

Nuevas alternativas en la alimentación del cerdo Ibérico: uso de la avellana Gevuína

M.P. Serrano, N. Ruiz-de Dulanto y A.I. Rey*

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

Resumen

La producción de cerdos Ibéricos en montanera está muy limitada por la producción de bellota disponible. Con el objeto de ofrecer una alternativa se ha planteado el uso de la avellana Gevuína (*Gevuína avellana*), procedente de Chile, en la alimentación de cerdos Ibéricos. Para el estudio los animales se dividieron en dos grupos (n = 6 por grupo), a uno de ellos se le administró un pienso compuesto (a voluntad) y a un segundo grupo además del pienso, se le administró 2 kg de avellanas/animal y día, hasta el momento del sacrificio. El análisis de las avellanas mostró que éstas contienen una elevada cantidad de grasa (44 %) con una alta proporción de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) (93,94 %), cuyos ácidos grasos mayoritarios fueron el palmitoleico (29,99 %) y el oleico (50,60 %). Los resultados mostraron que el incremento de C18:1n-9 con el tiempo en los cerdos suplementados con avellana fue superior ($P = 0,0001$) lo que se tradujo en un descenso en C16:0 mayor ($P = 0,001$) en comparación con los que sólo recibieron pienso, aunque el valor final de ácido oleico en los animales suplementados con avellanas no superó a los animales no suplementados. Se observaron cambios en la relación C16:1/C16:0 o C18:1/C18:0 de diferente magnitud que hace pensar en posibles efectos a nivel metabólico debidos a la diferencia en la ingestión de alimentos. Nuevos estudios son necesarios para indagar más profundamente en los efectos que este fruto puede tener en la alimentación de cerdos Ibéricos y en la calidad de sus productos.

Palabras clave: Avellana chilena, porcino, ácidos grasos, grasa.

New alternatives in Iberian pig feeding: use of hazelnut Gevuína

Abstract

Iberian pig production in the free-range system is limited by acorn production. In order to provide an alternative, the use of the Gevuína hazelnut has been proposed. Pigs were split up in two groups (n = 6 per group), one of those was provided with commercial feed (according to appetite) and the other was given a commercial feed and 2 kg of hazelnut/ animal and day from 126,6 ± 4,7 kg of weight until slaughter. The hazelnut analysis revealed they have a great proportion of fat (44 %), with a high amount of monounsaturated fatty acids (MUFA) (93.94 %), of which the main fatty acids were palmitoleic acid (29.99 %) and oleic acid (50.60 %). The C18:1n-9 concentration increased in the hazelnut group, as time increased ($P = 0.0001$), this led to a greater decrease of C16:0 concentration ($P = 0.001$) in the hazelnut group than in the other group. Although, the final level of C18:1n-9 in the hazelnut group did not ex-

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

ceed that reached by the mixed diet. Changes in C16:1/C16:0 and C18:1/C18:0 relations were observed, but of different magnitude, possibly due to metabolic effects because of the different feeding level of the two dietary groups. New studies are required to deeply examine the effects of this product may have in Iberian pig feeding and quality of their products.

Keywords: Chilean hazelnut, pig, fatty acids, fat.

Introducción

El cebo a base de piensos compuestos es el sistema de producción de cerdos Ibéricos en base a la alimentación más común en España (BOE, 2014), en parte debido a que la alimentación en montanera exclusiva está limitada por la producción de bellotas y a su carácter estacional, sin posibilidades de que este único sistema pueda soportar la demanda que exige el mercado en productos derivados del cerdo Ibérico (García Casco et al., 2013). La alimentación, junto con las características genéticas, es el principal factor responsable de la calidad de los productos debido a que muchos compuestos, especialmente aquellos de carácter liposoluble, se acumulan directamente en sus tejidos con pocas modificaciones (Sanabria et al., 2013; Rey et al., 2013), y por tanto es también responsable de su valor comercial. Así aquellos productos derivados de cerdos alimentados con los recursos de la dehesa adquieren un precio más alto en el mercado y se caracterizan por tener mayor cantidad de compuestos antioxidantes (Rey et al., 2013), y un perfil lipídico característico (Sanabria et al., 2013) que es responsable de muchas características visuales, de aroma y sabor apreciadas por los consumidores (Ruiz et al., 1998).

Además del uso de la bellota como fruto natural en el cebo de cerdos Ibéricos, en la bibliografía se ha descrito el uso de castañas (*Castanea sativa*). En concreto, se ha utilizado en la alimentación del cerdo Celta (Domínguez et al., 2015), y en el cerdo Cinta Senese, explotado en Italia (Pugliese et al., 2013). La castaña, por su alto contenido en ácido oleico y en γ -tocoferol (Pugliese et al.,

2009), unido al sistema de explotación, hacen que las características finales de los productos derivados de estos animales tengan una calidad superior a los de los animales cebados a base de pienso exclusivamente, y en semejanza a la calidad de los productos de cerdos cebados en montanera (Pugliese et al., 2009; Lorenzo et al., 2012).

Un fruto silvestre cuya utilización podría ser también interesante en la alimentación del cerdo Ibérico es la avellana Gevuína (*Gevuina avellana*). La avellana Gevuína es un fruto que se produce en Chile, principalmente en las regiones de la Araucanía, Maule, Valparaíso y Biobío, en los meses de marzo y abril (Cruzat y Barrios, 2009). El interés por este fruto en alimentación animal surgió debido a su alto contenido en energía y valores proteicos medios del 12 % (Loewe et al., 1997). Además resulta interesante porque el perfil de ácidos grasos, especialmente su proporción en ácido oleico (C18:1n-9), es muy similar al de la bellota, 49,3 % de lípidos, de los cuales el 93 % son ácidos grasos insaturados, con la particularidad de que posee un alto contenido en grasa (Loewe et al., 1997), presentando contenidos menores en ácidos grasos saturados que otros frutos (nuez de macadamia, avellana común, bellota, castaña) (Bertoli et al., 1998; Jil Martínez, 2006; Rey et al., 2006; Pugliese et al., 2009). Sin embargo, no se han encontrado datos en la bibliografía relativos a los posibles efectos que el consumo de este fruto silvestre pueda ocasionar sobre el perfil lipídico en el cerdo Ibérico. Únicamente existen dos estudios previos realizados en aves que no evalúan la acumulación de ácidos grasos (Méndez-Soto, 1981; Cáceres et al., 1982).

