion liquid chromatography. *Journal of AOAC International*, 87, 545–562.
- Daniel, Z. C. T. R., Wynn, R. J., Salter, A. M., & Buttery, P. J. (2004). Differing effects of forage and concentrate diets on the oleic acid and conjugated linoleic acid content of sheep tissues: The role of stearoyl-CoA desaturase. *Journal of Animal Science*, 82, 747–758.
- Dannenberger, D., Nuernberg, K., Nuernberg, G., Scollan, N., Steinhart, H., & Ender, K. (2005). Effect of pasture vs. concentrate diet on CLA isomer distribution in different tissue lipids of beef cattle. *Lipids*, 40, 589–598.
- De Gomez Dumm, I. N. T., & Brenner, R. R. (1975). Oxidative desaturation of α -linolenic, linoleic, and stearic acids by human liver microsomes. *Lipids*, 10, 315–317.
- De la Fuente, J., Díaz, M. T., Álvarez, I., Oliver, M. A., Font i Furnols, M., Sañudo, C., et al. (2009). Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle reared in different production systems. *Meat Science*, 82, 331–337.
- Department of Health (1994). Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on Health and Social Subjects (pp. 46). London: HMSO.
- Descalzo, A. M., Insani, E. M., Biolatto, A., Sancho, A. M., Garcia, P. T., Pensel, N. A., et al. (2005). Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science*, 70, 35–44.
- Dugan, M., Kramer, J., Robertson, W., Meadus, W., Aldai, N., & Rolland, D. (2007). Comparing subcutaneous adipose tissue in beef and muskox with emphasis on trans 18:1 and conjugated linoleic acids. *Lipids*, 42, 509–518.
- Enser, M., Hallett, K. G., Hewett, B., Fursey, G. A. J., Wood, J. D., & Harrington, G. (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49, 329–341.
- Field, C. J., Blewett, H. H., Proctor, S., & Vine, D. (2009). Human health benefits of vaccenic acid. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34, 979–991.
- Fredriksson Eriksson, S., & Pickova, J. (2007). Fatty acids and tocopherol levels in M. Longissimus dorsi of beef cattle in Sweden — A comparison between seasonal diets. *Meat Science*, 76, 746–754.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., et al. (2000). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78, 2849–2855.
- Fritsche, J., Fritsche, S., Solomon, M. B., Mossoba, M. M., Yurawecz, M. P., Morehouse, K., et al. (2000). Quantitative determination of conjugated linoleic acid isomers in beef fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 667–672.
- Garcia, P. T., Pensel, N. A., Sancho, A. M., Latimori, N. J., Kloster, A. M., Amigone, M. A., et al. (2008). Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. *Meat Science*, 79, 500–508.
- Griinari, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V. V., & Bauman, D. E. (2000). Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ -desaturase. *Journal of Nutrition*, 130, 2285–2291.

- Hegsted, D. M., McGandy, R. B., Myers, M. L., & Stare, F. J. (1965). Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 17, 281–295.
- Hodgson, J. M., Wahlqvist, M. L., Boxall, J. A., & Balazs, N. D. (1996). Platelet trans fatty acids in relation to angiographically assessed coronary artery disease. *Atherosclerosis*, 120, 147–154.
- Howe, P., Meyer, B., Record, S., & Baghurst, K. (2006). Dietary intake of long-chain ω -3 polyunsaturated fatty acids: Contribution of meat sources. *Nutrition*, 22, 47–53.
- Ip, C., Yan, D., Ip, M. M., Banni, S., Carta, G., Angioni, E., et al. (2002). Conjugated linoleic acid isomers and mammary cancer prevention. *Nutrition and Cancer*, 43, 52–58. IUPAC No 2301 (1987). Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives. Preparation of the fatty acid methyl esters. Oxford, UK: International Union of Pure and Applied Chemistry, Blackwell.
- Katan, M. B., Zock, P. L., & Mensink, R. P. (1994). Effects of fats and fatty acids on blood lipids in humans: An overview. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 60, 1017S–1022S.
- Kraft, J., Collomb, M., Möckel, P., Sieber, R., & Jahreis, G. (2003). Differences in CLA isomer distribution of cow's milk lipids. *Lipids*, 38, 657–664.
- Kramer, J. K. G., Hernandez, M., Cruz-Hernandez, C., Kraft, J., & Dugan, M. E. R. (2008). Combining results of two GC separations partly achieves determination of all cis and trans 16:1, 18:1, 18:2 and 18:3 except CLA isomers of milk fat as demonstrated using Ag-ion SPE fractionation. *Lipids*, 43, 259–273.
- Leheska, J. M., Thompson, L. D., Howe, J. C., Hentges, E., Boyce, J., Brooks, J. C., et al. (2008). Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef. *Journal of Animal Science*, 86, 3575–3585.
- Lorenzen, C. L., Golden, J. W., Martz, F. A., Grün, I. U., Eilersieck, M. R., Gerrish, J. R., et al. (2007). Conjugated linoleic acid content of beef differs by feeding regime and muscle. *Meat Science*, 75, 159–167.
- Lourenço, M., Van Ranst, G., Vlaeminck, B., De Smet, S., & Fievez, V. (2008). Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 418–437.
- Lourenço, M., Ramos-Morales, E., & Wallace, R. J. (2010). The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. *Animal*, 4, 1008–1023. M.A.R.M. (2010). El medio ambiente y el medio rural y marino en España 2010. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 1092.
- Malau-Aduli, A. E. O., Siebert, B. D., Bottema, C. D. K., & Pitchford, W. S. (1997). A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48, 715–722.
- Manner, W., Maxwell, R. J., & Williams, J. E. (1984). Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *Journal of Animal Science*, 59, 109–121.
- Mattson, F. H., & Grundy, S. M. (1985). Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. *Journal of Lipid Research*, 26, 194–202.
- Mensink, R. P., & Katan, M. B. (1993). Trans monounsaturated fatty acids in nutrition and their impact on serum lipoprotein levels in man. *Progress in Lipid Research*, 32, 111–122.

