

## Cambios en el perfil lipídico de la grasa subcutánea según el tipo de pienso en cerdos ibéricos próximos a mantenimiento

Ana I. Rey<sup>1,\*</sup>, Pablo Garre<sup>1</sup> y Argimiro Daza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Avda. Puerta de Hierro s/n., 28040 Madrid, España

<sup>2</sup> Dpto. Producción Agraria, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, España

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del nivel de alimentación (próximo a necesidades de mantenimiento) en función del tipo de pienso (con distintos niveles de grasa: 7 % vs. 4 %) y del tiempo, en el perfil de grasas subcutáneas de cerdos ibéricos. La capa externa presentó mayor proporción de C18:0 y C20:0, y la capa interna más C16:0 y C22:5n-3 con la dieta basada en carbohidratos. En cambio, con el suministro del pienso alto en grasa se obtuvieron mayores proporciones de C18:2n-6 y C20:3n-9 en ambas capas. Respecto al efecto del tiempo en los cerdos que estuvieron próximos al mantenimiento, se produjo una disminución de C16:1n-7, C18:1n-7, total de n-7 y C18:4n-3 y un aumento en C18:0 en la capa externa. En la capa interna, se produjo la disminución de la concentración del C18:1n-7, C18:3n-3, C20:5n-3 y C22:5n-3, sin cambios en los sumatorios de los principales grupos de ácidos grasos. En conclusión, un tiempo de espera en mantenimiento de tres semanas supone una reducción de las proporciones de ácidos grasos monoinsaturados n-7 a nivel de la capa externa de grasa subcutánea, con cambios individuales en poliinsaturados n-3 en ambas capas a causa de su utilización metabólica que no se manifiestan en el total de ácidos grasos n-3. No se observaron cambios en ambas capas con ambos factores (tipo de pienso y tiempo a nivel próximo a mantenimiento) lo que supone un avance para el manejo por el ganadero en el sector.

**Palabras clave:** cerdo ibérico, ácidos grasos, nivel alimentación.

### Changes in the lipid profile of subcutaneous fat according to the type of feed in Iberian pigs close to maintenance

#### Abstract

The objective of this research was to study the effect of the feeding level (close to maintenance needs) depending on the type of feed (with different fat levels: 7 % vs. 4 %) and the time, on the subcutaneous fat profile of Iberian pigs. The outer layer presented greater proportions of C18:0 and C20:0, and the inner greater C16:0 and C22:5n-3 with the carbohydrate-based diet. On the other hand, with the supply of high fat feed, greater proportions of C18:2n-6 and C20:3n-9 were obtained in both layers. Re-

---

\* Autor para correspondencia: anarey@vet.ucm.es

Cita del artículo: Rey AI, Garre P, Daza A (2021). Cambios en el perfil lipídico de la grasa subcutánea según el tipo de pienso en cerdos ibéricos próximos a mantenimiento. ITEA-Inf. Tec. Econ. Agrar. 117(3): 247-261. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.029>

Regarding the effect of time there was a decrease in C16:1n-7, C18:1n-7 and C18:4n-3 and an increase in C18:0 in the external layer in pigs close to maintenance level. In the inner layer, the proportion of C18:1n-7, C18:3n-3, C20:5n-3 and C22:5n-3 decreased but there were not changes in the sum of the main fatty acid groups. In conclusion, a maintenance waiting time of three weeks implies a reduction in the proportions of n-7 monounsaturated in subcutaneous fat of external layer and individual changes in n-3 polyunsaturated fatty acids in both layers due to its metabolic utilization; however these changes were not observed in the total of n-3 fatty acids. No changes were observed in both layer due to the interaction of both factors (type of diet and time of feeding close to maintenance) which represents an advance in for the management by the rancher in the sector.

**Keywords:** Iberian pig, fatty acid profile, feeding level.

## Introducción

El uso de piensos compuestos en la alimentación del cerdo ibérico es una alternativa interesante para obtener productos de calidad no tan elevada en comparación con los procedentes de animales cebados con bellotas, pero con otros beneficios. De hecho esta práctica permite la obtención de productos económicamente viables, tanto para el productor, que podrá tener una mayor producción anual además de una mayor estabilidad interanual productiva; como para el consumidor, que podrá obtener un producto a un precio más asequible (López-Bote, 1998). Es por ello que ésta estrategia es la predominante en la actualidad (López-Bote, 2001). En el cebo del cerdo ibérico, existe un amplio abanico de posibilidades en cuanto a la alimentación a base de piensos se refiere con variaciones en el tipo o nivel de grasa y por tanto diferente nivel de carbohidratos, lo que puede afectar al perfil lipídico (López-Bote, 2001).

El perfil de ácidos grasos en el cerdo ibérico, especialmente durante su última fase de cebo, es un factor determinante de la calidad del producto final, que se usó durante años como método de control de calidad (BOE, 2001). Así, en la etapa de cebado/acabado, el animal se encuentra prácticamente de forma continua en una situación de balance energético positivo, por lo que casi en ningún momento moviliza ácidos grasos para obtener energía

(López-Bote, 2001). Sin embargo, en periodos de restricción alimenticia, el balance energético tiende a mayor utilización que acumulación, y el grado en el que las proporciones de los distintos ácidos grasos en la grasa se ve afectado puede depender de la fuente energética del pienso y de su rápida disponibilidad por parte del organismo (Daza et al., 2007). Así, los ácidos grasos saturados se metabolizan con mayor dificultad que el C18:2n-6 u otros ácidos grasos insaturados (Raclot y Groscolas, 1993). El hecho de que el animal metabolice uno u otro ácido graso, variando su acumulación en los tejidos, pueden determinar en buena medida ciertas características de calidad de los productos como el sabor, aroma o el valor nutricional (Ruiz et al., 2005).