Debido a las características de la avellana Gevuína, a las posibilidades de explotación de la misma y a la limitada producción de bellota que España posee, se ha planteado en el presente trabajo su uso en forma desecada con el objetivo de estudiar los cambios en el perfil lipídico y conocer las posibilidades de su utilización en determinados sistemas de explotación.

Material y métodos

Todos los procedimientos llevados a cabo en este estudio cumplieron con la normativa recogida en el RD53/2013 sobre protección de animales con fines científicos (BOE, 2013).

Animales experimentales

Para la realización del presente trabajo se utilizaron cerdos Ibéricos castrados (hembras) de variedad retinta de unos 12 meses de edad (nacidos en enero) que durante la fase pre-experimental habían estado alojados en una cerca de 1 ha (finca Navalazarza, Córdoba, España) y alimentados con un pienso de crecimiento-cebo a base de cereales y leguminosas. A continuación, se seleccionaron animales homogéneos que se distribuyeron en dos grupos ($n = 6$ por grupo) (peso medio inicial de $126,6 \pm 4,7$ kg), que fueron alojados en cercas de unas 0,6 ha, sin hierba ni bellota. A ambos grupos se les administró pienso compuesto específico para el periodo de cebo (Tabla 1) a voluntad (comenzando con un mínimo inicial de 2 kg de pienso por animal y día e incrementando de forma progresiva hasta saciedad) durante el periodo de engorde. Además, a uno de los grupos se le administró adicionalmente 2 kg de avellana Gevuína desecada (*Gevuina avellana*) por animal y día durante los dos meses de cebo (60 días) hasta un peso medio aproximado de 170 ± 5 kg. Las avellanas fueron suministradas al final de la comida a modo de "postre"

y redujo en los animales el apetito por el pienso tras las primeras semanas de administración. Las avellanas desecadas fueron obtenidas de la región de la Araucanía (Chile) durante el mes de septiembre de 2017 y fueron administradas a los cerdos con cáscara. La composición calculada del pienso e ingredientes se muestra en la Tabla 1. De la avellana administrada el 66 % estaba constituido por cáscara (que era expulsada por el cerdo) y un 28 % aproximadamente era la semilla que era la parte ingerida.

Tabla 1. Ingredientes y composición del pienso administrado durante el periodo de cebo.

Table 1. Ingredients and composition from mixed diet given during the fattening period.

Composición en nutrientes	%
Proteína bruta	11,06
Aceites y grasas brutas	6,19
Fibra bruta	4,51
Cenizas brutas	4,27
Lisina	0,65
Metionina	0,17
Calcio	0,75
Fósforo	0,47
Sodio	0,18
ED (Mcal/kg) estimada	3,42

Ingredientes: Trigo, cebada, semilla girasol alto oleico, salvado de trigo, carbonato cálcico, cloruro sódico y fosfato bicálcico.

Aditivos (por kg): Vitamina A, 2500 UI; Vitamina D₃, 500 UI; Vitamina E, 50 mg; Manganeso (óxido), 15 mg; Zinc (óxido), 55 mg; Cobre (sulfato pentahidratado), 5 mg; Yodo (yoduro de potasio), 0,38 mg; Cobalto (carbonato cobalto), 0,50 mg; Selenio (selenito sodico), 0,05 mg; Hierro (carbonato ferroso), 45 mg; L-lisina (EC 3.3.2.2.), 0,37 %; L-treonina (EC 3.3.3.1), 0,07 %; 6-Fitasa (EC 3.1.3.26), 250 FTU; Sepiolita, 375 mg.

ED: Energía Digestible.

Para el estudio de la evolución de la composición lipídica, se realizó una toma de biopsias (pistola de biopsias con cabezal cilíndrico acoplado) de grasa subcutánea (a 2-3 cm por delante de la tuberosidad isquiática del animal) en diferentes momentos y pesos durante el periodo de cebo. Una primera toma se llevó a cabo en el momento inicial y una segunda antes del sacrificio de los animales tras el periodo de cebo. Previo a la toma de biopsias se aplicó un anestésico local inyectable (Stresnil) y tras la toma de biopsias se administró un cicatrizante tópico (Aluspray®) y las muestras se situaron en un tubo aséptico que fue refrigerado inmediatamente a 4 °C y posteriormente congelado a -20 °C hasta el momento de análisis. No se detectó ningún grado del malestar de los animales los días siguientes a la toma de muestras.

Análisis de la composición general del pienso y avellanas

La determinación de humedad del alimento se llevó a cabo según la norma ISO-1442. Los recipientes donde se pesaron las muestras se secaron en una estufa a 100 °C durante 1 h. A continuación, se pesaron 5 g de la muestra y se mantuvieron en la estufa de desecación a 100-105 °C hasta peso constante. El cálculo de la humedad se realizó por diferencia de pesadas.

La cuantificación del contenido en grasa se realizó por el método Soxhlet. Entre 5-10 g de muestra molida se situaron en el extractor sobre el que se añadió éter etílico. El éter se recogió en un matraz aforado previamente pesado. La muestra se lavó con éter hasta que el éter fue incoloro (aproximadamente 4 h) y el residuo se desecó en una estufa a 100 °C. El matraz de recogida del éter se dejó enfriar en desecador y se pesó a temperatura ambiente.

