

Efecto de la inclusión de orujo de aceituna (alperujo) en la dieta de cerdos de cebo sobre la productividad, la digestibilidad y la calidad del producto final



MODALIDAD: Zootecnia, Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los alimentos de origen animal, así como Ciencias Básicas relacionadas con las mismas

LEMA: Uso de orujo de aceituna en alimentación de cerdos

	página
Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción y Antecedentes	3
2. Objetivo	7
3. Material y Métodos	7
3.1. Dietas experimentales	7
3.2. Animales e instalaciones experimentales	11
3.3. Rendimientos productivos y muestro de heces	12
3.4. Medidas de canal y muestreo de carne y grasa	13
3.5. Análisis de laboratorio	15
3.6. Análisis estadístico	20
4. Resultados	21
4.1. Rendimientos productivos y digestibilidad de los nutrientes	21
4.2. Calidad de la canal	22
4.3. Características de la carne y de la grasa	23
5. Discusión	26
5.1. Composición química del alperujo	26
5.2. Rendimientos productivos y digestibilidad de los nutrientes	27
5.3. Calidad de la canal	28
5.3. Características de la carne y de la grasa	30
6. Conclusiones	31
7. Agradecimientos	32
8. Bibliografía	32

Se utilizaron un total de 60 cerdos Duroc x (Landrace x Large White), todas hembras de $69,5 \pm 5,02$ kg de peso vivo y 126 ± 3 días de edad, para estudiar el efecto del subproducto sólido obtenido de la industria del aceite de oliva (denominado orujo de aceituna o alperujo) sobre la digestibilidad, los rendimientos productivos y las características de la canal, la carne y la grasa. Se evaluaron niveles crecientes de alperujo (0, 50, 100 y 150 g/kg de pienso) en la dieta reemplazando la misma proporción de cebada. Cada tratamiento se replicó cinco veces, siendo la réplica el departamento constituido por tres cerdos alojados conjuntamente. El ensayo duró 35 días y los animales se sacrificaron con $96,7 \pm 7,45$ kg de peso vivo. El consumo medio diario incrementó ($P=0,04$) y la ganancia media diaria tendió a incrementar ($P=0,06$), ambos cuadráticamente, con la inclusión de alperujo alcanzando los máximos valores el tratamiento con 100 g alperujo/kg. La ingestión media diaria de energía mostró una evolución cuadrática similar ($P=0,007$). Sin embargo, la dieta no afectó al índice de conversión. La digestibilidad aparente de la materia orgánica tendió a disminuir cuadráticamente ($P=0,06$) y la de la energía disminuyó linealmente ($P<0,04$) a medida que el nivel de alperujo aumentó en el pienso. El tratamiento experimental tuvo escaso efecto sobre las características de la canal y de la carne; sin embargo, la inclusión de alperujo incrementó cuadráticamente ($P=0,04$) el peso de la canal y disminuyó linealmente ($P=0,02$) el espesor de grasa dorsal a nivel del músculo *Gluteus medius*. La dieta no influyó sobre la proporción total de ácidos grasos poliinsaturados de la grasa subcutánea pero la inclusión de niveles crecientes de alperujo en la dieta produjo una reducción lineal ($P=0,01$) del porcentaje total de ácidos grasos saturados, especialmente del C18:1 ($P=0,01$). Se puede concluir que un nivel de alperujo de hasta 100 g/kg en la

dieta de cerdos en la fase de finalización puede mejorar algunos aspectos de los rendimientos productivos y de la canal así como proporcionar un perfil de ácidos grasos de mejor calidad y más saludable en sus tejidos.

Palabras clave: alperujo; cerdos; digestibilidad; grasa; rendimientos productivos.

ABSTRACT

The effect of the solid by-product from the olive oil industry (olive cake) on digestibility, growth performances, and carcass, meat and fat characteristics was studied in sixty Duroc x (Landrace x Large White) gilts, of 69.5 ± 5.02 kg of body weight and 126 ± 3 days of age. Increasing levels of olive cake (0, 50, 100 and 150 g/kg of feed) were included in the diet by replacing the same proportion of barley. Five pens with three pigs per treatment were assayed, considering the pen as replicate. The trial lasted 35 days, and animals were slaughtered with 96.7 ± 7.45 kg of body weight. Daily feed intake increased ($P=0.04$) and daily gain tended to increase ($P=0.06$), both quadratically, with olive cake inclusion reaching the maximum values at 100 g olive cake/kg. Also, the average daily energy intake showed a similar quadratic evolution ($P=0.007$). However, the feed conversion ratio was not affected by diet. The apparent organic matter digestibility tended to decrease quadratically ($P=0.06$) and energy digestibility decreased linearly ($P<0.04$) as the level of dietary olive cake level increased. The experimental treatment had scarce effect on carcass and meat characteristics; however, the inclusion of olive cake increased quadratically ($P=0.04$) carcass weight and decreased linearly ($P=0.02$) fat depth measured at *Gluteus medius* muscle. The experimental treatment did not modify the total polyunsaturated fatty acids proportion of