Por otra parte, y debido a la rusticidad de la raza ibérica, es habitual que dentro de un mismo lote se dé la coexistencia de animales que presentan diferencias en su peso debido a diferentes velocidades de crecimiento (López-Bote, 1998). Esto da lugar a lotes heterogéneos poco interesantes de cara al mercado (López-Bote, 2001). Por ello, los ganaderos se ven obligados a restringir el nivel de alimentación, dejando en mantenimiento aquellos animales con mayor peso con el objetivo de homogeneizar el lote de envío a matadero.

Se han llevado a cabo distintos estudios de los efectos que la restricción alimentaria pueden producir en el perfil lipídico en el cerdo

ibérico (Daza et al., 2006; Dunker et al., 2007; Serrano et al., 2009), pero se desconoce si la restricción alimentaria más severa próxima a la de mantenimiento puede afectar al perfil lipídico, en particular a determinados ácidos grasos que sean fácilmente metabolizables. Por tanto, los principales objetivos del estudio fueron por una parte: (1) estudiar la influencia de la utilización de dos tipos de piensos con distinto contenido en grasa administrados a cerdos ibéricos a un nivel próximo al mantenimiento los días previos de envío a matadero, sobre el perfil lipídico de las capas externa e interna de la grasa subcutánea; y por otra: (2) estudiar si el tiempo de espera próximo al mantenimiento afectó al perfil de ácidos grasos de las capas externa e interna de la grasa subcutánea.

## Material y métodos

### *Animales experimentales*

Para el estudio se utilizaron cerdos ibéricos castrados (n = 12) de la línea Torbiscal (Duarte et al., 2019) que fueron acabados en la finca "Dehesón del Encinar" (Oropesa, Toledo, España) con un peso inicial de  $123,8 \pm 6,0$  kg y 11 meses de edad. Los cerdos estuvieron alojados en boxes individuales de 8 m<sup>2</sup> y recibieron agua *ad libitum*. Al inicio de tal periodo los animales se dividieron en dos grupos de 6 animales cada uno que recibieron dos piensos distintos, un pienso con un 7 % de grasa (girasol alto oleico) y otro con 4 % de grasa (girasol alto oleico) y mayor aporte de hidratos de carbono. Los dos piensos proporcionaron cantidades similares de energía y proteína al día. La composición calculada del pienso e ingredientes se muestra en la Tabla 1.

Los cerdos al final del acabado (63 días) fueron alimentados durante 3 semanas en régimen alimenticio próximo al mantenimiento con los mismos piensos recibiendo aproxi-

madamente 27,5-31,0 MJ de energía digestible al día. Los cerdos fueron pesados cada 7 días (desde el inicio del cebo hasta los 84 días) y la cantidad de alimento se ajustaba en función de sus necesidades de mantenimiento (FEDNA, 2013).

Los cambios en el perfil lipídico se determinaron mediante la toma de biopsias en la grasa subcutánea. Los animales no mostraron ningún grado de disconfor los días posteriores al procedimiento. La muestra se tomó a 6 cm de la línea media a nivel de la última costilla usando un cilindro (diámetro 0,25 cm) con borde afilado. Los animales se tranquilizaron previamente con Azaperon (Stresnill, Labopica, Madrid) 1 hora antes de la toma de biopsias y se aplicó anestesia local (2 % lidocaína-HCl) inmediatamente antes de la toma de muestras. Con posterioridad los animales recibieron una inyección de 2 ml de penicilina intramuscular (Labopica, Madrid). Las muestras de grasa se situaron en tubos eppendorf y fueron trasladadas en presencia de frío al laboratorio de Nutrición de la Facultad de Veterinaria (UCM, Madrid), donde fueron congeladas a -20 °C hasta el momento de su análisis. En el momento de análisis se separaron en las muestras de grasa la capa externa e interna que se analizaron de forma independiente para determinar su composición en ácidos grasos.

## Análisis de laboratorio

### *Análisis de la composición general del pienso*

La determinación de humedad se llevó a cabo según la Norma ISO-1442 por gravimetría. Para el análisis de proteína, se determinó el nitrógeno total de la muestra por el método de Kjeldahl y el valor obtenido se multiplicó por 6,25. El método Kjeldahl se realizó siguiendo la norma ISO R-937. Para la determinación

Tabla 1. Ingredientes y composición calculada y analizada de los dos piensos experimentales utilizados en el estudio.

*Table 1. Ingredients and calculated and analyzed composition of the two experimental diets used in the study.*

	Pienso 1 (g/kg)	Pienso 2 (g/kg)
<b>Ingredientes</b>		
Cebada	583,9	532,8
Trigo	162,8	310,5
Harina soja 44	79,7	81,0
Semilla girasol (alto oleico)	143,5	50,1
Carbonato cálcico	12,1	8,2
Fosfato bicálcico	9,8	9,1
Cloruro sódico	4,0	4,0
Premix	4,0	4,0
<b>Composición calculada</b>		
Energía digestible (MJ/kg)	14,25	13,71
<b>Composición analizada</b>		
Materia seca (g/kg)	897,8	896,0
Proteína bruta (g/kg)	145,2	141,0
Grasa bruta (g/kg)	68,7	40,0
C16:0 (%)	6,78	15,39
C18:0 (%)	2,09	3,43
C18:1n-9 (%)	23,16	31,15
C18:2n-6 (%)	16,83	45,74

de la grasa se utilizó una modificación del método Bligh y Dyer (1959). Brevemente, la muestra pesada se puso en presencia de ácido clorhídrico 6 N y una mezcla de cloroformo:metanol 1:2 y tras proceder al filtrado, éste se decantó en presencia de una solución salina al 0,9 % de forma que la concentración final fuese cloroformo:metanol:agua (2:2:1,8). La fase inferior se evaporó en el rotavapor a una temperatura inferior a 50 °C y la grasa se cuantificó por diferencia de pesada.