Los tocoferoles (alfa y gamma) de los alimentos (pienso y avellana) se cuantificaron siguiendo una modificación del método des-

crito por Rey et al. (2013). Se pesaron 0,2 g de muestra en un tubo topacio y se saponificó en presencia de KCl al 1,15 %, pirogalol (solución al 3 % en etanol) y KOH al 50 %. A continuación, se procedió a la incubación de las muestras a 70 °C en agitación durante 2 h. Los tocoferoles se extrajeron con éter de petróleo tras agitación y centrifugación durante 10 min a 3000 rpm. La fase superior de éter de petróleo se evaporó bajo corriente de nitrógeno y el residuo se diluyó en etanol absoluto para su análisis cromatográfico por HPLC (HP 1100, equipado con un detector diodo array, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany). La fase móvil fue metanol: agua (97:3) (v/v) a un flujo de 2,0 ml/min y la columna utilizada fue Lichrocart PR 18 (250×4 mm i.d., 5 µm tamaño de partícula; Agilent Technologies). La identificación de las formas de tocoferol se realizó por comparación de los tiempos de retención de los patrones y de las muestras. La cuantificación se realizó a partir de una cantidad conocida del patrón (Sigma, Alcobendas, España) y se expresó en forma de µg/g de alimento.

Análisis del perfil de ácidos grasos del pienso, avellanas y grasa subcutánea

La determinación de la composición de ácidos grasos del pienso y avellanas se llevó a cabo por el método propuesto por Sukhija y Palmquist (1988) con ligeras modificaciones. Se pesaron 250 mg de muestra en un tubo de centrífuga al que se añadió tolueno conteniendo el patrón interno (C15:0 a 10 mg/ml). La muestra se sometió a una temperatura de 70 °C durante 2 h en un baño en agitación en presencia de cloruro acético en metanol al 5 %. A continuación se agregaron 5 ml de solución de carbonato potásico, y se centrifugó 5 min a 3000 rpm. El sobrenadante fue puesto en presencia de sulfato anhídrido y tras centrifugación, la parte superior se recogió y analizó por cromatografía de gases (Agilent Technologies).

La grasa del tejido subcutáneo se extrajo mediante el método de fusión térmica (Carrapiso y García, 2000). Se procedió a separar la piel de la muestra y se colocó la grasa en un tubo de vidrio que se introdujo en un horno microondas para ser fundido (1 min aproximadamente, a una potencia de media de 350 w). Posteriormente se colocaron 50 mg de la grasa fundida en presencia de metilato sódico al 5 % y en una estufa a 80 °C durante 1 h. La muestra fue agitada cada 15 min. A continuación, se añadió sulfúrico en metanol al 5 % y se mantuvo en la estufa a 80 °C durante 1 h más, seguida de agitación cada 20 min. Finalmente, y una vez enfriada la muestra a temperatura ambiente, se añadió éter de petróleo, y tras agitación, se recogió la capa superior para su análisis en el cromatógrafo de gases. El cromatógrafo (HP-6892, Agilent Technologies) estaba equipado con un inyector de split (1/50), un detector de ionización de llama (FID) y una columna capilar Innowax con fase estacionaria polietilenglicol (30 m x 0,32 mm x 0,25 µm) (Agilent Technologies, Waldbronn, Germany). Las condiciones utilizadas fueron las siguientes: temperatura inicial de 170 °C y temperatura final de 250 °C con un incremento de 4 °C/min durante 18 min. El inyector y el detector se mantuvieron a 250 °C hasta 37 min. Se utilizó nitrógeno como gas portador a un flujo de 2,5 ml/min. 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 identificados.

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 Insti-

tute, 2002). Se comprobó previamente la homogeneidad de la varianza. Se evaluaron como efectos principales el tratamiento (pienso vs. pienso + avellanas) y el tiempo de muestreo. Los datos se presentaron con el valor medio seguido del cuadrado medio del error (RMSE) y de la probabilidad (*P*). Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando *P* < 0,05.

Resultados

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la composición analizada de las diferentes dietas experimentales. Como se puede observar, la avellana se caracterizó por tener un elevado contenido en grasa (44 %), mucho más elevado que el del pienso (7 %). Además, la avellana proporcionó bajas cantidades de tocoferoles, incluso inferiores a lo proporcionado con el pienso compuesto.

En cuanto a la composición de ácidos grasos de estos alimentos, se observó que la avellana además de ser una buena fuente de ácido oleico (C18:1n-9), presentó una proporción superior de palmitoleico (C16:1) y de C20:1n-9, por lo que la proporción en ácidos grasos monoinsaturados fue mucho mayor respecto al aportado con el pienso (81,32 vs. 56,90). Además la avellana presentó una proporción muy baja de palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0) con lo que la proporción total de ácidos grasos saturados fue muy inferior en comparación con la que presentó el pienso (6,98 vs. 32,4). En cuanto a los ácidos poliinsaturados, la avellana proporcionó menor proporción de C18:2n-6.

Los resultados del perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea se presentan en la Tabla 3. Según el alimento administrado, se observó una menor proporción en C18:1n-9 (*P* = 0,0001) en el grupo suplementado con avellana con respecto al grupo no suplementado. Así mis-

Tabla 2. Composición analizada de la avellana (*Gevuina avellana*) y el pienso de cebo.
 Table 2. Analyzed composition of hazelnut (*Gevuina avellana*) and mixed diet.

	Avellana		Pienso Cebo	
	Media	SD	Media	SD
<i>Composición Química (%)</i>				
Humedad	5,10	± 0,141	10,00	± 0,183
Grasa	44,01	± 0,714	7,00	± 0,152
<i>Composición en Tocoferoles (µg/g)</i>				
α-tocoferol	0,75	± 0,061	4,36	± 0,513
γ-tocoferol	0,22	± 0,030	0,45	± 0,102
<i>Composición en Ácidos Grasos (%)</i>				
C14:0	0,13	± 0,092	0,50	± 0,025
C16:0	2,63	± 0,074	26,39	± 0,030
C16:1n9+n7	26,09	± 0,010	0,60	± 0,035
C17:0	0,03	± 0,011	0,20	± 0,033
C17:1	0,11	± 0,000	0,10	± 0,000
C18:0	0,73	± 0,127	4,88	± 0,050
C18:1n9+n7	44,02	± 0,802	55,18	± 0,500
C18:2n-6	7,96	± 0,070	10,76	± 0,200
C18:3n-3	0,17	± 0,002	0,30	± 0,000
C20:0	1,93	± 0,029	0,80	± 0,020
C20:1n-9	3,18	± 0,187	0,80	± 0,060
C20:5n-3	2,45	± 0,004		
C22:0	1,54	± 0,277		
C22:1	7,92	± 0,140		
C22:5	0,88	± 0,263		
C22:6	0,23	± 0,078		
Σ SAT	6,98	± 0,333	32,4	± 0,158
Σ MONO	81,32	± 1,139	56,90	± 0,595
Σ POLI	11,52	± 0,072	11,10	± 0,200

Σ SAT = suma de todos los ácidos grasos saturados.