subcutaneous fat but increasing levels of olive cake promoted a linear reduction ($P=0.01$) of total saturated fatty acid proportion and a linear increase ($P=0.02$) of total monounsaturated fatty acid percentage, especially that of C18:1 ($P=0.01$). We can conclude that olive cake might be included up to 100 g/kg in finishing pig diets improving some aspects of growth performances and carcass quality and also providing a healthier fatty acid profile with better quality in fat tissues.

Key words: digestibility; fat; growth performances; olive cake; pigs.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La producción porcina es una actividad económica de gran importancia en España al abarcar un 35% de la producción ganadera y un 11% de la Producción Final Agraria (MAGRAMA, 2014). El censo actual supera los 25 millones de cabezas, siendo el segundo país de la UE-27 (con un 17% del total) tras Alemania. Este subsector representó en el año 2013 más de 4.450 millones de euros.

El reparto del censo porcino en nuestro país es muy heterogéneo entre comunidades autónomas, estando encabezado por Cataluña con un 26%, seguido por Aragón y Castilla y León con un 21 y un 13%, respectivamente (MAGRAMA, 2014). Su relevancia es aún mayor si se tienen en cuenta las actividades asociadas, como la fabricación de piensos, gastos veterinarios o el aprovisionamiento de numerosas industrias agroalimentarias que agregan valor añadido al producto final.

En los últimos años, la producción porcina en España no se encuentra exenta de problemas y dificultades. Se ha venido sufriendo una preocupante disminución en la rentabilidad de las explotaciones ganaderas, debido en parte a la disminución del precio

percibido del producto final por los ganaderos, y en parte por un aumento considerable de los gastos de producción, generado principalmente por el incremento del precio de los piensos. El gasto en alimentación en el caso de las explotaciones de cerdos supone entre un 60 y un 70% de los gastos totales (Palomo, 2008), de lo que se extrae la importancia de minimizarlos para aumentar la rentabilidad de estas explotaciones. Para reducir esos gastos existen varias estrategias, siendo una de ellas la búsqueda de nuevos ingredientes que se puedan incluir en la fabricación de piensos, sin repercutir negativamente en los rendimientos productivos ni en la calidad del producto.

Existen numerosos estudios realizados en la última década para evaluar nuevos ingredientes en la alimentación porcina, como los subproductos de cereales (DDGS, harina de galleta o harinas zootécnicas) y los subproductos derivados de la industria agroalimentaria (granilla de uva, pulpa de cítricos o de manzana, etc.). Entre estos últimos cabe destacar el orujo de aceituna, también denominado alperujo, que es el principal residuo semisólido resultante de la extracción del aceite de oliva. España es el principal productor de dicho aceite con $2 \cdot 10^6$ Has cultivadas de olivos y una producción media anual de $8 \cdot 10^6$ t de aceitunas y $1,4 \cdot 10^6$ t de aceite de oliva (FAO, 2013) (Foto 1). La producción es tan intensiva actualmente que conlleva también la acumulación de grandes cantidades de subproducto (aproximadamente 800 kg alperujo/t de olivas; Martín García et al., 2003) al que se le han buscado diferentes usos.

Tradicionalmente, después de una primera extracción por presión del aceite de oliva virgen extra, el alperujo era llevado a las orujeras para ser sometido a una extracción química del aceite residual que todavía contenía. No obstante, cada vez se realiza menos este proceso debido a su baja rentabilidad. Las actuales alternativas de utilización de este subproducto son su utilización como fertilizante del suelo, previa biotransformación, como biocombustible en plantas de cogeneración, o utilizando parte

de sus componentes para otros fines como la elaboración de carbón activo a partir del hueso triturado (Saavedra, 2007).

Foto 1. Recogida de aceitunas (izq.) y proceso de extracción del aceite en una almazara (der.) en el Bajo Aragón (Teruel).



