

Influencia de la línea Duroc y del sexo sobre los resultados productivos, calidad de la canal, de la carne y de la grasa de cerdos destinados a la producción de jamón de Teruel

I. Garitano*, C. Liébana**, E. Feliz de Vargas*, A. Olivares*** y A. Daza****,1

* Diputación Provincial de Teruel

** Consejo Regulador de la Denominación de Origen Jamón de Teruel

*** Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid

**** Departamento de Producción Animal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

Según un diseño experimental factorial que observó dos líneas paternas comerciales de la raza Duroc: M (magra) y G (grasa), y dos sexos (machos castrados vs hembras) se utilizaron 43 cerdos Duroc x (Landrace x Large White) destinados a la producción de Jamón de Teruel. La fase de cebo transcurrió entre los 22,50 y 125,26 kg, y todos los animales consumieron el mismo pienso durante el periodo experimental. Los cerdos procedentes de la línea G consumieron más pienso que los de la M y los machos castrados exhibieron mayor consumo y crecimiento que las hembras. Los cerdos derivados de la línea G tuvieron valores superiores del perímetro del jamón, espesor de grasa a nivel de la décima costilla y cobertura grasa a nivel del músculo *Biceps femoris*. El espesor de grasa a nivel de la décima costilla fue superior en los machos castrados que en las hembras. El porcentaje rechazado de canales de hembras en el matadero fue superior que el de machos castrados. La línea paterna no tuvo efecto sobre los porcentajes de humedad (H), proteína (P) y grasa intramuscular (GIM) del músculo *Longissimus dorsi*, pero el pH del lomo, tomado 45 minutos después del sacrificio (pH_{45}), fue superior en los cerdos procedentes de la línea M que en los de la G. Los machos castrados tuvieron mayor porcentaje de GIM que las hembras. Los cerdos procedentes de la línea G tuvieron mayores proporciones de C10:0, C15:1, C16:0 y total de ácidos grasos saturados (Σ SAT) y menores proporciones de C20:3 n-9 y C20:4 n-6 que los de la línea M. Los machos castrados tuvieron proporciones superiores de C14:0, C16:1, C18:1n-9 y total de ácidos grasos monoinsaturados (Σ MONO) e inferiores proporciones de C18:2 n-6, total de ácidos grasos poliinsaturados (Σ POLI) y n-6 (Σ n-6) que las hembras. El porcentaje de GIM afectó a las proporciones: C14:0, C16:0, C17:0, C18:1n-9, C18:2 n-6, C20:1, C20:4 n-6, Σ SAT, Σ MONO, Σ POLI, Σ n-6 y a las relaciones Σ n-6/ Σ n-3 y Σ POLI/ Σ SAT y detectadas en la GIM. Se concluye que la utilización de una línea paterna Duroc grasa no afecta negativamente a los resultados productivos, incrementa ligeramente el engrasamiento de la canal y satura la GIM. Los machos castrados presentan una canal más adecuada que las hembras para la producción del jamón de Teruel.

Palabras clave: Crecimiento, sexo, resultados productivos, canal, grasa intramuscular, ácidos grasos, genética, género.

1. Autor para correspondencia: argimiro.daza@upm.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.026>

Abstract

Influence of Duroc sire line and gender on productive performance and carcass, meat and fat quality of pigs destined to Teruel ham production

According to a factorial design that observed two commercial sire line of the Duroc breed: M (lean) and G (fat), and two genders (castrated males vs females), 43 Duroc x (Landrace x Large White) pigs were used. The growing-finishing period lasted from 22,50 to 125,16 kg of live weight and all animals were given the same feed during such period. The pigs from G line consumed more feed than those from M line. Castrated males had greater feed intake and average daily gain than females. The pigs from G line showed higher values of ham perimeter, fat thickness at the level of the 10th rib and *Biceps femoris* muscle. The fat thickness at the level of the 10th rib was higher in castrated males than in females. The rejected percentage of female carcasses in the slaughter-house was higher in females than in castrated males. The sire line had no effect on moisture, protein and intramuscular fat percentages of *Longissimus dorsi* muscle. However, the loin pH, measured 45 min after slaughter, was higher in pigs from M line than in those from G line. Castrated males had more intramuscular fat percentage than females. The pigs from G line had higher C10:0, C15:1, C16:0 and total saturated fatty acids, and lower C20:3 n-9 and C20:4 n-6 proportions than those from M line. Castrated males had higher C14:0, C16:1, C18:1n-9 and total monounsaturated fatty acids and lower C18:2 n-6 and total polyunsaturated and n-6 fatty acids proportions than females. The intramuscular fat percentage affected to C14:0, C16:0, C17:0, C18:1n-9, C18:2 n-6, C20:1, C20:4 n-6, total saturated, monounsaturated, polyunsaturated, n-6 proportions and Σ n-6/ Σ n-3 and Σ POLI/ Σ SAT ratios detected in intramuscular fat. It is concluded that the use of a G sire line has not negative effect on productive performance, increases lightly the carcass fatness and saturates the intramuscular fat. Castrated males show more adequate carcasses than females to Teruel ham production.

Key words: Growth, carcass, intramuscular fat, fatty acids, genetic, gender.

Introducción

España es el primer país productor de jamón del mundo con una producción anual en torno a 38,5 millones de piezas y 250.000 toneladas (MAGRAMA, 2011). Dentro de la esfera productiva del cerdo blanco la única Denominación de Origen (DO) existente en España es la del Jamón de Teruel que ha generado, en los últimos años, alrededor de medio millón de piezas anuales (Consejo Regulador Denominación de Origen Jamón de Teruel, 2012). La DO Jamón de Teruel exige cerdos derivados de padres Duroc y madres 1/2 Landrace y 1/2 Large White, un peso canal mínimo de 86 kg y un espesor graso mínimo a nivel del músculo *Gluteus medius* de 16 mm, de manera que un problema frecuente que se presenta en su marco productivo es el elevado porcentaje de canales, sobre todo de hembras, que es rechazado en el mata-

dero, fundamentalmente, como consecuencia de no alcanzar el valor mínimo precitado de espesor graso (Latorre et al., 2008 y 2009).