Σ MONO = suma de todos los ácidos grasos monoinsaturados.

Σ POLI = suma de todos los ácidos grasos poliinsaturados.

Tabla 3. Composición en ácidos grasos (g/100 g del total de ácidos grasos) en grasa subcutánea de los cerdos Ibéricos según los grupos experimentales.

Table 3. Fatty acid composition (g/100 g total fatty acids) in subcutaneous fat from pigs fed the experimental diets (mixed diet or mixed diet + hazelnut).

%	Pienso	Pienso + avellana	RMSE tratamiento	RMSE tiempo	P tratamiento	P tiempo	P tratx tiempo
C14:0							
inicial	1,40	1,30	0,163	0,16	NS	NS	NS
final	1,30	1,20					
C16:0							
inicial	23,00	23,70	0,95	0,305	**	***	**
final	21,60	21,60					
C16:1n7							
inicial	2,60	2,50	0,203	0,173	NS	*	NS
final	2,40	2,20					
C17:0							
inicial	0,40	0,30	0,16	0,156	NS	NS	NS
final	0,30	0,30					
C17:1							
inicial	0,50	0,40	0,16	0,156	NS	NS	NS
final	0,40	0,40					
C18:0							
inicial	11,50	12,10	0,58	0,332	***	***	NS
final	10,50	11,00					
C18:1n9							
inicial	51,30	50,00	2,17	0,536	***	***	***
final	54,90	54,50					
C18:2n6							
inicial	7,20	7,70	0,582	0,254	**	***	NS
final	6,30	6,50					
C18:3n3							
inicial	0,40	0,40	0,16	0,151	NS	NS	NS
final	0,30	0,30					
C20:0							
inicial	0,20	0,20	0,080	0,075	NS	NS	NS
final	0,20	0,20					
C20:1n9							
inicial	1,30	1,30	0,264	0,169	NS	**	NS
final	1,60	1,80					

RMSE = Cuadrado medio del error; n = 6/tratamiento.

mo el grupo que consumió pienso y avellanas presentó mayor proporción en C16:0 ($P = 0,0010$), C18:0 ($P = 0,0001$) y C18:2n-6 ($P = 0,0011$), con respecto al grupo que solo consumió pienso.

Las variaciones que se pudieron observar con respecto al tiempo revelaron que los ácidos grasos C18:1n-9 ($P = 0,0001$) y C20:1n-9 ($P = 0,0004$) aumentaron con el tiempo de cebo, mientras que el C16:0 ($P = 0,0001$), el C16:1n-7 ($P = 0,0100$), el C18:0 ($P = 0,0001$), el C18:2n-6 ($P = 0,0011$) disminuyeron.

Respecto a la evolución del perfil de ácidos grasos según el tipo de alimentación administrada (interacción tiempo \times tratamiento), se observaron diferencias significativas en los ácidos grasos C16:0 ($P = 0,0010$) y C18:1n-9 ($P = 0,0001$). Así se pudo observar que la proporción en C18:1n-9 aumentó de una forma más marcada con el tiempo en los animales suplementados con avellanas mientras que la velocidad de aumento fue inferior en los no suplementados. El efecto inverso se observó en la proporción de C16:0, que disminuyó de una forma más intensa en los animales suplementados con avellanas respecto a los que no fueron suplementados. Este efecto de la interacción se puede observar en las Figuras 1 y 2.

Con referencia a los resultados de las proporciones de los principales grupos de ácidos grasos, saturados, monoinsaturados y poliinsaturados (Tabla 4), se pudo observar, que en función de la alimentación, el grupo que recibió pienso y avellanas experimentó una menor proporción total en Σ MUFA ($P = 0,0131$), así como una relación C18:1/C18:0 ($P = 0,0001$) y C16:1/C16:0 ($P = 0,0238$), inferiores con una tendencia a tener más proporción de ácidos grasos poliinsaturados (Σ PUFA) ($P = 0,0533$), con respecto al grupo que sólo recibió pienso.

Las variaciones respecto al tiempo y en consonancia con lo observado para los ácidos grasos individuales, el grupo suplementado con avellanas mostró un aumento de la propor-

ción de Σ MUFA ($P = 0,0001$), y C18:1/C18:0 ($P = 0,0001$), mientras que se produjo una disminución en las proporciones de ácidos grasos saturados (Σ SAT) ($P = 0,0001$) y Σ PUFA ($P = 0,0001$). Sin embargo, no se pudieron observar diferencias significativas en relación a la interacción tiempo por tratamiento en los principales grupos de ácidos grasos, lo que nos indicaría que los incrementos en MUFA y C18:1/C18:0 con el tiempo de suplementación fue idéntico en ambos grupos.

Discusión

Se ha encontrado que la avellana Gevuína procedente de la región de la Araucanía (Chile) es un fruto que en su presentación desecada presenta bajo contenido en humedad (5,10 %), valores que son similares a los referenciados en la bibliografía (Karmelic, 1992; Loewe et al., 1997), en los que la humedad representa un 8,1 % y 7,6 % respectivamente. En cuanto a la grasa, los valores obtenidos en la avellana están en consonancia con lo publicado (Loewe et al., 1997; Jil Martínez, 2006), lo que confirma su elevado valor energético y su interés en alimentación animal. También resulta de interés el alto contenido en grasa de la avellana en comparación con la bellota respecto a los datos presentes en la bibliografía (Rey et al., 2006). Esto recalca el hecho de que un aumento pequeño en el aporte de avellana podría incrementar la cantidad de calorías que los animales reciben al día lo que puede ser de interés en condiciones hostiles del invierno duro de la dehesa.