El uso del alperujo como ingrediente para la alimentación animal se ha estudiado principalmente en rumiantes, como cabras, ovejas y corderos con un éxito moderado (Alcaide et al., 2003; Ben-Salem y Znaidi, 2008). En algunos países mediterráneos, como Túnez, el alperujo es utilizado en “feed blocks”, unos bloques multi-nutriente que se administran como complemento de la dieta en ovejas y cabras.

El principal inconveniente de la utilización de alperujo en la formulación de dietas porcinas es su alto contenido en fibra, compuesta además de una elevada proporción de lignina, aportada por el hueso. La elevada proporción en fibra de los piensos puede influir en la palatabilidad, digestibilidad y sensación de saciedad del cerdo (FEDNA, 2013) o también en el nivel de concentración nutritiva mínimo o el rendimiento de la canal (Santomá, 1997). Sin embargo, un moderado contenido en fibra también favorece el peristaltismo intestinal, el bienestar de los animales o la producción en intestino

grueso de ácidos grasos volátiles que reducen el riesgo de colitis inespecíficas y otros procesos entéricos (FEDNA, 2013).

Otro de los inconvenientes del alperujo es la gran variabilidad en la composición química derivada, entre otros factores, de la variedad de las olivas, la proporción de sus principales componentes (piel, pulpa y hueso) y el tipo de procesamiento de extracción del aceite. De hecho, en varios trabajos (Alcaide et al., 2003; Albuquerque et al., 2004; Álvarez-Rodríguez et al. 2009) se han analizado numerosas muestras de alperujo de distintas campañas, orígenes y variedades y tratamientos industriales y de ellos se deduce la gran heterogeneidad en su composición.

No obstante, por otro lado, su proporción en ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), especialmente en ácido oleico (C18:1), podría convertirlo en un ingrediente interesante porque podría modificar el perfil de ácidos grasos de la grasa de los tejidos de los cerdos (Rhee et al., 1988; Mas et al., 2010). Es importante tener en cuenta la creciente demanda de la sociedad moderna por carne más saludable, que incluya menos ácidos grasos saturados (AGS).

Se encuentra escasa información en la literatura sobre el uso de alperujo en alimentación porcina y, la que hay, está focalizada en sistemas tradicionales basados en cerdos autóctonos (Rupić et al., 1997; Hernández-Matamoros et al., 2011) criados en sistemas de producción diferentes y con tipos de alimentación distintos a los usados en cerdos de genéticas mejoradas engordados en condiciones intensivas.

En definitiva, el alperujo podría ser un complemento a los ingredientes convencionales en la alimentación porcina pero hay que estudiar cómo afecta a los rendimientos productivos y a la calidad del producto. Además, su utilización en alimentación de cerdos resolvería en parte el problema de la gestión y procesado de los residuos secundarios de la extracción del aceite de oliva.

De todo esto se deduce la importancia de hacer estudios pormenorizados de las materias primas que se pretendan utilizar en la fabricación de piensos para evaluar su idoneidad como ingredientes.

2. OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue estudiar el impacto de incluir niveles crecientes de alperujo en la dieta de cerdos en la fase de finalización sobre la digestibilidad de los nutrientes, los rendimientos productivos y la calidad de la canal, la carne y la grasa.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Dietas experimentales

El alperujo utilizado en el experimento fue obtenido de una almazara localizada en el Noreste de España (Cooperativa San Macario, Andorra, Teruel) y procedía de la primera extracción de aceite de olivas de variedad Empeltre. Inicialmente, este subproducto tenía elevadas proporciones de humedad (aproximadamente 500 g/kg) y hueso (rico en fibra lignificada). En consecuencia, para el ensayo, tuvo que ser parcialmente desecado (hasta 80-90 g de humedad/kg) en una estufa (a 55°C durante 24 h), desmenuzado usando una mezcladora (50 rpm durante 1 h) y tamizado mediante una criba (1,5 mm) (Foto 2).

Foto 2. Muestras de alperujo parcialmente desecado antes (izq.) y después (der.) de ser tamizado.



Se formularon cuatro dietas experimentales en base a niveles crecientes de alperujo (0, 50, 100 y 150 g/kg de pienso). La dieta control (0 g/kg de pienso) contenía cebada y harina de soja como ingredientes principales y cumplía o excedía los niveles de nutrientes recomendados por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2013) para cerdos en la fase de finalización. Las otras dietas fueron formuladas reemplazando parcialmente la cebada por la misma proporción de alperujo. Todas las dietas fueron formuladas para ser isoproteicas pero la fibra neutro detergente (FND) y el extracto etéreo (EE) incrementaron con el nivel de alperujo en el pienso. La caracterización de la cebada y del alperujo usados en el experimento se muestra en la Tabla 1. La composición en ingredientes (Tabla 2) y en nutrientes (Tabla 3), tanto estimada (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2010) también se presentan a continuación.