Actualmente, el cerdo que genera la producción porcina intensiva logra, generalmente, unos índices técnicos adecuados y una buena calidad de la canal, pero la calidad de la carne puede ser deficiente. Así, el bajo grado de engrasamiento de las canales tiene una repercusión negativa sobre el proceso de elaboración del jamón curado y el escaso contenido de grasa intramuscular (GIM) incide desfavorablemente en algunas características importantes inherentes a la calidad de la carne como son la ternera, jugosidad, sabor y aroma (Ruiz et al., 2000). Como consecuencia, los productores de cerdos pesados destinados a la producción de Jamón de Teruel están muy interesados en aumentar el espesor de grasa a nivel del músculo *Gluteus*

medius y el contenido de GIM pero sin incrementar apreciablemente el coste de producción. Para ello, se ha recurrido a varias estrategias genéticas basadas en la utilización de líneas de la raza Duroc, el aumento del peso al sacrificio (Latorre et al., 2008 y 2009) y estrategias nutricionales durante las fases de crecimiento y/o acabado (Daza et al., 2010 y 2012; Garitano et al., 2012).

Algunos trabajos previos han estudiado el efecto de la línea paterna y del sexo sobre los resultados productivos y la calidad de la canal y de la carne de cerdos pesados (Latorre et al., 2003 y 2008; Peinado et al., 2008) y asimismo disponemos de algún experimento que ha valorado distintas líneas Duroc en relación a la calidad de la canal y de la carne de cerdos destinados a la producción de Jamón de Teruel (Altarrriba et al., 2005). Sin embargo, en el contexto productivo del Jamón de Teruel, según nuestro conocimiento, no se cuenta con información suficiente sobre la influencia de la línea paterna y del sexo sobre algunas características inherentes a la calidad de la canal y de la carne y, sobre todo, sobre la composición en ácidos grasos de la grasa intramuscular, aspectos que constituyen los objetivos fundamentales del presente experimento.

Material y métodos

Los procedimientos experimentales usados en el presente experimento estuvieron de acuerdo con la normativa reflejada en el Boletín Oficial del Estado (2005) sobre la protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos.

Se utilizaron 44 cerdos de tipo genético Duroc x (Landrace x Large White), 22 machos castrados y 22 hembras, de manera que 22 animales (11 machos y 11 hembras) procedieron de un macho perteneciente a una línea comercial Duroc magra (en adelante línea paterna Duroc M) y otros 22 animales (11

machos y 11 hembras) de otra línea comercial Duroc más grasa que la anterior (en adelante línea paterna Duroc G). El peso medio inicial de los cerdos fue de 22,50 kg y el peso final 125,26 kg. Un macho castrado procedente de la línea Duroc G murió al comienzo del experimento. Durante todo el periodo experimental todos los cerdos consumieron un pienso único formulado a base de cereales y soja-44 (33% cebada; 21% trigo; 22% maíz; 19% soja-44; 1,7% melaza; 0,5% L-lisina-50; 0,6% carbonato de calcio; 1,2% fosfato bicálcico; 0,5% sal y 0,5% corrector vitamínico-mineral) que contenía 3.070 kcal de EM/kg, 15,72% de proteína bruta (PB), 0,91% de lisina, 2,10% de grasa bruta y 9,1 g/kg de C18:2 n-6 (FEDNA, 2010). Un día antes del sacrificio se estimó, en el animal vivo, el espesor de grasa dorsal a nivel de la última costilla (EGUL*) utilizando un aparato de ultrasonidos (RTU, Kretz Technik Inc 600 V-32, Sonovet, Austria).

En el matadero se obtuvo el peso de las canales y, mediante cinta métrica, se determinaron la longitud interna de la canal (distancia entre el borde anterior de la sínfisis isquiopubiana y el borde anterior de la primera costilla en su punto medio), longitud del jamón (distancia entre el borde anterior de la sínfisis isquiopubiana y el punto medio de la articulación tarso-metatarsiana) y perímetro del jamón (PeJ) por su mayor diámetro. Mediante un calibre de pie de rey se obtuvieron los espesores de grasa a nivel del músculo *Gluteus medius* (EGM), última (EGUC) y décima costilla (EG10C) y utilizando un endoscopio se determinó el espesor de la grasa de cobertura del jamón medido en todos los animales en un mismo punto del músculo *Biceps femoris*. Mediante un pHmetro digital (Crison-507, Crison Instruments SA, Barcelona, España) se determinaron los valores de pH del lomo (en el músculo *Longissimus dorsi*) y del jamón (en el músculo *Gluteus medius*), aproximadamente, 45 minutos después del sacrificio.

De la región distal del músculo *Longissimus dorsi* se recabaron 29 muestras elegidas al

azar (15 de la línea paterna Duroc M y 14 de la G, 13 de machos castrados y 16 de hembras) para la determinación de los porcentajes de humedad (H), P y GIM y del perfil de ácidos grasos de la GIM.

Las muestras fueron congeladas a -20°C hasta que fueron analizadas. Los contenidos de H y de P del tejido muscular se determinaron mediante una modificación del método de Weende (AOAC, 1999). La GIM del músculo se extrajo siguiendo el procedimiento descrito por Marmer y Maxwell (1981). Los extractos lipídicos fueron metilados en presencia de metóxido de sodio y se analizaron mediante cromatografía gaseosa utilizando un aparato Hewlett-Packard HP-6890 (Avondale, PA, EEUU) equipado con un detector de ionización de llama y una columna capilar HP-Innowax (100 m x 0,32 mm x 0,25 μm de polietilenglicol) (López-Bote et al., 2003).