Para el análisis de la composición de ácidos grasos del pienso, se utilizó el método de un solo paso propuesto por Sukhija y Palmquist (1988) con ligeras modificaciones. La muestra en presencia de tolueno (1 ml conteniendo 10 mg/ml de C15:0 como patrón interno) y cloruro acético en metanol (3 ml al 5 %) fue calentado a 70 °C durante 2 horas. Posteriormente la muestra se centrifugó 5 min a 3000 rpm y el sobrenadante se puso en presencia de sodio sulfato anhidro. La fase superior se recogió para su

análisis por cromatografía de gases (Agilent Technologies®, Waldbronn, Germany) (Rey y López-Bote, 2001).

### **Análisis de la composición de ácidos grasos de la grasa subcutánea**

La grasa se extrajo mediante el método de fusión térmica (Carrapiso y García, 2000). Se colocó la grasa en un tubo de vidrio que se introdujo en un horno microondas durante 1 min aproximadamente, a una potencia de media de 350 w. La grasa se metiló en una estufa en presencia de metilato sódico y sulfúrico en metanol (Rey y López-Bote, 2001). Los ésteres metílicos de la capa superior fueron previamente disueltos en éter de petróleo para su análisis por cromatografía de gases. Para el análisis se utilizó un cromatógrafo equipado con un inyector de split (1/50), un detector de ionización de llama (FID) y una columna capilar Innowax® con fase estacionaria polietilén-glicol (30 m x 0,32 mm x 0,25 µm) (Agilent Technologies®, Waldbronn, Germany) siguiendo el programa de temperaturas descrito anteriormente (Rey y López-Bote, 2001). La identificación individualizada de los ácidos grasos se realizó mediante el empleo de mezclas conocidas de patrones externos. El ácido C15:0 (ácido pentadecanoico) (Sigma, St Louis, M.O. USA) se utilizó como patrón interno. Los ácidos grasos se expresaron como porcentaje sobre el total de los ácidos grasos.

### **Análisis estadístico de los datos**

La unidad experimental fue el cerdo. Los datos se analizaron siguiendo un diseño completamente al azar utilizando el procedimiento GLM del SAS (v9.3) (Statistical Analysis Institute, 2002). Se evaluaron como efectos principales el tratamiento (pienso1 vs. pienso 2) y el tiempo (62 días vs. 83 días), así como la interacción. Los datos se presentaron con

el valor medio seguido de la raíz del error cuadrado de la media (RMSE), seguido de la probabilidad (P). Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando  $P < 0,05$ .

### **Resultados**

Los pesos medios de los cerdos el día 63 después del inicio del periodo experimental fueron  $150,00 \pm 4,70$  kg y  $157,17 \pm 5,20$  kg en los animales que recibieron el pienso 1 y 2 respectivamente, ascendiendo tales pesos a  $155,40 \pm 5,10$  kg y  $160,50 \pm 4,80$  kg en el día 84 final del experimento, por lo que el crecimiento medio diario fue de 257,14 g y 158,57 g para los cerdos que consumieron el pienso 1 y 2 respectivamente, lo que significa que la ingestión energética diaria de los cerdos, entre los días 64 y 84 del periodo de acabado, fue ligeramente superior a las necesidades de mantenimiento alrededor del 27 % y 17 % más elevado según FEDNA (2013) en los cerdos que consumieron el pienso 1 y 2, respectivamente.

En la Tabla 2 se observa la comparativa del perfil de ácidos grasos de las muestras de grasa externa tomadas los días 62 y 83 tras una alimentación en régimen próximo al de mantenimiento de los dos grupos en función del tipo de pienso suministrado. Se observó que los ácidos grasos afectados según el tipo de pienso utilizado fueron el C18:0, C18:2n-6, C18:4n-3, C20:0 y C20:3n-9. El pienso 2 dio lugar a mayor contenido en C18:0 ( $P = 0,033$ ), C20:0 ( $P = 0,0050$ ). También se detectó una marcada tendencia a que el pienso 2 tuviera proporciones de C18:1n-7 superiores, aunque las diferencias no llegaron a ser significativas ( $P = 0,0659$ ). Sin embargo, el uso del pienso 2 dio lugar a contenidos inferiores de C18:2n-6 ( $P = 0,0001$ ), C18:4n-3 ( $P = 0,028$ ), C20:3n-9 ( $P = 0,0092$ ) y total de ácidos grasos poliinsaturados n-6 ( $P = 0,0002$ ). Examinando los datos medios obtenidos para los ácidos

Tabla 2. Proporción de ácidos grasos (g/100 g del total) de grasa externa tomadas los días 62 y 83 del cebo según el tipo de pienso administrado y el tiempo en mantenimiento.

Table 2. Proportion of fatty acids (g/100 g of the total) of external fat taken on days 62 and 83 of fattening according to the type of feed administered and the time in maintenance.

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE <sup>1</sup>	RMSE tiempo <sup>1</sup>	P pienso <sup>2</sup>	P tiempo <sup>2</sup>	P pienso x tiempo <sup>2</sup>
C14:0	día 62	1,250	1,184	0,076	0,077	NS	NS	NS
	día 83	1,165	1,206					
C16:0	día 62	20,085	20,486	0,737	0,741	NS	NS	NS
	día 83	20,210	20,730					
C16:1n-9	día 62	0,248	0,265	0,018	0,018	NS	NS	NS
	día 83	0,261	0,255					
<b>C16:1n-7</b>	día 62	1,947	1,951	0,144	0,140	NS	*	NS
	día 83	1,807	1,855					
C17:0	día 62	0,259	0,273	0,018	0,018	NS	NS	NS
	día 83	0,274	0,271					
C17:1	día 62	0,297	0,316	0,026	0,026	NS	NS	NS
	día 83	0,289	0,294					
<b>C18:0</b>	día 62	8,726	9,319	0,598	0,632	*	*	NS
	día 83	9,310	9,892					
C18:1n-9	día 62	47,259	47,786	1,063	1,031	NS	NS	NS
	día 83	47,678	47,853					
<b>C18:1n-7</b>	día 62	3,034	3,170	0,251	0,261	NS	***	NS
	día 83	2,394	2,665					
<b>C18:2n-6</b>	día 62	12,896	11,357	0,788	1,044	***	NS	NS
	día 83	12,665	11,084					
C18:3n-3	día 62	0,441	0,426	0,045	0,044	NS	NS	NS
	día 83	0,401	0,430					
<b>C18:4n-3</b>	día 62	0,094	0,090	0,006	0,006	*	**	NS
	día 83	0,089	0,083					
<b>C20:0</b>	día 62	0,175	0,198	0,018	0,021	**	NS	NS
	día 83	0,179	0,203					
C20:1	día 62	1,612	1,694	0,117	0,114	NS	NS	NS
	día 83	1,660	1,661					

<sup>1</sup> RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo; <sup>2</sup> NS = no significativo ( $P > 0,05$ ).