En cuanto a la composición en ácidos grasos en la avellana de Araucanía, sobresalen los ácidos grasos monoinsaturados, encontrándose en mayor proporción el ácido palmitoleico (C16:1) y el oleico (C18:1), lo que coincide con datos publicados (Jil Martínez, 2006) de avellanas de otras regiones geográficas. La

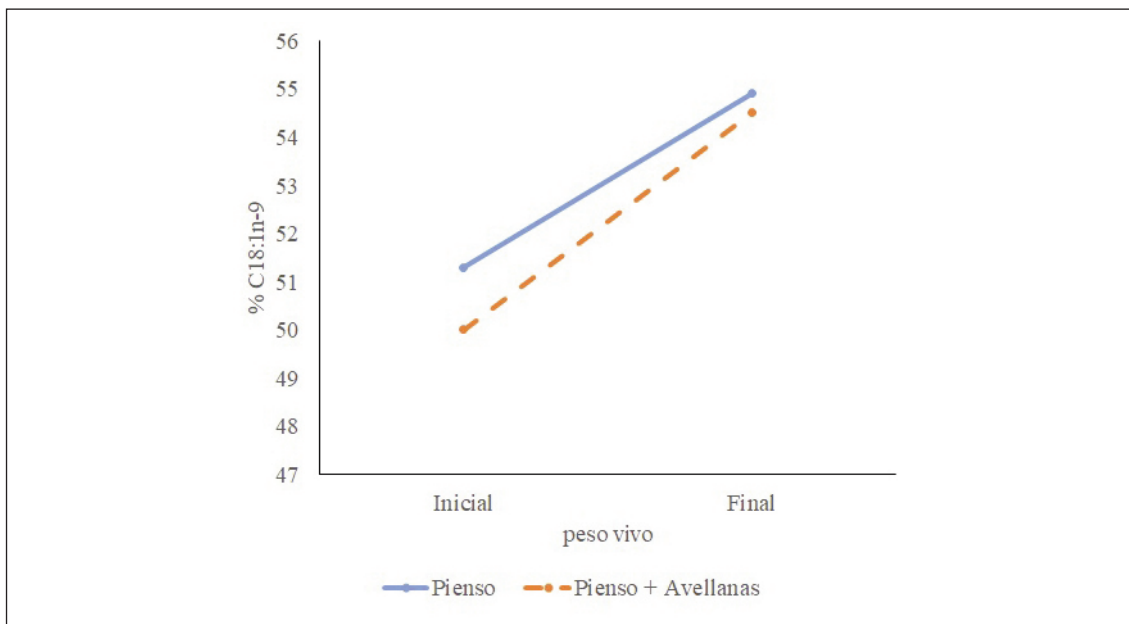


Figura 1. Cambios con el tiempo en C18:1n-9 (%) ($P = 0,0001$), según el tipo de alimento administrado (interacción tiempo \times tratamiento).

Figure 1. Changes with time in C18:1n-9 (%) ($P = 0.0001$) according to feed given (interaction time \times dietary treatment).

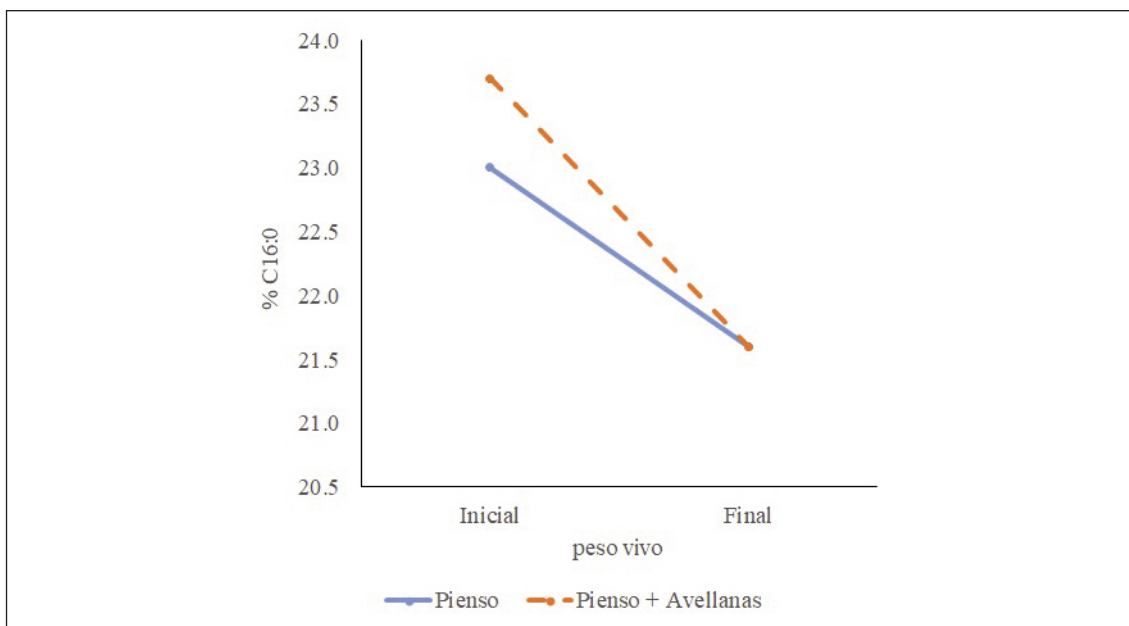


Figura 2. Cambios con el tiempo en C16:0 (%) ($P = 0,001$), según el tipo de alimento administrado (interacción tiempo \times tratamiento).

Figure 2. Changes with time in C16:0 (%) ($P = 0.0001$) according to feed given (interaction time \times dietary treatment).

Tabla 4. Composición de los principales grupos de ácidos grasos de la grasa subcutánea de los cerdos Ibéricos según los tratamientos experimentales.

Table 4. Main fatty acid composition of subcutaneous fat from Iberian pigs according to the experimental treatments.