Los datos obtenidos de crecimiento, se estudiaron, considerando a la réplica de 11 animales (dos réplicas según línea paterna y otras dos según sexo) como unidad experimental, mediante análisis de varianza que incluía, como efectos fijos, a la línea paterna y al sexo y el peso inicial de los cerdos como covariable. Para estudiar las características de la canal y de la carne y composición en ácidos grasos de la GIM se consideró al cerdo como unidad experimental. Las características de la canal y de la carne se estudiaron mediante un análisis de covarianza que consideró a la línea paterna y sexo como efectos fijos, la interacción entre ambos factores y el peso canal como covariable. La composición en ácidos grasos de la GIM se estudió mediante un análisis de varianza que incluyó los factores de variación anteriores, y un análisis adicional de covarianza, que incluía al porcentaje de GIM como covariable, fue realizado al observarse que el porcentaje de GIM tenía efecto significativo sobre la proporción de algunos ácidos grasos. La comprobación de la distribución normal de los datos recabados se

llevó a cabo mediante el test de Shapiro y Wilk y cuando los datos de alguna variable no se ajustaban a una distribución normal se transformaron a $\arcsen(x/100)^{0.5}$. Cuando en los diversos análisis indicados alguna covariable no era significativa ($P > 0,05$) era retirada del modelo estadístico. Las medias obtenidas se cotejaron por el test de Scheffe. Además, se realizaron análisis de correlación, regresión simple y múltiple para relacionar variables de calidad de la canal de la carne y de la grasa. Todos los análisis fueron realizados mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1999).

Resultados

En la Tabla 1 aparece reflejada la influencia de la línea paterna y del sexo sobre las variables productivas. La línea paterna no afectó a la ganancia media diaria ni al índice de transformación del pienso, aunque los cerdos procedentes de la línea paterna Duroc G consumieron más pienso que los de la Duroc M. Los machos castrados exhibieron un mayor consumo y crecimiento que las hembras, aunque el sexo no tuvo efecto significativo sobre el índice de transformación del pienso.

Los cerdos derivados de la línea paterna Duroc G tuvieron valores superiores del PeJ, EG10C y cobertura grasa a nivel del músculo *Biceps femoris* que los derivados de la línea Duroc M, mientras que las restantes características de la canal estudiadas no estuvieron afectadas por la línea paterna (Tabla 2). El EG10C fue significativamente superior en los machos castrados que en las hembras y el espesor grasa, estimado in vivo, mediante ultrasonidos tendió ($P < 0,10$) a ser mayor en los machos castrados que en las hembras (Tabla 2). La interacción línea paterna x sexo fue significativa ($P < 0,05$) para la variable espesor de la grasa de cobertura del jamón. En la línea paterna Duroc M, menos grasa, los machos castrados exhibieron mayor espesor de

Tabla 1. Efecto de la línea paterna (LP) y del sexo (S) sobre los resultados productivos
 Table 1. Effect of sire line (LP) and gender (S) on growth performance

Variable	Línea paterna		Sexo		eem	P LP	P S	P cov P _i
	Duroc	Duroc	Macho	Hembra				
	M	G						
n	2 (22)	2(21)	2(21)	2(22)				
P _i (kg)	22,14	22,94	22,40	22,69	0,41	0,14	0,65	–
P _f (kg)	124,20	126,37	127,44	123,13	1,25	0,24	0,019	0,0009
GMD (g)	782	799	807	774	9,61	0,24	0,019	0,15
CMP (kg)	2,16	2,25	2,26	2,15	0,019	0,0013	0,0004	0,96
IT (kg/kg)	2,77	2,82	2,80	2,78	0,044	0,46	0,77	0,26

eem = error estándar de la media, n = n° de réplicas, () = n° de animales, P_i = peso inicial, P_f = peso final, GMD = ganancia media diaria, CMP = consumo medio diario de pienso, IT = índice de transformación del pienso.

la grasa de cobertura del jamón que las hembras (16,94 vs 14,75), mientras que en la línea Duroc G, más grasa, no se detectaron diferencias significativas entre sexos.

La relación obtenida entre el espesor graso a nivel del músculo *Gluteus medius* (EGM) y el espesor graso determinado por ultrasonidos en el animal vivo (EGUL) y el peso al sacrificio (P_f) fue:

$$\text{EGM} = -18,166 + 0,574 \text{ EGUL} + 0,238 \text{ P}_f$$

$$P_f (R^2 = 0,25, \text{RSD} = 4,92, P < 0,003, n = 43)$$

La línea paterna no tuvo efecto significativo sobre el porcentaje de canales rechazado en el matadero por el controlador de la Denominación de Origen Jamón de Teruel, aunque el porcentaje rechazado de canales de hembras fue significativamente superior que el de machos castrados. La interacción línea paterna por sexo fue significativa para esta variable. El porcentaje rechazado de canales en la línea M fue significativamente superior en hembras que en machos castrados (54,50 vs 9,09% respectivamente), mientras que en

la línea G el sexo no tuvo efecto significativo (27,30% de rechazo en hembras frente al 10% en machos castrados).