Tabla 2. Proporción de ácidos grasos (g/100 g del total) de grasa externa tomadas los días 62 y 83 del cebo según el tipo de pienso administrado y el tiempo en mantenimiento (continuación).

Table 2. Proportion of fatty acids (g/100 g of the total) of external fat taken on days 62 and 83 of fattening according to the type of feed administered and the time in maintenance (continuation).

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE <sup>1</sup>	RMSE tiempo <sup>1</sup>	P pienso <sup>2</sup>	P tiempo <sup>2</sup>	P pienso x tiempo <sup>2</sup>
<b>C20:3n-9</b>	día 62	1,046	0,945	0,086	0,095	**	NS	NS
	día 83	1,034	0,931					
C20:4n-6	día 62	0,228	0,188	0,038	0,038	NS	NS	NS
	día 83	0,214	0,208					
C20:5n-3	día 62	0,157	0,129	0,027	0,027	NS	NS	NS
	día 83	0,135	0,147					
C22:5n-3	día 62	0,088	0,077	0,024	0,024	NS	NS	NS
	día 83	0,067	0,079					

<sup>1</sup> RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo; <sup>2</sup> NS = no significativo ( $P > 0,05$ ).

grasos poliinsaturados n-6 en función del tipo de pienso, es notable la diferencia de más de un punto porcentual, en torno al 12,7 % con el pienso 1 y del orden del 11,4 % con el pienso 2, del nivel de estos ácidos grasos en el perfil lipídico. Estas diferencias específicas en ácidos grasos dieron lugar a cambios en la proporción de los principales grupos de ácidos grasos (Tabla 3). De forma que la alimentación con el pienso 2 produjo en la grasa subcutánea una tendencia a tener mayor proporción de ácidos grasos saturados ( $P = 0,0643$ ), monoinsaturados n-7 ( $P = 0,0766$ ), así como menor proporción en ácidos grasos poliinsaturados n-6 ( $P = 0,0002$ ).

Así mismo, los ácidos grasos afectados significativamente por el tiempo fueron el C16:1n-7 ( $P = 0,0494$ ), C18:1n-7 ( $P = 0,0001$ ) y el C18:4n-3 ( $P = 0,0094$ ) que disminuyeron mientras que la proporción del C18:0 aumentó ( $P = 0,015$ ) (Tabla 2). Por otra parte, el tiempo sólo afectó de forma significativa a la proporción de monoinsaturados n-7 ( $P = 0,0001$ ) (Tabla 3). La proporción media de estos áci-

dos grasos sobre el total del perfil en la muestra tomada el día 62 fue del 5,05 %, mientras que el día 83 el porcentaje fue del 4,36 %

La proporción de ácidos grasos en el perfil graso de las muestras de grasa interna subcutánea de los animales alimentados con los piensos experimentales se expone en la Tabla 4. Los resultados obtenidos para aquellos ácidos grasos influenciados por el tipo de pienso administrado indican que existen proporciones superiores de C20:3n-9 y C18:2n-6 con el suministro del pienso 1, mientras que para los ácidos grasos C10:0, C16:0 y C22:5n-3, las proporciones fueron inferiores en el pienso 1 respecto al pienso 2. Además, los animales alimentados con el pienso 2 tendieron a exhibir valores de C17:0 ( $P = 0,087$ ) y C17:1 ( $P = 0,057$ ) numéricamente superiores en su grasa subcutánea en comparación con los que recibieron el pienso 1, aunque las diferencias no llegaron a ser significativas. Al analizar conjuntamente las proporciones de los principales grupos de ácidos grasos en el perfil lipídico de las muestras de grasa in-



Tabla 3. Evolución de los principales grupos de ácidos grasos de los diferentes grupos experimentales, medido en muestras tomadas a nivel de la grasa externa los días 62 y 83 del cebo.

Table 3. Evolution of the main fatty acid groups of the external fat according to the experimental groups, measured on days 62 and 83 of fattening.

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE <sup>1</sup>	RMSE tiempo <sup>1</sup>	P pienso <sup>2</sup>	P tiempo <sup>2</sup>	P pienso x tiempo <sup>2</sup>
saturados	día 62	30,640	31,593	1,303	1,346	NS	NS	NS
	día 83	31,268	32,433					
mono n-7 <sup>3</sup>	día 62	4,982	5,121	0,317	0,328	NS	***	NS
	día 83	4,200	4,520					
mono n-9 <sup>4</sup>	día 62	49,119	49,744	1,160	1,124	NS	NS	NS
	día 83	49,599	49,769					
poli n-3 <sup>5</sup>	día 62	0,784	0,728	0,085	0,084	NS	NS	NS
	día 83	0,715	0,751					
poli n-6 <sup>6</sup>	día 62	12,751	11,545	0,804	1,050	***	NS	NS
	día 83	12,809	11,291					

<sup>1</sup> RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo. <sup>2</sup> NS = no significativo ( $P > 0,05$ ). <sup>3</sup> Ácidos grasos monoinsaturados n-7. <sup>4</sup> Ácidos grasos monoinsaturados n-9. <sup>5</sup> Ácidos grasos poliinsaturados n-3. <sup>6</sup> Ácidos grasos poliinsaturados n-6.

terna subcutánea (Tabla 5) se observó que el tipo de pienso influyó en la proporción de los ácidos grasos saturados ( $P = 0,0074$ ) y los poliinsaturados (PUFA) n-6 ( $P = 0,0001$ ). No se observaron cambios significativos con el tiempo bajo el régimen nutritivo próximo al mantenimiento de los cerdos en los principales grupos de ácidos de la grasa subcutánea interna, ni se observaron interacciones estadísticamente significativas entre ambos factores.