%	Pienso	Pienso + avellana	RMSE tratamiento	RMSE tiempo	P tratamiento	P tiempo	P tratx tiempo
Σ SAT							
inicial	36,50	37,60	1,72	0,811	NS	***	NS
final	33,90	34,30					
Σ MONO							
inicial	55,70	54,20	2,3	0,843	*	***	NS
final	59,30	58,90					
Σ POLI							
inicial	7,60	8,10	0,69	0,346	NS	***	NS
final	6,60	6,80					
<i>n6/n3</i>							
inicial	21,78	23,31	16,440	15,900	NS	NS	NS
final	31,67	32,69					
<i>C18:1/C18:0</i>							
inicial	4,46	4,13	0,547	0,170	***	***	NS
final	5,23	4,95					
<i>C16:1/C16:0</i>							
inicial	0,11	0,11	0,006	0,008	*	NS	NS
final	0,11	0,10					

Σ SAT = suma de todos los ácidos grasos saturados.

Σ MONO = suma de todos los ácidos grasos monoinsaturados.

Σ POLI = suma de todos los ácidos grasos poliinsaturados.

NS = no significativo ($P > 0,05$).

RMSE = Cuadrado medio del error.

proporción en ácidos grasos monoinsaturados es incluso superior que lo referenciado para la bellota (Rey et al., 2006). El hecho de contener una elevada proporción de ácidos grasos monoinsaturados podría proporcionar una mayor estabilidad frente a la oxidación a los

tejidos en los que se depositen y ser responsable de aromas y sabores característicos (López-Bote et al., 1999) tal y como ocurre cuando el animal consume bellota. En referencia al pienso, el ácido graso mayoritario fue el ácido oleico, que representa aproxi-

madamente la mitad de la proporción de ácidos grasos, superando este ácido graso incluso en proporción a lo aportado por la avellana debido a la utilización en la formulación de semilla de girasol alto oleico. El siguiente ácido graso mayoritario en el pienso fue el palmítico, encontrándose en un 26 %, estando estos datos en concordancia con lo publicado con piensos que usan similares ingredientes (Rey *et al.*, 2006; Sanabria *et al.*, 2013). Destaca en comparación con la avellana la baja proporción de C16:1 y la alta proporción de C16:0 que hace que la proporción final de ácidos grasos saturados de la avellana fuera muy inferior en comparación con el pienso. Mientras que la proporción en ácidos grasos monoinsaturados llegó a ser superior en la avellana sobre todo por la importante contribución del C16:1 respecto al pienso.

En cuanto a los tocoferoles analizados en la avellana de Araucanía los valores resultaron similares a lo publicado por otros autores (Núñez Pizarro, 2007) en otras regiones de Chile.

Respecto a la acumulación de los ácidos grasos del alimento en la grasa subcutánea del cerdo, se pudo observar en primer lugar, una variación en la proporción total de C18:1n-9 y de ácidos grasos monoinsaturados de forma significativa, a favor de los animales que consumieron sólo pienso. Sin embargo, hay que observar que estos resultados se debieron en parte a las proporciones iniciales inferiores de C18:1n-9 de los animales suplementados con avellanas. Así pudo observarse que el aumento de C18:1n-9 en los dos grupos se incrementó con el tiempo, pero además se observó una interacción, lo que indicaría la diferente velocidad de aumento de C18:1n-9 en ambos grupos. Así, se encontró que en el grupo suplementado con avellanas aunque partió de una proporción inicial inferior respecto al no suplementado, el incremento fue proporcionalmente mayor con el tiempo (interacción tiempo \times tratamiento) y alcanzó una proporción cercana a la obtenida

por el grupo de pienso (Figura 1). Este aumento de C18:1n-9 pudo deberse a la acumulación directa de la grasa del alimento (Rey *et al.*, 2006; Apple *et al.*, 2009; Sanabria *et al.*, 2013) ya que aunque la avellana contiene una proporción similar a la que aporta el pienso, este fruto proporciona un contenido muy alto en grasa, por lo que proporcionalmente el cerdo consumió mayor cantidad de C18:1n-9, y consecuentemente, en el grupo suplementado con avellanas el incremento con el tiempo en la proporción de este ácido graso fue mayor. Los efectos de la acumulación directa de grasa en los tejidos procedente de la alimentación se han referenciado además de en el cerdo (Apple *et al.*, 2009; Sanabria *et al.*, 2013), en otros animales monogástricos como pollos (Carmona *et al.*, 2017), ratas (Duarte *et al.*, 2012) y peces (Hsieh *et al.*, 2007). Los animales monogástricos pueden acumular los ácidos grasos del alimento sin apenas modificaciones (Sanabria *et al.*, 2013; Domínguez *et al.*, 2015). Además, en lo que respecta a los ácidos grasos monoinsaturados se observó una disminución con el tiempo en la proporción de C16:1n7 en ambos grupos. En general los n-7 se han relacionado con la actividad metabólica del cerdo para obtención de energía, procediendo posiblemente a partir de fenómenos de desaturación de los ácidos grasos de la dieta (Ding *et al.*, 2003). A partir de este razonamiento y los resultados observados es posible que este ácido graso se estuviera oxidando para la obtención de energía a causa de su preferente utilización (Power *et al.*, 1997).

Otro posible origen del C18:1 y de los ácidos grasos monoinsaturados sería por síntesis endógena y desaturación del C18:0 (Ding *et al.*, 2003). Así se pudo observar que los animales que recibieron avellanas presentaron mayor proporción total en C16:0 y C18:0 en la grasa aunque teniendo en cuenta el alto porcentaje de grasa de la avellana, el aporte de estos ácidos grasos por parte de este fruto fue solo algo