La línea paterna no tuvo influencia significativa sobre los porcentajes de H, P y GIM del músculo *Longissimus dorsi*, pero el pH₄₅ del lomo fue significativamente superior en los cerdos procedentes de la línea paterna Duroc M que en los procedentes de la línea Duroc G (Tabla 3). Los machos castrados tuvieron mayor porcentaje de GIM y menor porcentaje de H que las hembras, y el pH₄₅ del lomo fue superior en las hembras que en los machos. La interacción línea paterna x sexo fue significativa (P < 0,05) para las variables pH₄₅ del lomo y del jamón. En los animales procedentes de la línea paterna Duroc M, tales variables fueron significativamente superiores en las hembras que en los machos castrados (pH₄₅ en el lomo de 6,31 vs 5,72 y en el jamón 6,05 vs 5,75) mientras que en los derivados de la línea Duroc G, entre machos y hembras, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 2. Efecto de la línea paterna (LP) y del sexo (S) sobre las características de la canal
 Table 2. Effect of sire line(LP) and gender(S) on carcass characteristics

Variable	Línea paterna		Sexo		eem	P	P	P	P
	Duroc	Duroc	Macho	Hembra					
	M	G							
n	22	21	21	22					
PC (kg)	98,02	99,81	100,56	97,27	1,40	0,49	0,23	0,21	-
RC (%)	79,36	78,55	79,06	78,84	0,47	0,23	0,75	0,63	0,78 (1)
LC (cm)	88,64	88,78	88,54	88,87	0,51	0,85	0,65	0,31	0,0001
CC	1,11	1,11	1,11	1,11	0,006	0,63	0,64	0,34	0,0001
LJ (cm)	50,19	50,21	49,90	50,51	0,28	0,95	0,14	0,52	0,0054
Pe J (cm)	75,68	77,87	78,86	76,68	0,46	0,003	0,78	0,39	0,0001
EGM (mm)	24,13	26,54	25,94	24,73	1,06	0,14	0,43	0,10	0,010
EGUC(mm)	30,62	32,10	31,89	30,84	0,86	0,26	0,40	0,78	0,0040
EG10C(mm)	36,77	40,06	40,42	36,42	1,00	0,032	0,008	0,50	0,0014
EGUL(mm)	23,32	24,08	24,49	22,91	0,69	0,43	0,10	0,42	0,073
EGCJ(mm)	15,84	18,65	17,42	17,07	0,51	0,0008	0,63	0,018	0,089
CR (%)	31,81	18,64	9,54	40,91	8,9	0,29	0,016	0,049	0,099

eem = error estándar de la media, n = n° de animales, (1) = covariable peso al sacrificio, PC = peso canal, RC = rendimiento a la canal, LC = longitud interna de la canal, CC = compacidad de la canal (PC/LC), LJ = longitud del jamón, PeJ = perímetro del jamón, EGM = espesor graso a nivel del músculo *Gluteus medius* del jamón, EGUC = espesor graso a nivel de la última costilla, EG10C = espesor graso a nivel de la décima costilla, EGUL = espesor graso, tomado mediante aparato de ultrasonidos, a nivel de la última costilla un día antes del sacrificio, EGCJ = espesor de la grasa de cobertura del jamón. CR = canales rechazadas en el matadero.

La relación, obtenida mediante regresión, entre el porcentaje de GIM y el de H en el *Longissimus dorsi* respondió a la ecuación:

$$\text{GIM} = 64,58 - 0,802 \text{ H} \\ (\text{R}^2 = 0,59, \text{RSD} = 1,86, \text{P} < 0,0001, \text{n} = 29)$$

Pero cuando, junto con la H, se incluyó también como variable independiente el porcentaje de P, la ecuación de regresión múltiple resultante fue:

$$\text{GIM} = 109,56 - 1,09 \text{ H} - 1,051 \text{ P} \\ (\text{R}^2 = 0,75, \text{RSD} = 1,58, \text{P} < 0,0001 \text{ n} = 29)$$

Mediante análisis de correlación se estudió la relación entre el porcentaje de GIM y los espesores de grasa subcutánea según línea paterna. En los cerdos procedentes de la línea M los coeficientes de correlación obtenidos entre el porcentaje de GIM y los espesores grasos a nivel de *Gluteus medius*, décima y última costilla fueron 0,33 (P < 0,23), 0,50 (P < 0,05) y 0,43 (P < 0,10) respectivamente, mientras que en los derivados de la línea paterna G tales valores fueron -0,10 (P < 0,72), 0,16 (P < 0,57) y 0,05 (P < 0,86).

Tabla 3. Efecto de la línea paterna (LP) y del sexo (S) sobre la composición del músculo *Longissimus dorsi* (1) y sobre el valor de pH₄₅ del lomo y del jamón
 Table 3. Effect of sire line(LP) and gender(S) on composition of *Longissimus dorsi* muscle and loin and ham pH₄₅

Variable	Línea paterna		Sexo		eem	P	P	P	P
	Duroc	Duroc	Macho	Hembra					
	M	G							
n	15	14	13	16					
Humedad (%)	74,45	73,29	72,85	74,84	0,66	0,23	0,036	0,57	0,42
Proteína (%)	22,17	22,30	22,14	22,33	0,32	0,77	0,68	0,73	0,70
GIM (%)	4,93	5,51	6,54	4,13	0,62	0,73	0,025	0,27	0,58
pH ₄₅ lomo	6,02	5,68	5,70	6,00	0,057	0,0002	0,001	0,0007	0,21
	(22)	(21)	(21)	(22)					
pH ₄₅ jamón	5,90	5,78	5,78	5,90	0,06	0,17	0,17	0,037	0,29
	(22)	(21)	(21)	(22)					

(1) = región distal, n = nº de observaciones, eem = error estándar de la media, GIM = grasa intramuscular, PC = covariable peso canal () = número de observaciones para pH₄₅ del lomo y del jamón.

En la Tabla 4 aparece reflejado el perfil de ácidos grasos de la GIM obtenido sin incluir en el modelo estadístico la covariable porcentaje de GIM. Los cerdos procedentes de la línea paterna Duroc G tuvieron mayores proporciones de C10:0, C15:1, C16:0 y Σ SAT, menores proporciones de C20:3 n-9 y C20:4 n-6 y tendieron ($P < 0,1$) a tener mayor proporción de C16:1 y menores proporciones de Σ POLI y Σ n-6 que los procedentes de la línea paterna Duroc M. Los machos castrados tuvieron mayores proporciones de C14:0, C16:1, C18:1n-9 y de Σ MONO y menores proporciones de C18:2 n-6, Σ POLI y Σ n-6 y tendieron ($P < 0,1$) a presentar mayor proporción de C16:0 y menores proporciones de C17:0 y C20:4 n-6 que las hembras. La relación C18:1n-9/C18:0 fue significativamente superior en machos castrados, y el cociente C16:1/C16:0 tendió a ser mayor en machos que en hembras, mientras que la relación Σ POLI/ Σ SAT fue significati-

vamente ($P < 0,05$) superior en los cerdos procedentes de la línea Duroc M y en las hembras. Para ningún ácido graso la interacción línea paterna por sexo fue significativa.