Por otra parte, el tiempo en régimen próximo al mantenimiento (Tabla 4), desde el día 62 al 83, redujo significativamente los niveles de los ácidos grasos C18:1n-7 ( $P = 0,0289$ ), C18:3n-3 ( $P = 0,0013$ ), C20:5n-3 ( $P = 0,0161$ ) y C22:5n-3 ( $P = 0,0014$ ). Sin embargo, en lo que concierne a los resultados de la interacción tiempo  $\times$  tipo de pienso (Tabla 4) no se detectaron diferencias estadísticamente significativas.

## Discusión

La utilización de un pienso con menor contenido en grasa y mayor aporte de carbohidratos (2) dio lugar a mayores niveles de ácidos grasos saturados (sobre todo C18:0 y C20:0) en la capa externa subcutánea que otro pienso con mayor contenido en grasa (1). El pienso 2 proporcionó mayor cantidad de cereales, lo que supone una mayor cantidad de almidón en la ración (De Blas et al., 2010), y por tanto de glucosa disponible, por lo que la síntesis endógena pudo predominar. Diversos autores ponen de manifiesto que la síntesis endógena de ácidos grasos produce como resultado ácidos grasos saturados en una proporción próxima al 45 % y alrededor del 55 % de ácidos grasos monoinsaturados (Brooks, 1971). Se ha observado que el cerdo ibérico posee una alta capacidad



Tabla 4. Proporción de ácidos grasos (g/100 g del total) de las muestras de grasa interna tomadas los días 62 y 83 del cebo en función del tipo de pienso administrado.

Table 4. Proportion of fatty acids (g/100 g of the total) of the internal fat samples taken on days 62 and 83 of fattening according to the type of feed.

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE <sup>1</sup>	RMSE tiempo <sup>1</sup>	P pienso <sup>2</sup>	P tiempo <sup>2</sup>	P pienso x tiempo <sup>2</sup>
C14:0	día 62	1,122	1,203	0,062	0,064	NS	NS	NS
	día 83	1,164	1,191					
<b>C16:0</b>	día 62	20,557	21,377	0,530	0,669	**	NS	NS
	día 83	20,570	21,498					
C16:1n-9	día 62	0,303	0,285	0,017	0,018	NS	NS	NS
	día 83	0,276	0,290					
C16:1n-7	día 62	1,550	1,753	0,188	0,194	NS	NS	NS
	día 83	1,559	1,703					
C17:0	día 62	0,276	0,323	0,028	0,030	NS	NS	NS
	día 83	0,309	0,314					
C17:1	día 62	0,279	0,326	0,034	0,036	NS	NS	NS
	día 83	0,279	0,303					
C18:0	día 62	10,370	10,847	0,674	0,685	NS	NS	NS
	día 83	10,849	11,313					
C18:1n-9	día 62	45,735	45,552	0,880	0,850	NS	NS	NS
	día 83	45,412	45,855					
<b>C18:1n-7</b>	día 62	2,552	2,659	0,265	0,262	NS	*	NS
	día 83	2,218	2,412					
<b>C18:2n-6</b>	día 62	13,331	11,999	0,575	1,086	***	NS	NS
	día 83	13,660	11,565					
<b>C18:3n-3</b>	día 62	0,525	0,496	0,030	0,031	NS	**	NS
	día 83	0,448	0,468					
C18:4n-3	día 62	0,076	0,084	0,008	0,008	NS	NS	NS
	día 83	0,084	0,075					
C20:0	día 62	0,184	0,192	0,025	0,024	NS	NS	NS
	día 83	0,187	0,202					
C20:1	día 62	1,496	1,445	0,128	0,123	NS	NS	NS
	día 83	1,442	1,405					

<sup>1</sup> RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo, <sup>2</sup> NS = no significativo ( $P > 0,05$ ).

Tabla 4. Proporción de ácidos grasos (g/100 g del total) de las muestras de grasa interna tomadas los días 62 y 83 del cebo en función del tipo de pienso administrado (continuación).

Table 4. Proportion of fatty acids (g/100 g of the total) of the internal fat samples taken on days 62 and 83 of fattening according to the type of feed (continuation).

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE <sup>1</sup>	RMSE tiempo <sup>1</sup>	P pienso <sup>2</sup>	P tiempo <sup>2</sup>	P pienso x tiempo <sup>2</sup>
<b>C20:3n-9</b>	día 62	1,034	0,856	0,081	0,116	***	NS	NS
	día 83	0,996	0,821					
C20:4n-6	día 62	0,225	0,216	0,027	0,025	NS	NS	NS
	día 83	0,211	0,219					
<b>C20:5n-3</b>	día 62	0,147	0,131	0,012	0,012	NS	*	NS
	día 83	0,126	0,124					
<b>C22:5n-3</b>	día 62	0,088	0,091	0,011	0,014	*	**	NS
	día 83	0,058	0,082					

<sup>1</sup> RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo, <sup>2</sup> NS = no significativo ( $P > 0,05$ ).

Tabla 5. Evolución de los principales grupos de ácidos grasos de la grasa interna según los grupos experimentales, medidos los días 62 y 83 del cebo.

Table 5. Evolution of the main fatty acid groups of the internal fat according to the experimental groups, measured on days 62 and 83 of fattening.