inferior que con el aporte único de pienso. Estudios previos indican el alto potencial lipogénico por encima del poder de desaturación que tiene el cerdo Ibérico sobre todo cuando el aporte energético es elevado (Benítez et al., 2018). Por otra parte, los índices de desaturación (C18:1/C18:0 y C16:1/C16:0) fueron superiores en los animales que sólo recibieron pienso. Los fenómenos de desaturación (obtención de ácidos grasos monoinsaturados a partir de saturados) los podría usar el animal para obtención de ácidos grasos monoinsaturados que se metabolizan más fácilmente para obtención de energía, puesto que se ha descrito un uso preferente de ácidos grasos insaturados frente a los saturados (Raclot y Groscolas, 1993). La actividad de la enzima delta-9-desaturasa, que participa en los fenómenos de desaturación, se ha observado que puede verse afectada por el estado nutricional del animal (Dridi et al., 2007). El tipo de grasa también puede afectar a la mayor o menor actividad de esta enzima (Carmona et al., 2017) lo cual podría estar relacionado con la disponibilidad de los ácidos grasos que se queman más favorablemente en el organismo. Así, en un experimento específico en pollos a los que se administraron dietas ricas en ácidos grasos saturados o insaturados (Carmona et al., 2017) se observó que la acumulación de ácidos grasos saturados se reguló en aquellos que recibían únicamente grasas saturadas en la ración, lo que se explicó posiblemente por un aumento en la actividad de las enzimas desaturadas, que fue mayor en aquellos animales que recibieron grasas saturadas durante todo el periodo de alimentación. Más específicamente, en cerdos se ha descrito que la actividad metabólica en el tejido adiposo podría venir determinado por el nivel de grasa de la ración (Duran-Montgé et al., 2009). Estos autores observaron que cerdos que recibían una ración sin grasa mostraron una mayor actividad de enzima delta-9-desaturasa en el tejido adiposo subcutáneo. De esta forma, es razonable que en el grupo de animales que

consumieron únicamente pienso, y por tanto menor contenido graso respecto a los que también consumieron avellanas, la actividad de las desaturadas fuera mayor.

Como consecuencia del aumento en la proporción de C18:1n-9 con el tiempo, la proporción de los ácidos grasos saturados y en especial del C16:0 y C18:0 disminuyeron en ambos grupos. Existen datos previos en la bibliografía que indican la disminución de la proporción de ácidos grasos saturados según aumenta la acumulación de monoinsaturados en los tejidos (López-Bote et al., 2001; Apple et al., 2009). Así, animales que recibieron dietas con una mayor proporción en ácidos grasos monoinsaturados o poliinsaturados, con la incorporación de aceite de soja o grasa de pollo en el pienso, al final del cebo presentaron una menor proporción de ácidos grasos saturados en la grasa subcutánea (Apple et al., 2009). Además, hay que destacar en el presente trabajo la interacción observada entre la proporción de C16:0 en la grasa subcutánea y el tiempo de cebo, así puesto que el C18:1n-9 aumentó su proporción en los tejidos a más velocidad con el tiempo en los animales suplementados con avellanas, la proporción de C16:0 en la grasa subcutánea disminuyó más rápido en este grupo (Figura 2), si bien es cierto que el grupo suplementado con avellanas partía de una proporción inicial superior de C16:0.

En cuanto a la proporción de C18:2n-6 en la grasa subcutánea, el grupo suplementado con avellanas presentó una mayor proporción de éste ácido graso en comparación con el grupo que sólo recibió pienso. Este resultado podría explicarse porque a pesar de la poca proporción de este ácido graso en la avellana, ésta presentó mayor cantidad de grasa siguiendo el mismo razonamiento indicado anteriormente, con lo que la ingestión de C18:2 fue superior en este grupo. Un mayor aporte de este ácido graso se ha relacionado con una mayor acumulación del mismo en los tejidos así como una mayor utilización para fines me-

tabólicos por lo que no existe una relación directa entre su aporte y su acumulación (López-Bote *et al.*, 1999; Sanabria *et al.*, 2013). Así en el presente estudio la proporción de C18:2 en los tejidos fue ligeramente superior en el grupo que consumió avellanas, lo que se tradujo además en una mayor proporción de PUFA. Además, este ácido graso disminuyó en función del tiempo porque se usa preferentemente para fines metabólicos (López-Bote *et al.*, 1999), aunque puesto que todos los cerdos se encontraban en las mismas condiciones ambientales, su descenso con el tiempo de cebo se pudo deber probablemente al incremento en monoinsaturados en ambos grupos, y por tanto a un fenómeno de dilución (Wood *et al.*, 2008).

Conclusiones

En conclusión, la administración de 2 kg de avellana Gevuína desecada (fruto alto en grasa, rico en ácidos grasos monoinsaturados C16:1 y C18:1 y pobre en saturados) durante el periodo de cebo a base de pienso fueron suficientes para producir con el tiempo, un incremento en la velocidad de acumulación de C18:1 en la grasa subcutánea, así como un consiguiente más rápido descenso del C16:0. El aporte de esa pequeña cantidad de avellana junto con pienso, sin embargo, no mejoró el perfil lipídico de la grasa. Nuevos estudios son necesarios para poder seguir indagando en la posible utilización de este ingrediente. Si bien, los costes de transporte hasta la península ibérica pueden encarecer considerablemente el producto pudiendo llegar a superar a la de otros frutos locales.

Agradecimientos

Este estudio se realizó gracias al apoyo económico y de infraestructuras de Nuño Ruiz de Dulanto y José María Molina.

Referencias bibliográficas

- Apple JK, Maxwell CV, Galloway DL, Hamilton CR, Yancey JWS (2009). Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: III. Carcass and fatty acid compositions. *Journal of Animal Science* 87: 1441-1454. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1455>
- Benítez R, Fernández A, Isabel B, Núñez Y, De Mercado E, Gómez-Izquierdo E, García-Casco J, López-Bote CJ, Óvilo C (2018). Modulatory effects of breed, feeding status and diet on adipogenic, lipogenic and lipolytic gene expression in growing Iberian and Duroc pigs. *International Journal of Molecular Science* 19: 22-42. <https://doi.org/10.3390/ijms19010022>
- Bertoli C, Fay LB, Stancanelli M, Gumy D, Lambellet P. (1998). Characterization of Chilean hazelnut (*Gevuina avellana* Mol) seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 75(8): 1037-1040. <https://doi.org/10.1007/s11746-998-0283-5>
- Cáceres O, Anrique R, Voullieme A, Méndez C (1982). Utilización del fruto del avellano (*Gevuina avellana*, Mol.) en alimentación de pollas Cornish de 0 a 30 días de edad. *Simiente* (Chile) 52(3-4): 161.
- Carmona JM, López-Bote CJ, Daza A, Rey AI (2017). Fat accumulation, fatty acids and melting point changes in broiler chick abdominal fat as affected by time of dietary fat feeding and slaughter age. *British Poultry Science* 23: 1-10. <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1187715>
- 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>
- Cruzat R, Barrios E (2009). Producción de avellanas chilenas como recurso para productores rurales. Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario. Fundación para la innovación Agraria. Ed. Norberto Parra Hidalgo, Ministerio de Agricultura. Chile. 28 pp.
- Ding ST, Lapillonne A, Heird WC, Mersmann HJ (2003). Dietary fat has minimal effects on fatty acid metabolism transcript concentrations in pigs. *Journal of Animal Science* 81: 423-431. <https://doi.org/10.2527/2003.812423x>