El porcentaje de GIM afectó significativamente a las proporciones de ácidos grasos: C14:0, C16:0, C17:0, C18:1n-9, C18:2 n-6, C20:1, C20:4 n-6, Σ SAT, Σ MONO, Σ POLI y Σ n-6 y a las relaciones Σ n-6/ Σ n-3 y Σ POLI/ Σ SAT. En la Tabla 5, en la que aparecen los coeficientes de correlación entre el porcentaje de GIM y las proporciones de los ácidos grasos anteriores, puede observarse que los coeficientes de correlación obtenidos para los ácidos grasos C14:0, C16:0, C18:1n-9, C20:1, Σ SAT y Σ MONO fueron positivos, mientras que para los C17:0, C18:2 n-6, C20:4 n-6, Σ POLI y Σ n-6 y las relaciones Σ n-6/ Σ n-3 y Σ POLI/ Σ SAT fueron negativos.

Tabla 4. Efecto de la línea paterna (LP) y del sexo (S) sobre la composición en ácidos grasos (% de ácidos grasos totales) de la grasa del músculo *Longissimus dorsi* (1)
 Table 4. Effect of sire line(LP) and gender (S) on fatty acid composition of fat from *Longissimus dorsi* muscle

Ácido graso	Línea paterna		Sexo		eem	P	P	P	P
	Duroc	Duroc	Macho	Hembra					
	M	G							
n	15	14	13	16					
C10:0	0,082	0,15	0,098	0,13	0,015	0,005	0,13	0,75	0,58
C12:0	0,073	0,071	0,070	0,074	0,0073	0,86	0,71	0,26	0,43
C14:0	1,23	1,27	1,31	1,19	0,029	0,27	0,007	0,63	0,0004
C15:1	0,010	0,032	0,020	0,022	0,005	0,009	0,84	0,57	0,78
C16:0	22,78	23,74	23,63	22,90	0,27	0,019	0,07	0,85	0,0014
C16:1	3,14	3,36	3,42	3,09	0,088	0,098	0,018	0,37	0,43
C17:0	0,26	0,25	0,23	0,27	0,016	0,82	0,09	0,68	0,036
C18:0	12,97	13,14	12,90	13,21	0,20	0,57	0,30	0,12	0,33
C18:1n-9	43,87	44,65	45,23	43,29	0,66	0,41	0,05	0,20	0,017
C18:2 n-6	10,31	9,11	8,85	10,57	0,57	0,15	0,046	0,40	0,0025
C18:3 n-3	0,39	0,40	0,39	0,40	0,017	0,91	0,70	0,27	0,84
C18:4	0,067	0,042	0,040	0,069	0,013	0,21	0,14	0,13	0,98
C20:0	0,18	0,17	0,18	0,17	0,008	0,66	0,60	0,66	0,36
C20:1	0,77	0,71	0,76	0,72	0,03	0,15	0,30	0,94	0,05
C20:3 n-9	0,37	0,30	0,32	0,35	0,020	0,024	0,20	0,33	0,61
C20:4 n-6	3,20	1,99	2,15	3,04	0,33	0,018	0,077	0,54	0,0018
Σ SAT	37,68	39,03	38,57	38,14	0,43	0,039	0,49	0,50	0,016
Σ MONO	47,94	49,05	49,62	47,36	0,71	0,29	0,036	0,15	0,005
Σ POLI	14,38	11,91	11,79	14,49	0,90	0,07	0,05	0,43	0,0021
Σ n-6	13,52	11,10	11,00	13,61	0,88	0,07	0,05	0,44	0,016
Σ n-3	0,46	0,44	0,43	0,47	0,024	0,54	0,29	0,11	0,87
C16:1/C16:0	0,13	0,14	0,14	0,13	0,003	0,42	0,07	0,27	0,63
C18:1n-9/C18:0	3,40	3,41	3,51	3,29	0,077	0,98	0,05	0,062	0,40
Σ MONO/ Σ SAT	1,27	1,26	1,29	1,24	0,021	0,57	0,16	0,090	0,66
Σ n-6/ Σ n-3	29,77	25,46	25,83	29,41	1,73	0,092	0,16	0,62	0,0001
Σ POLI/ Σ SAT	0,39	0,29	0,29	0,39	0,031	0,047	0,049	0,58	0,011

n = n° de observaciones, eem = error estándar de la media, % GIM = covariable porcentaje de grasa intramuscular, Σ SAT, Σ MONO, Σ POLI, Σ n-6 y Σ n-3 = suma de los ácidos grasos saturados (SAT), monoinsaturados (MONO), poliinsaturados (POLI), n-6 y n-3 respectivamente.

Tabla 5. Coeficientes de correlación entre el porcentaje de GIM del Longissimus dorsi y la proporción de ácidos grasos para los que la influencia del porcentaje de GIM fue significativa ($P < 0,05$)

Table 5. Correlation coefficients between intramuscular fat percentage of Longissimus dorsi and fatty acids proportions for those the influence of intramuscular fat percentage was significant

Ácido graso	Coefficiente de correlación con % GIM	Valor de P
C14:0	0,70	0,0001
C16:0	0,59	0,0008
C17:0	-0,48	0,0078
C18:1n-9	0,54	0,0026
C18:2 n-6	-0,68	0,0001
C20:1	0,40	0,031
C20:4 n-6	-0,59	0,0010
Σ SAT	0,43	0,020
Σ MONO	0,53	0,0033
Σ POLI	-0,68	0,0001
Σ n-6	-0,68	0,0001
Σ n-6/ Σ n-3	-0,74	0,0001
Σ POLI/ Σ SAT	-0,69	0,0001

n (nº de observaciones) = 29, Σ SAT, Σ MONO, Σ POLI, Σ n-6 y Σ n-3 = suma de los ácidos grasos saturados (SAT), monoinsaturado.

s (MONO), poliinsaturados (POLI), n-6 y n-3 respectivamente.