Ácido graso	Tiempo	Pienso 1	Pienso 2	RMSE <sup>1</sup>	RMSE tiempo <sup>1</sup>	P pienso <sup>2</sup>	P tiempo <sup>2</sup>	P pienso x tiempo <sup>2</sup>
<b>saturados</b>	día 62	32,636	34,083	0,589	1,091	**	NS	NS
	día 83	33,215	34,655					
mono n-7 <sup>3</sup>	día 62	4,102	4,413	0,971	1,178	NS	NS	NS
	día 83	3,777	4,115					
mono n-9 <sup>4</sup>	día 62	48,567	48,139	0,420	0,425	NS	NS	NS
	día 83	48,125	48,371					
poli n-3 <sup>5</sup>	día 62	0,851	0,815	1,005	0,961	NS	NS	NS
	día 83	0,722	0,637					
<b>poli n-6<sup>6</sup></b>	día 62	13,556	12,215	0,284	0,302	***	NS	NS
	día 83	13,872	11,783					

<sup>1</sup> RMSE: Cuadrado medio del error del efecto tratamiento o del tiempo, <sup>2</sup> NS = no significativo ( $P > 0,05$ ). <sup>3</sup> ácidos grasos monoinsaturados n-7, <sup>4</sup> ácidos grasos monoinsaturados n-9, <sup>5</sup> ácidos grasos poliinsaturados n-3, <sup>6</sup> ácidos grasos poliinsaturados n-6.

lipogénica con mayor expresión de genes relacionados con la síntesis endógena de grasa a partir del consumo de dietas ricas en carbohidratos (Daza et al., 2007; Benítez et al., 2016). Los efectos en la capa interna como consecuencia del tipo de pienso administrado dieron lugar a resultados similares a los observados en la capa externa con un mayor incremento en la proporción de ácidos grasos saturados, en especial C16:0 con el consumo del pienso 2. Esta capa además presentó mayor contenido en ácidos grasos saturados que la capa externa, lo que está de acuerdo con datos de otros autores (Bee et al., 2002; Daza et al., 2007), y puede ser debido a una mayor actividad enzimática de la ácido-graso-sintetasa en la capa interna (Bee et al., 2002).

El incremento de las proporciones de ácidos grasos saturados y monoinsaturados dentro del perfil graso total como consecuencia del tipo de pienso administrado supone una disminución de la proporción de C18:2n-6 por dilución en similar proporción (Wood et al., 2008; Daza et al., 2007), y este efecto fue observado en ambas capas de grasa. Por otro lado, la menor proporción de C18:2n-6 en el perfil graso de los animales alimentados con el pienso 2 respecto al pienso 1 pudo también estar influenciada por la movilización preferente de este ácido graso. Los ácidos grasos poliinsaturados son de movilización rápida, seguidos de los monoinsaturados y en último lugar los saturados (Raclot y Groscolas, 1993; Connor et al., 1996). Raclot y Groscolas (1993) determinaron que un ácido graso es más fácilmente utilizado para fines metabólicos cuando su cadena hidrocarbonatada, dentro del rango comprendido entre 18 y 22 carbonos, es más corta, dispone de un mayor número de insaturaciones y sus dobles enlaces están situados en las posiciones más cercanas al grupo metilo terminal de la cadena. El elevado nivel de inclusión de C18:2n-6 en la dieta mediante la administración del pienso 2, conlleva una más libre disposición

de dicho ácido graso que favorece su  $\beta$ -oxidación para la obtención de energía (López-Bote, 2001), influyendo en la reducción de sus niveles en el perfil graso. Sin embargo, se ha observado que en el cerdo ibérico serían necesarias más de 24 horas de privación de alimento para observar efectos en la expresión de ciertos genes involucrados en la lipólisis (Benítez et al., 2016). Teniendo en cuenta que los animales se encontraban bajo un régimen nutritivo restringido, casi cercanos al mantenimiento, la movilización, de haberse dado, sería moderada y por tanto los cambios observados podrían ser también debidos a un efecto dilución. Además hay que tener en cuenta que aunque la proporción de C18:2 fue superior en el pienso 2, el contenido en grasa de este pienso fue inferior por lo que la diferencia en el aporte de C18:2 con la alimentación entre ambos piensos fue de 8 puntos porcentuales (12 % vs. 18%). La proporción de C18:2n-6 encontrada en el perfil lipídico de la grasa de animales que consumieron el pienso 2, estarían más cercanas a las proporciones establecidas como recomendadas (9-10 %) por motivos tecnológicos en el ibérico, incluso en los alimentados con piensos compuestos (López-Bote et al., 1999), puesto que un mayor contenido en C18:2n-6 está asociado a problemas en el procesado de derivados cárnicos y a la aparición de sabores y olores a rancio (Wood et al., 2008).

En cuanto a los efectos observados sobre la menor proporción de C20:3n-9 con el consumo del pienso 2 en ambas capas, éste ácido graso se sintetiza a partir del C18:1n-9 por fenómenos de elongación y desaturación y es el principal ácido graso procedente de ácidos grasos no esenciales (Brenner, 1989). En caso de que el aporte de ácidos grasos esenciales como el C18:2 en la dieta disminuya, la síntesis de otros ácidos grasos insaturados procedente de C18:1n-9 y C18:1n-7 continua dando lugar a una mayor acumulación de C20:3n-9 (Brenner, 1989). En el caso del pienso 2, con

un elevado aporte de C18:2n-6 en la dieta, pudieron no ser necesarios fenómenos de desaturación a partir de sus precursores n-9; o bien como se ha indicado anteriormente, su disminución pudo deberse en parte a fenómenos de dilución por el aumento de otros ácidos grasos mayoritarios sintetizados.

En lo que se refiere al C22:5n-3 afectado en la capa interna y precursor obligado en la síntesis del C22:6n-3 (Voss et al., 1991), que es un componente habitual de los fosfolípidos de membrana celular, los altos niveles de C18:2n-6 en el pienso 2 a causa de la alimentación y su mayor uso metabólico pudieron influenciar directamente la acumulación de otros ácidos grasos n-3. Siendo conscientes de la competición existente entre los ácidos grasos poliinsaturados n-6 y n-3 por ejercer la misma función estructural y dado que ambos compiten por la enzima  $\delta$ -6 desaturasa (Brenner, 1989; Nguyen et al. 2003), la disminución de la proporción de los ácidos grasos poliinsaturados n-6 existente en el perfil graso asociado al consumo del pienso 2 facilitaría el aumento de la proporción de C22:5n-3. El aumento de estos ácidos grasos minoritarios es un aspecto interesante puesto que sus niveles en la alimentación se los ha relacionado con mayor respuesta inmunitaria y protección cardiovascular (Brenner, 1989), por lo que un aumento de los mismos suponen una mejora del valor nutricional de los productos.