- Moloney, A. P. (2002). The fat content of meat and meat products. In J. Kerry, J. Ledward, & D. Kerry (Eds.), *Meat processing — Improving quality* (pp. 137–153). Cambridge: Wood head Publishing Ltd.
- Moloney, A. P., Fallon, R. J., Mooney, M. T., & Troy, D. J. (2004). The quality of meat and fatness of bulls offered ad libitum concentrates, indoors or at pasture. *Livestock Production Science*, 87, 271–276.
- Noci, F., Monahan, F. J., French, P., & Moloney, A. P. (2005). The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of pasture-fed beef heifers: Influence of the duration of grazing. *Journal of Animal Science*, 83, 1167–1178.
- Nuernberg, K., Nuernberg, G., Ender, K., Lorenz, S., Winkler, K., Rickert, R., et al. (2002). N-3 fatty acids and conjugated linoleic acids of longissimus muscle in beef cattle. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 463–471.
- Pariza, M. W., Park, Y., & Cook, M. E. (2000). Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: Evidence and speculation. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 223, 8–13.
- Pariza, M. W., Park, Y., & Cook, M. E. (2001). The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, 40, 283–298.
- Park, Y., Storkson, J. M., Ntambi, J. M., Cook, M. E., Sih, C. J., & Pariza, M. W. (2000). Inhibition of hepatic stearoyl-CoA desaturase activity by trans-10,cis-12 conjugated linoleic acid and its derivatives. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1486, 285–292.
- Polak, T., Rajar, A., Gasperlin, L., & Zlender, B. (2008). Cholesterol concentration and fatty acid profile of red deer (*Cervus elaphus*) meat. *Meat Science*, 80, 864–869.
- Ponnampalam, E. N., Mann, N. J., & Sinclair, A. J. (2006). Effect of feeding systems on omega-3 fatty acids, conjugated linoleic acid and trans fatty acids in Australian beef cuts: Potential impact on human health. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 15, 21–29.
- Purchas, R. W., Knight, T. W., & Busboom, J. R. (2005). The effect of production system and age on concentrations of fatty acids in intramuscular fat of the longissimus and triceps brachii muscles of Angus-cross heifers. *Meat Science*, 70, 597–603.
- Raes, K., Balcaen, A., Dirinck, P., De Winne, A., Claeys, E., Demeyer, D., et al. (2003). Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*, 65, 1237–1246.
- Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W., Dalla Rizza, M., & De Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66, 567–577.
- Rule, D. C., MacNeil, M. D., & Short, R. E. (1997). Influence of sire growth potential, time on feed, and growing-finishing strategy on cholesterol and fatty acids of the ground carcass and longissimus muscle of beef steers. *Journal of Animal Science*, 75, 1525–1533.
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., & Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77, 187–194.
- Serrano, E., Cornu, A., Kondjayan, N., Agabriel, J., & Micol, D. (2011). Traceability of grass feeding in beef: Terpenes, 2,3-octanedione and skatole accumulation in adipose tissue of young bulls. *Animal*, 5, 641–649.

- Shingfield, K. J., Reynolds, C. K., Lupoli, B., Toivonen, V., Yurawecz, M. P., Delmonte, P., et al. (2005). Effect of forage type and proportion of concentrate in the diet on milk fatty acid composition in cows given sunflower oil and fish oil. *Animal Science*, 80, 225–238.
- Simopoulos, A. P. (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54, 438–463. SPSS 17.0 (2008). User's guide. SPSS Inc.
- Stanley, J. C., Elsom, R. L., Calder, P. C., Griffin, B. A., Harris, W. S., Jebb, S. A., et al. (2007). UK Food Standards Agency Workshop Report: The effects of the dietary n 6:n-3 fatty acid ratio on cardiovascular health. *British Journal of Nutrition*, 98, 1305–1310.
- Steen, R. W. J., Lavery, N. P., Kilpatrick, D. J., & Porter, M. G. (2003). Effects of pasture and high-concentrate diets on the performance of beef cattle, carcass composition at equal growth rates, and the fatty acid composition of beef. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 46, 69–81.
- Storkson, J. M., Park, Y., Cook, M. E., & Pariza, M. W. (2005). Effects of trans-10, cis 12 conjugated linoleic acid and cognates on apolipoprotein B secretion in HepG2 cells. *Nutrition Research*, 25, 387–399.
- Sukhija, P. S., & Palmquist, D. L. (1988). Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36, 1202–1206.
- Vernon, R. G. (1986). The growth and metabolism of adipocytes. In P. J. Buttery, N. B. Haynes, & D. B. Lindsay (Eds.), *Control and manipulation of animal growth* (pp. 67–83). London: Butterworth.
- Vlaeminck, B., Fievez, V., Cabrita, A. R. J., Fonseca, A. J. M., & Dewhurst, R. J. (2006). Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 389–417.
- Wongtangtharn, S., Oku, H., Iwasaki, H., & Toda, T. (2004). Effect of branched – chain fatty acids on fatty acid biosynthesis of human breast cancer cells. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 50, 137–143.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., et al. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78, 343–358.
- Yurawecz, M., Roach, J., Sehat, N., Mossoba, M., Kramer, J., Fritsche, J., et al. (1998). A new conjugated linoleic acid isomer, 7 trans, 9 cis-octadecadienoic acid, in cow milk, cheese, beef and human milk and adipose tissue. *Lipids*, 33, 803–809.