Discusión

Entre la descendencia de tres líneas paternas Duroc del ámbito productivo del Jamón de Teruel Altarriba *et al.* (2005) no observaron, como en nuestro experimento, diferencias significativas de la ganancia media diaria. El mayor consumo medio diario de pienso de los cerdos procedentes de la línea G puede explicarse por la relación positiva entre grado de engrasamiento y consumo (Blanchard *et al.*, 1999; Morales *et al.*, 2002 y 2003). El menor apetito de los cerdos magros se explica simplemente porque el coste energético de su ganancia es más bajo que en los cerdos grasos (Labroue, 1995). Se admite que el creci-

miento de los machos castrados es superior que el de las hembras porque tienen un consumo medio diario de pienso más elevado, mientras que las hembras logran un índice de transformación del alimento más favorable (Augspurger *et al.*, 2002; Latorre *et al.*, 2003). Sin embargo, en nuestro estudio el sexo no afectó significativamente al índice de transformación del pienso, lo que concuerda con los resultados encontrados por Friesen *et al.* (1994), Cisneros *et al.* (1996) y Peinado *et al.* (2008), aunque en este experimento, dado el escaso número de réplicas disponibles para las variables consumo e índice de transformación del pienso los resultados referidos a las mismas deben ser considerados con cautela.

Como cabría esperar los cerdos procedentes de la línea paterna G tuvieron canales más engrasadas que los derivados de la línea paterna M. El mayor PeJ observado en la descendencia de la línea G se debe, probablemente, al mayor espesor de la cobertura grasa del jamón detectado en estos animales. Altarriba et al. (2005) también observaron mayores espesores de grasa dorsal en los cerdos descendientes de líneas Duroc grasas, y, como en nuestro trabajo, no encontraron efecto de la línea paterna sobre el rendimiento a la canal. Aunque la línea paterna no tuvo influencia estadísticamente significativa sobre el porcentaje rechazado de canales en el matadero, en este experimento el valor numérico de tan importante variable fue superior en los cerdos derivados de la línea paterna M que en los de la G.

Como en nuestro estudio, en otros experimentos (Latorre et al., 2008; Garitano et al., 2012) el sexo no tuvo influencia significativa en el rendimiento a la canal, longitud de la canal y longitud del jamón, y de acuerdo con Latorre et al. (2004), Correa et al. (2006), Latorre et al. (2008) y Garitano et al. (2012) los machos castrados generaron canales más engrasadas que la hembras. De acuerdo con Latorre et al. (2003) y Peinado et al. (2008) los machos castrados son preferidos por la industria para la elaboración del jamón. En este estudio el porcentaje rechazado de canales en el matadero, no aceptables para la producción de jamón, como consecuencia de no tener el espesor de grasa exigido a nivel del *Gluteus medius* fue muy superior en las hembras que en los machos castrados en los cerdos derivados de la línea Duroc M. Este aspecto constituye un problema grave para los productores de cerdos destinados a la producción de Jamón de Teruel. Por ello en este experimento, hemos relacionado, mediante regresión múltiple la variable EGM con variables que el porcicultor puede estimar con facilidad en el animal vivo antes del sacrificio (grasa de ultrasonidos y peso vivo). La

ecuación obtenida indica que la grasa medida por ultrasonidos y el peso del cerdo, conjuntamente, sólo explican el 25% de la variabilidad del EGM. Aunque el coeficiente de determinación (R^2) de la ecuación de regresión múltiple calculada ha sido muy bajo y la desviación residual estándar (RSD) muy alta, plantear ecuaciones de esta estructura, utilizando muestras poblacionales de mayor tamaño que las del presente experimento, puede tener interés para predecir la variable EGM en el animal vivo antes del sacrificio y, por ende, reducir el número de canales eliminadas en el matadero, no aptas para la producción del Jamón de Teruel, derivadas de valores de EGM inferiores a 16 mm.

Los valores de GIM en el músculo *Longissimus dorsi* fueron superiores a los detectados por Altarriba et al. (2005) en cerdos procedentes de tres líneas paternas de la raza Duroc. Estas diferencias pueden ser explicadas porque nuestras muestras fueron recogidas de la zona caudal del músculo y porque, en este experimento, para la extracción de la GIM se utilizó el método de Marmer y Maxwell (1981), con el que se obtienen valores más elevados cuando se compara con otros métodos al uso (Vicente et al., 2009).

La línea paterna G de Duroc considerada más grasa no generó una descendencia con más GIM, lo cual quizás pueda explicarse porque la diferencia entre el grado de engrasamiento entre las dos líneas estudiadas no haya sido la suficiente. Como en el presente trabajo, la mayoría de los experimentos han observado que el porcentaje de GIM es superior y el de H menor en los machos castrados que en las hembras (Cisneros et al., 1996; Latorre et al., 2003; Latorre et al., 2009). Algunos experimentos han observado mayor contenido de P en las hembras (Beattie et al., 1999; Latorre et al., 2004; Latorre et al., 2009) aunque otros estudios (Latorre et al., 2003; Serrano et al., 2008b; Garitano et al., 2012), como en nuestro estudio, no han encontrado

efecto significativo del sexo sobre tal variable. Cuando, mediante regresión, se relacionó el porcentaje de GIM con el de H, el porcentaje de H explicó el 59% de la variabilidad del porcentaje de GIM, pero cuando en la ecuación de regresión además se incluyó el porcentaje de P como variable independiente los porcentajes de H y de P, conjuntamente, explicaron el 75% de la variabilidad del porcentaje de GIM. Por lo tanto, el planteamiento de ecuaciones de regresión como las expresadas en este experimento podrían ser útiles para predecir, aceptablemente, el porcentaje de GIM en función del de H o, conjuntamente, del de H y P. Los coeficientes de correlación entre el porcentaje de GIM y los espesores de grasa dorsal subcutánea, obtenidos en los cerdos descendientes de la línea paterna M fueron superiores que los detectados para la línea G. En este sentido, Edwards et al. (1992) también pusieron de manifiesto que la relación entre grasa subcutánea e intramuscular era diferente según el tipo genético.