Además, en el presente estudio se observa una relación inversa entre el tiempo en restricción alimenticia y la concentración de monoinsaturados n-7 en el perfil graso. Esto puede explicarse por la predisposición de este grupo de ácidos grasos, y en especial el C16:1n-7, para sufrir la  $\beta$ -oxidación en periodos de ayuno o restricción (Power et al., 1997). Una dieta asociada a una severa restricción para acercarse a niveles de mantenimiento, trata de administrar el aporte de nutrientes necesaria para que exista poca variación de peso. Sin embargo, durante el ma-

nejo de esta práctica es posible que existan instantes de ayuno donde el balance energético es negativo y es necesaria la movilización de reservas energéticas para el normal funcionamiento del organismo. En esta situación, la superior afinidad del palmitoil-CoA para ser rápidamente catalizado por la carnitina palmitoiltransferasa I (CPT I) respecto al resto de ácidos grasos (Power et al., 1997), predispone al C16:1n-7 a sufrir la  $\beta$ -oxidación, situándose como una de las principales fuentes energéticas, evitando su almacenamiento como triglicérido. Además, la disminución de los niveles de C18:4n-3 en el tiempo se puede deber también a su posible movilización energética durante la restricción para acercarse al nivel de mantenimiento ya que su estructura molecular, facilita su uso metabólico (Raclot y Groscolas, 1993). En la capa interna además se observó la disminución de otros ácidos grasos de la familia n-3 (C18:3n-3, C20:5n-3 y C22:5n-3) a lo largo del periodo en restricción próximo al mantenimiento. Nieminen et al. (2006), también encontraron una movilización preferente de los ácidos grasos n-3 en visones sometidos a una restricción de alimento. Estas variaciones observadas durante el tiempo en restricción podrían explicarse como se ha indicado, por su mayor movilización metabólica respecto al resto de ácidos grasos (Raclot y Groscolas, 1993; Connor et al., 1996) y a su acción como precursores para la síntesis de otros ácidos grasos, como el C22:6n-3 (Voss et al., 1991) y hormonas eicosanoides (Aires et al., 2005). Gracias a la enzima  $\delta$ -6 desaturada, se realiza la síntesis de C22:5n-3 a partir del C20:5n-3 (Voss et al., 1991). El C22:5n-3 es un metabolito obligatorio para llevar a cabo la síntesis de C22:6n-3, mediante una elongación, para finalizar la ruta sintética mediante una  $\beta$ -oxidación a nivel de los peroxisomas (Voss et al., 1991). Sin embargo, debido a la pequeña proporción que estos ácidos grasos suponen respecto al total, las diferencias no se manifestaron en el total de n-3. Por último, no sólo

se produjo una disminución de algunos ácidos grasos minoritarios durante el tiempo en restricción próxima al mantenimiento, sino que además se observó un incremento de los niveles de C18:0 que podría deberse en parte a su formación porque la síntesis endógena está siendo un proceso metabólico activo durante el tiempo (Wood *et al.*, 2003), pero la movilización de los ácidos grasos saturados es muy dificultosa en comparación con otros ácidos grasos (Connor *et al.*, 1996).

No se encontraron valores estadísticamente significativos que pudieran sugerir que el tipo de pienso administrado tuviera distinto efecto según el tiempo en restricción cercana al mantenimiento (interacción) en los cambios acontecidos en el perfil graso de la capa externa de la grasa subcutánea, lo que hace pensar que la pequeña movilización de ácidos grasos que se produce durante el tiempo de espera, apenas se ve influenciada por el origen de la fuente de energía. Esto, a efectos prácticos, puede ser muy interesante, puesto que en casos en los que el pienso que está recibiendo el lote de animales en espera se agotara y tuviera que ser sustituido por otro, se encontrarían pocas diferencias sobre el perfil graso mientras los cerdos permanezcan restringidos o en mantenimiento.

## Conclusiones

En conclusión, la administración de un pienso con menos grasa y mayor contenido en carbohidratos produce un aumento en la proporción en ácidos grasos saturados debido a una mayor síntesis endógena. Esto se traduce en una menor proporción de ácidos grasos poliinsaturados n-6 en el perfil graso de las capas externa e interna de la grasa subcutánea. Estos cambios parecen más significativos en la capa interna que en la externa. Sin embargo, el periodo de espera bajo una severa restricción alimenticia próxima al manteni-

miento produce pequeños cambios en el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea. Los principales efectos se observan en los ácidos grasos monoinsaturados n-7 y algunos ácidos grasos específicos de la familia n-3, debido a su fácil capacidad de ser metabolizados. Por otra parte, el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea no se ve afectado de forma significativa según el pienso recibido durante el tiempo de espera bajo una importante restricción próxima al mantenimiento, lo que supone un avance para el manejo por el ganadero en este sector productivo. Estos resultados pueden ser de utilidad para mejorar el cebo de cerdos ibéricos puros y sobre su posible aplicación en cerdos cruzados, siendo necesario algún estudio adicional para confirmarlo.