Tabla 1. Composición química analizada de la cebada y del alperujo usados en el experimento (g/kg, en materia fresca, a menos que se indique de otro modo)^a.

	Cebada	Alperujo	
		Parcialmente desecado	Parcialmente desecado y deshuesado ^b
Energía bruta (MJ/Kg)	16,32	12,27	12,85
Materia seca	904,4	932,3	909,3
Materia orgánica	879,6	907,8	869,7
Proteína bruta	107,3	49,5	84,8
Extracto etéreo	23,5	69,5	116,8
Fibra neutro detergente	174,4	676,5	545,5
Fibra ácido detergente	57,4	531,6	426,6
Lignina ácido detergente	10,6	211,2	188,1
Ácidos grasos (g/kg ácidos grasos totales)			
C14:0	-	-	1,2
C16:0	-	-	103,8
C18:0	-	-	23,7
C18:1	-	-	679,0
C18:2	-	-	151,1
C18:3	-	-	10,2

^a Analizados por duplicado.

^b Alperujo incluido en los piensos experimentales.

Los cerdos recibieron los piensos experimentales *ad libitum* en forma de harina y tuvieron libre acceso al agua fresca a lo largo de todo el periodo experimental que duró 35 días. Los piensos fueron muestreados semanalmente y se mezclaron para su posterior análisis en el laboratorio.

Tabla 2. Ingredientes de las dietas experimentales (g/kg, en material fresca).

	Alperujo (g/kg de dieta)			
	0	50	100	150
Cebada	787	737	687	637
Harina de soja (44% proteína bruta)	180	180	180	180
Alperujo	-	50	100	150
Aceite de girasol	5,0	5,0	5,0	5,0
L-Lisina (50%)	2,3	2,3	2,3	2,3
DL-Metionina (99%)	0,3	0,3	0,3	0,3
Cloruro sódico	4,0	4,0	4,0	4,0
Carbonato cálcico	11,0	11,0	11,0	11,0
Fosfato bicálcico	6,4	6,4	6,4	6,4
Minerales, vitaminas and aditivos ^a	4,0	4,0	4,0	4,0

^a Proporcionó (por kg de dieta completa): 6.500 UI retinil acetato; 2.000 UI colecalciferol; 6 UI α -tocoferol acetato; 4 g menadiona; 1,5 g tiamina; 16 g cianocobalamina; 18 g niacina; 9 g ácido pantoténico; 75 g cloruro sódico; 110 g Zn; 16,6 g Mn; 99,9 g Fe; 12 g Cu; 0,48 g Co; 0,21 g Se; 0,99 g I; 499,8 UFT 4920 6-fitasas y 10 UI E 4818 endo-1,4 β -xilanasas.

Tabla 3. Nutrientes de las dietas experimentales (g/kg, en materia fresca, a menos que se indique de otro modo).

	Alperujo (g/kg de dieta)			
	0	50	100	150
Composición analizada^a				
Energía bruta (MJ/kg)	10,23	10,26	10,44	10,63
Materia seca	907	909	910	911
Materia orgánica	854	852	847	851
Almidón	446	418	389	361
Proteína bruta	167	167	164	163
Fibra neutro detergente	166	186	213	226
Extracto etéreo	19,9	26,4	29,5	33,1
Ácidos grasos (g/kg ácidos grasos totales)				
C14:0	8,9	7,2	5,9	5,0
C16:0	258,6	241,4	213,0	198,5
C18:0	54,2	44,9	41,6	39,0
C18:1	200,1	319,7	402,6	452,3
C18:2	329,8	238,0	199,5	174,0
C18:3	26,4	17,4	15,0	14,5
Análisis estimado^b				
Fibra ácido detergente	6,2	8,1	9,9	11,7
Lignina ácido detergente	0,9	1,8	2,7	3,6
Lisina	7,9	7,7	7,6	7,4
Calcio	6,9	7,4	7,8	8,3
Fósforo disponible	2,5	2,4	2,3	2,3

^a Analizados por duplicado.

^b De acuerdo con la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2013).

3.2. Animales e instalaciones experimentales

Todos los procedimientos con animales fueron llevados a cabo tras la aprobación de una Licencia por una Comisión Ética Asesora en Experimentación Animal. El cuidado y uso

de dichos animales fue de acuerdo con la Ley de Protección Animal Española 32/2007, que confirma la Directiva de la Unión Europea 86/609 sobre protección de los animales empleados en experimentación animal y otros fines científicos.