El pH₄₅ es variable según el tipo genético (Latorre et al., 2003), aunque Altarriba et al. (2005) no encontraron efecto significativo de la línea paterna de Duroc sobre esta variable tomada en el lomo y el jamón, y Alonso et al. (2009) tampoco detectaron influencia de la raza paterna comparando Duroc, Large White y Pietrain. La mayoría de los trabajos científicos no han observado efecto del sexo sobre el pH₄₅ del músculo (Monin et al., 1999; Latorre et al., 2003, 2008 y 2009; Alonso et al., 2009). Sin embargo, en nuestro experimento, en la descendencia de la línea paterna M las hembras tuvieron un pH₄₅, tanto en el lomo como en el jamón, superior que los machos castrados. Probablemente algún factor presacrificio no controlado generante de estrés (transporte, mezcla de animales en los corrales del matadero, etc) haya incidido más en los machos castrados que en las hembras procedentes de la línea M.

La información que ofrece la literatura sobre la influencia del tipo genético y del sexo sobre el perfil de ácidos grasos de la GIM de cerdos pesados mejorados es escasa. En nuestro estudio la línea paterna G aumentó los ácidos grasos Σ SAT y tendió a reducir los Σ POLI en la GIM, y los machos castrados tuvieron más Σ MONO y menos Σ POLI que las hembras. En cerdos 1/2 Duroc/1/2 Ibérico, Serrano et al. (2008a) no observaron efecto de la línea paterna (Duroc Danés vs Duroc Español) y del sexo sobre el perfil de los ácidos grasos de la grasa subcutánea. De acuerdo con los resultados de nuestro estudio, Peinado et al. (2008), Serrano et al. (2009) y Alonso et al. (2009) obtuvieron menores proporciones de C18:2 n-6 y POLI en los machos castrados que en las hembras. La elevada relación Σ n-6/ Σ n-3 obtenida en este trabajo se debe, probablemente, a que el concentrado utilizado en este experimento era muy rico en ácido linoleico. Una relación Σ POLI/ Σ SAT más elevada y, por tanto más adecuada para la salud de los consumidores se obtuvo en los cerdos derivados de la línea Duroc M y en las hembras, lo que puede explicarse por su menor contenido en GIM. En un experimento previo, Garitano et al. (2012) encontraron que tal relación tendía marcadamente ($P < 0,07$) a ser mayor en hembras que en machos castrados. El porcentaje de GIM tuvo un efecto significativo sobre su composición de ácidos grasos. Como en este trabajo, Ruiz et al. (2000) y Garitano et al. (2012) encontraron correlaciones positivas y significativas entre el porcentaje de GIM y las de C18:1n-9 y MONO y correlaciones negativas y también significativas con las de C18:2 n-6 y POLI. Este aspecto puede ser interesante para la mejora genética ya que al seleccionar una variable inherente a la calidad de la carne como es la GIM, paralelamente se estaría también seleccionando el contenido de C18:1 n-9.

Conclusiones

La utilización de una línea paterna Duroc G, teóricamente comercializada como grasa, no afecta negativamente a los resultados productivos, incrementa ligeramente el engrasamiento de la canal, no aumenta significativamente el porcentaje de GIM del *Longissimus dorsi* y satura la misma. Los machos castrados tienen un crecimiento superior, presentan canales más engrasadas, mayor porcentaje de GIM y una mayor proporción de Σ MONO e inferior de Σ POLI que las hembras, por lo que sus canales son más adecuadas para la elaboración del Jamón de Teruel. La reducción del número de canales de hembras rechazadas en el matadero, debido a su escaso grado de engrasamiento, es un aspecto sobre el que la investigación porcina nacional debe continuar trabajando para mejorar el rendimiento económico de las explotaciones involucradas en la producción del Jamón de Teruel.

Agradecimientos

A la Asociación Turolense de Industrias Alimentarias (ATIA) y al INIA por el proyecto PET-2007-08-C-11-05.

Bibliografía

- Alonso V, Campo MM, Español S, Roncalés P, Beltrán P, 2009. Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork. *Meat Science*, 81: 209-217.
- Altarriba J, Cilla J, Guerrero L, Gispert M, Roncalés P, 2005. Valoración de distintas líneas Duroc en relación a la calidad de la canal y de la carne en la producción de jamón de Teruel. III Congreso Mundial del Jamón, Teruel (España), Mayo de 2005, Libro de Actas, 23-31.
- AOAC (1999). Official Methods of Analysis, 16th. Ed. AOAC International, MD, USA. 1141 pp.
- Augspurger NR, Ellis M, Hamilton DN, Wolter BF, Beverly JL, Wilson ER, 2002. The effect of sire line on the feeding patterns of growth-finish pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 75: 103-114.
- Beattie VE, Weatherup RN, Moss BW, Walker N, 1999. The effect of increase carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Science*, 52: 205-211.
- Blanchard PJ, Warkup CC, Ellis M, Willis MB, Avery P, 1999. The influence of the proportion of Duroc genes on growth, carcass and pork eating quality characteristics. *Animal Science*, 68: 495-501.
- Boletín Oficial del Estado, 2005. Real Decreto 1201/2005 sobre la protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. BOE, 252:3467-3491.
- Cisneros F, Ellis M, McKeith FK, McCaw J, Fernando RL, 1996. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. *Journal of Animal Science*, 74: 925-933.
- Consejo Regulador de Denominación de Origen Jamón de Teruel, 2012. <http://www.jamonde-teruel.com>
- Correa JA, Faucitano L, Laforest JP, Rivest J, Marcoux M, Gariepy C, 2006. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. *Meat Science*, 72: 91-99.
- Daza A, Latorre MA, López-Bote CJ, 2010. The use of barley as single ingredient in the diet provided during finishing period may improve the meat quality of heavy pigs from PO Teruel ham (Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (3): 607-616.
- Daza A, Latorre MA, López-Bote CJ, 2012. The effect of granulated barley as only ingredient in the growing or finishing diet on productive performance, carcass, meat and fat quality of heavy pigs. *Animal*, 6 (9): 1543-1553.
- Edwards SA, Wood JD, Moncrieff CB, Porter SJ, 1992. Comparison of the Duroc and Large White as terminal sire breeds and their effect on pig meat quality. *Animal Production*, 54: 289-297.