- Domínguez R, Martínez S, Gómez M, Carballo J, Franco I (2015). Fatty acids, retinol and cholesterol composition in various fatty tissues of Celta pig breed: Effect of the use of chestnuts in the finishing diet. *Journal of Food Composition and Analysis* 37: 104-111. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.08.003>
- Dridi S, Taouis M, Gertler A, Decuypere E, Buyse J (2007). The regulation of stearoyl-CoA desaturase gene expression is tissue specific in chickens. *Journal of Endocrinology* 192: 229-236. <https://doi.org/10.1677/JOE-06-0070>
- Duarte FO, Sense-Fiorese M, Cheik NC, Santa Maria A, De Aquino A, Camargo J, Rossi E, Garcia AC, Dâmaso AR (2012). Food restriction and refeeding induces changes in lipid pathways and fat deposition in the adipose and hepatic tissues in rats with diet-induced obesity. *Experimental Physiology* 97(7): 882-894. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2011.064121>
- Duran-Montgé P, Theil PK, Lauridsen C, Esteve-García E (2009). Dietary fat source affects metabolism of fatty acids in pig as evaluated by altered expression of lipogenic genes in liver and adipose tissues. *Animal* 3(4): 535-542. <https://doi.org/10.1017/S1751731108003686>
- García Casco JM, Muñoz M, González E (2013). Predictive ability of the feeding system in Iberian pig by means of several analytical methods. *Grasas y Aceites* 64(2): 148-156. <https://doi.org/10.3989/gya.130812>
- Hsieh SL, Hu CY, Hsu YT, Hsieh TJ (2007). Influence of dietary lipids on the fatty acid composition and stearoyl-CoA desaturase expression in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) under cold shock. *Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 147: 438-444. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2007.02.010>
- Jil Martínez PR (2006). Variación del contenido de los ácidos grasos en el aceite extruido en frío de nueve clones de *Gevuina avellana* Mol. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.
- Karmelic J (1982). Recolección e industrialización de avellana chilena. Ministerio de Agricultura. Fundación de Fondo de Investigación Agropecuaria. Corporación de Investigaciones Tecnológicas (INTEC). Chile, pp. 2-17.
- Loewe V, Klein F, Pineda G (1997). Monografía de Avellano chileno (*Gevuina avellana*). INFOR. Chile, 49 pp.
- López-Bote C, 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. P.G. Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos), pp. 223-252. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA).
- López-Bote CJ, Rey AI, Redondo BI (2001). Alimentación del Cerdo Ibérico en la Dehesa. En: Porcino Ibérico: aspectos claves (Ed. Buxadé Carbó C, Daza Andrada A), pp. 217-246. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Lorenzo JM, Montes R, Purriños L, Cobas N, Franco D (2012). Fatty acid composition of Celta pig breed as influenced by sex and location of fat in the carcass. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 1311-1317. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4702>
- Méndez-Soto CA (1981). Utilización del fruto del avellano (*Gevuina avellana*, Mol.) en alimentación de pollos broilers. Tesis doctoral. Universidad Austral de Chile.
- Núñez Pizarro RP (2007). Evaluación del contenido de tocoferoles y tocotrienoles en aceite de nuez de selecciones clonales de *Gevuina avellana* Mol. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.
- 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>
- Pugliese C, Sirtori F, D Adorante S, Parenti S, Rey A, López-Bote C, Franci O (2009). Effect of pasture in oak and chestnut groves on chemical and sensorial traits of cured lard of Cinta Senese pigs. *Italian Journal of Animal Science* 8: 131-142. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.131>
- Pugliese C, Sirtori F, Acciaioli A, Bozzi R, Campodoni G, Franci O (2013). Quality of fresh and se-

- asoned fat of Cinta Senese pigs as affected by fattening with chestnut. *Meat Science* 93: 92-97. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.006>
- Raclot T, Groscolas R (1993). Differential mobilization of white adipose tissue fatty acids according to chain length, unsaturation and positional isomerism. *The Journal of Lipid Research* 34: 1515-1526.
- BOE (2013). Real Decreto 53/2013, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. Boletín Oficial del Estado, núm. 34, de 8 de febrero de 2013, pp. 11370-11421.
- BOE (2014). Real Decreto 4/2014, de 10 de enero, por el que se aprueba la norma de calidad para la carne, el jamón, la paleta y la caña de lomo Ibérico. Boletín Oficial del Estado, núm. 10, de 11 de enero de 2014, pp. 1569-1585.
- Rey AI, Daza A, López-Carrasco C, López-Bote CJ (2006). Feeding Iberian pigs with acorns and grass in either free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in *Longissimus dorsi* muscle and backfat. *Meat Science* 73: 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.10.018>
- Rey AI, Amazán D, García-Casco MJ (2013). A practical study on the feasibility of alpha and gamma-tocopherol quantification for distinguishing Iberian pig feeding systems. *Grasas y Aceites* 64 (2): 148-156. <https://doi.org/10.3989/gya.130212>
- Ruiz J, Cava R, Antequera T, Martín L, Ventanas J, López-Bote, CJ (1998). Prediction of the feeding background of Iberian pigs using the fatty acid profile of subcutaneous, muscle and hepatic fat. *Meat Science* 49: 155-163. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00136-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00136-8)
- Sanabria C, Martín-Mateos MJ, González-Cantillo N, Moreno-Indias I, García-Casco JM (2013). Fatty acid analysis of subcutaneous fat from animals with a reliable and safe feeding. *Grasas y Aceites* 64(2): 148-156. <https://doi.org/10.3989/gya.130312>
- Sukhija PS, Palmquist DL (1998). 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.

(Aceptado para publicación el 3 de mayo de 2020)