## Referencias bibliográficas

- Aires D, Capdevila N, Segundo MJ (2005). Ácidos grasos esenciales: su influencia en las diferentes etapas de la vida. *Offarm* 24(4): 96-102.
- Bee G, Gebert S, Messikommer R (2002). Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. *Journal of Animal Science* 80: 1564-1574. <https://doi.org/10.2527/2002.8061564x>
- Benítez R, Núñez Y, Fernández A, Isabel B, Rodríguez C, Daza A, López-Bote C, Silió L, Óvilo C (2016). Adipose tissue transcriptional response of lipid metabolism genes in growing Iberian pigs fed oleic acid vs. carbohydrate-enriched diets. *Animal* 10: 939-946. <https://doi.org/10.1017/S1751731115003055>
- Bligh EG, Dyer W (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* 37: 911-917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- BOE (2001). RD 1083/2001, de 5 de octubre, por el que se aprueba la Norma de Calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo ibé-

- ricos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Boletín Oficial del Estado, nº 247, de 15 de octubre de 2001, pp. 37830-37833
- Brenner RR (1989). Factors influencing fatty acid chain elongation and desaturation. En: *The role of fats in human nutrition vol. 2* (Ed. Vergoesen AJ, Crawford M), pp. 45-79. Academic Press, Londres.
- Brooks CC (1971). Fatty acid composition of pork lipids as affected by basal diet, fat source and fat level. *Journal of Animal Science* 33: 1224-1231. <https://doi.org/10.2527/jas1971.3361224x>
- Carrapiso AI, García C (2000). Development in lipid analysis: Some new extraction techniques and in situ transesterification. *Lipids* 35(11): 1167-1177. <https://doi.org/10.1007/s11745-000-0633-8>
- Connor WE, Lin DS, Colvis C (1996). Differential mobilization of fatty acids from adipose tissue. *Journal of Lipid Research* 37: 290-298.
- Daza A, Olivares A, López-Bote CJ (2006). Effect of a moderate feed restriction on subsequent growth and body composition in pigs raised under high environmental temperatures. *Journal of Animal and Feed Sciences* 15: 417-426. <https://doi.org/10.22358/jafs/66912/2006>
- Daza A, Rey AI, Menoyo D, Bautista JM, Olivares A, López-Bote CJ (2007). Effect of level of feed restriction during growth and/or fattening on fatty acid composition and lipogenic enzymes activity in heavy pigs. *Animal Feed Science and Technology* 138: 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.11.013>
- De Blas C, Mateos GG, García-Rebollar P. (2010). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo para la fabricación de piensos compuestos, 3ª edición*. FEDNA, Madrid, España.
- Duarte JL, Ureta P, Rodríguez PM, Izquierdo M (2019). Estudio poblacional de las variedades en peligro de extinción torbiscal, lampiño y manchado de jabugo de la raza porcina ibérica. *Solo Cerdo Ibérico* 41: 14-27.
- Dunker A, Rey AI, López-Bote CJ, Daza A (2007). Effect of the feeding level during the fattening phase on the productive parameters, carcass characteristics and quality of fat in heavy pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences* 16: 621-635. <https://doi.org/10.22358/jafs/66819/2007>
- FEDNA (2013). *Necesidades Nutricionales para Ganado Porcino. Normas FEDNA (2ª edición)*. (Ed. Blas C, Gasa J, González-Mateos G). Universidad Politécnica de Madrid y Universidad Autónoma de Barcelona.
- López-Bote CJ (1998). Sustained utilization of the Iberian pig breed. *Meat Science* 49: S17-S27. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)90036-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)90036-5)
- López-Bote CJ, Isabel B, Rey AI (1999). Efecto de la nutrición y del manejo sobre la calidad de la grasa en el cerdo. En: *XV Curso de especialización FEDNA: avances en nutrición y alimentación animal* (Ed. Rebollar PG, de Blas C, Mateos GG), pp. 223-252. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, España.
- López-Bote CJ (2001). Alimentación del cerdo Ibérico con piensos compuestos. En: *Porcino Ibérico: aspectos claves*. (Ed. Buxadé C, Daza A), pp. 247-277. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Nguyen LQ, Nuijens MCGA, Everts H, Salden N, Beynen AC (2003). Mathematical relationships between the intake of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids and their contents in adipose tissue of growing pigs. *Meat Science* 65: 1399-1406. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00062-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00062-7)
- Nieminen P, Käkälä R, Pykönen T, Mustonen AM (2006). Selective fatty acid mobilization in the American mink (*Mustela vison*) during food deprivation. *Comparative Biochemistry and Physiology B* 145: 81-93. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2006.06.007>
- Power GW, Cake MH, Newsholme EA (1997). Influence of diet on the kinetic behavior of hepatic carnitine palmitoyltransferase I toward different acyl CoA esters. *Lipids* 32: 31-37. <https://doi.org/10.1007/s11745-997-0005-4>
- Raclot T, Groscolas R (1993). Differential mobilization of white adipose tissue fatty acids according to chain length, unsaturation, and positional isomerism. *Journal of Lipid Research* 34: 1515-26.



- Rey AI, López-Bote CJ (2001). Effect of dietary copper and vitamin E supplementation, and extensive feeding with acorn and grass on *longissimus* muscle composition and susceptibility to oxidation in Iberian pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 85: 281-292. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2001.00316.x>
- Ruiz J, de la Hoz L, Isabel B, Rey AI, Daza A, López-Bote CJ (2005). Improvement of dry-cured Iberian ham quality characteristics through modifications of dietary fat composition and supplementation with vitamin E. *Food Science and Technology International* 11: 327-355. <https://doi.org/10.1177/1082013205057627>
- Serrano MP, Valencia DG, Fuentetaja A, Lázaro R, Mateos GG (2009). Influence of feed restriction and sex on growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared indoors. *Journal of Animal Science* 87: 1676-1685. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0989>
- Sukhija PS, Palmquist DL (1988). Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 36(6): 1202-1206. <https://doi.org/10.1021/jf00084a019>
- Voss A, Reinhart M, Sankarappa S, Sprecher H (1991). The metabolism of 7, 10, 13, 16, 19-Docosapentaenoic acid to 4, 7, 10, 13, 16, 19-docosahexaenoic in rat liver is independent of 4-desaturase. *Journal of Biological Chemistry* 266(30): 19995-20000
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science* 78: 343-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
- (Aceptado para publicación el 17 de agosto de 2020)