- FEDNA. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª Edición. Coordinada y dirigida por C. de Blas, G.G. Mateos y P. García-Rebollar. Ed. FEDNA, 502 pp.
- Friesen KG, Nelssen JL, Unruh JA, Goodband RD, Tokach MD, 1994. Effects of the interrelationship between genotype, sex, dietary lysine on growth performance and carcass composition in finishing pigs fed either 104 or 127 kilograms. *Journal of Animal Science*, 72: 946-954.
- Garitano I, Liébana C, Feliz de Vargas E, Daza A, López-Bote C, 2012. Efecto de la sustitución del pienso convencional por cebada granulada, durante el periodo de acabado, sobre los resultados productivos, calidad de la canal, de la carne y de la grasa intramuscular de cerdos destinados a la producción de jamón de Teruel. *ITEA*, 108 (3): 1-15.
- Labroue, F, 1995. Facteurs de variation de la prise alimentaire chez le porc en croissance: le point des connaissances. *Techni Porc*, 18: 11-39.
- Latorre MA, Medel P, Fuentetaja A, Lázaro R, Mateos GG, 2003. Effect of gender, terminal sire line and age at slaughter on performance, carcass characteristics and meat quality of heavy pigs. *Animal Science*, 77: 33-45.
- Latorre MA, Lázaro R, Valencia DG, Medel P, Mateos GG, 2004. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. *Journal of Animal Science*, 82: 526-533.
- Latorre MA, García-Belenguer E, Ariño L, 2008. The effect of sex and slaughter weight on growth performance and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain). *Journal of Animal Science*, 86: 1933-1942.
- Latorre MA, Ripoll G, García-Belenguer E, Ariño L, 2009. The increase of slaughter weight in gilts as strategy to optimize the production of Spanish high quality dry-cured ham. *Journal of Animal Science*, 87: 1464-1471.
- López-Bote CJ, Isabel B, Daza A, 2003. Effect of vitamin E supplementation and partial substitution of poly-unsaturated fatty acids in pigs diets on muscle, and microsoma extract α -tocopherol concentration and lipid oxidation. *Archives of Animal Nutrition*, 57: 11-25.
- MAGRAMA, 2011. Anuario de estadística agroalimentaria. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Marmer WN, Maxwell RJ, 1981. Dry column method for the quantitative extraction and simultaneous class separation of lipids from muscle tissue. *Lipids*, 16: 365-371.
- Monin G, Larzul C, Le Roy P, Culioli J, Mourot J, Rousset-Akrim S, Talmant A, Touraille C, Sellier P, 1999. Effects of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork. *Journal of Animal Science*, 77: 408-415.
- Morales J, Pérez JF, Baucells MD, Mourot J, Gasa J, 2002. Comparative digestibility and lipogenic activity in Landrace and Iberian finishing pigs fed ad libitum corn-sorghum-acorn-based diets. *Livestock Production Science*, 77: 195-205.
- Morales, J, Pérez JF, Anguita M, Martín S, Fondevila M, Gasa J, 2003. Comparación entre parámetros productivos y digestivos entre cerdos Ibéricos y Landrace alimentados con maíz o bellota y sorgo. *Archivos de Zootecnia*, 52: 35-45.
- Peinado J, Medel P, Fuentetaja A, Mateos GG, 2008. Influence of castration of females on growth performance and carcass and meat quality of heavy pigs destined to the dry-cured industry. *Journal of Animal Science*, 86: 1410-1417.
- Ruiz J, Ventanas J, Cava R, García C, 2000. Texture and appearance of dry cured ham as affected by fat content and fatty acid composition. *Food Research International*, 33: 91-95.
- SAS, 1999. Statistics. In: SAS user's guide. Cary, NC Statistical Analysis System Inst. Inc.
- Serrano MP, Valencia DG, Nieto M, Lázaro R, Mateos GG, 2008a. Influence of sex and terminal sire line on performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive production systems. *Meat Science*, 78: 420-428.
- Serrano MP, Valencia DG, Nieto M, Lázaro R, Mateos GG, 2008b. Effect of gender and castration of females and slaughter weight on performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared under intensive management systems. *Meat Science*, 80: 1122-1128.

Serrano MP, Valencia DG, Nieto M, Lázaro R, Mateos GG, 2009. Influence of feed restriction and sex on growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared indoor. *Journal of Animal Science*, 87: 1676-1685.

Vicente JG, Isabel B, Cordero G, López-Bote CJ, Amazan D, Daza A, 2009. Relación entre tres

técnicas analíticas diferentes para la determinación de grasa intramuscular. AIDA, XIII Jornadas de Producción Animal, Zaragoza, 12 y 13 de Mayo de 2009, Tomo II: 538-540.

(Aceptado para publicación el 7 de mayo de 2013)