Se escogieron un total de 60 cerdos Duroc x (Landrace x Large White), todas hembras con 126 ± 3 días de edad y $69,5 \pm 5,02$ kg de peso vivo (PV), de una granja comercial (Andorra, Teruel) y se transportaron 130 km hasta las instalaciones experimentales. A su llegada, los animales fueron crotalados y distribuidos dentro de cada tratamiento experimental en cinco departamentos (bloques) de PV creciente en un diseño en bloques al azar, resultando en cinco réplicas de tres cerdos por tratamiento (Foto 3). Se alojaron en una nave de ambiente controlado ($20-22^{\circ}\text{C}$) que cuenta con boxes ($2,0 \times 2,0$ m) con suelo 100% slat y con un comedero tipo tolva holandesa y un bebedero automático. La posible incidencia de patologías y bajas se controló diariamente.

Foto 3. Fase zootécnica del experimento.



3.3. Rendimientos productivos y muestreo de heces

El PV individual y el consumo de pienso por departamento se controlaron semanalmente desde la llegada de los animales hasta el final del ensayo. Los datos

recogidos se usaron para calcular la ganancia media diaria (GMD) y el consumo medio diario (CMD) como regresiones lineales para cada réplica. El índice de conversión (IC) se calculó a partir de ambas variables.

Desde los días 28 a 33 del experimento, se añadió óxido de cromo como marcador indigestible a una dosis de 2 g/kg, y los piensos marcados fueron muestreados. Los días 32 y 33 del ensayo, se tomaron muestras fecales representativas de cada departamento entre las 9:00 y las 10:00 a.m., se secaron (60°C, 72 h), se molieron a 1 mm y se almacenaron hasta su análisis químico para la determinación de la digestibilidad aparente de la materia orgánica y de la energía bruta (DMO y DEB, respectivamente). Tras 35 días de experimento, los cerdos fueron sacrificados para la evaluación de la calidad de la canal, la carne y la grasa tal y como se describe a continuación.

3.4. Medidas de canal y muestreo de carne y grasa

El día previo al sacrificio, los animales (161 ± 3 días de edad) fueron pesados individualmente ($96,7 \pm 7,45$ kg de media) y transportados 100 km hasta un matadero comercial (La Mata de los Olmos, Teruel), donde se mantuvieron en ayuno, aunque con libre disposición de agua durante 8 h. Para el sacrificio se utilizó un sistema de aturdimiento por CO₂ con una concentración media del 86% de gas. El tiempo de aspiración del gas fue de 60 s. La velocidad de la cadena de matanza fue de aproximadamente 160 animales/h. Tras el aturdimiento, los cerdos fueron desangrados, escaldados, depilados, eviscerados y cortados longitudinalmente por la mitad de acuerdo a los procedimientos comerciales estándar.

Al final de la cadena de matanza, se tomó el peso de la canal en caliente de todos los animales para calcular el rendimiento de la canal. Después, se realizaron las siguientes

medidas de cada media canal izquierda: espesor de la grasa dorsal entre la 3ª y la 4ª últimas costillas y también a nivel del músculo *Gluteus medius* en el punto de menor espesor graso (piel incluida) mediante una regla rígida con una precisión de 1 mm; longitud de la canal desde la sínfisis isquiopubiana hasta la mitad del borde anterior de la primera costilla; longitud del jamón desde la sínfisis isquiopubiana hasta la parte media interna del corvejón; y perímetro del mismo por su parte más ancha (Foto 4) usando una regla flexible con una precisión de 0,5 cm.

A continuación, las canales se refrigeraron a 2°C durante 12 h (velocidad del aire 1 m/s y humedad relativa 90%). Después se despiegaron y, de cada media canal izquierda, se extrajeron el jamón, la paleta y el lomo, se perfilaron (consiste en la eliminación de parte de la grasa de cobertura) y se pesaron para calcular su rendimiento en la canal. Finalmente, de cada canal, se tomó una muestra de 500 ± 25 g del lomo (músculo *Longissimus thoracis*), a la altura de la última costilla, y también una muestra de grasa subcutánea, incluyendo la grasa, la piel y parte de magro, a nivel de la región coxal. Las muestras de carne y grasa se colocaron en bolsas individualmente, se envasaron al vacío y se conservaron a -20°C hasta su análisis.

Foto 4. Medidas de la canal en el matadero.



3.5. Análisis de laboratorio

Las muestras de piensos, de alperujo, de cebada y de heces se molieron a 1 mm con un molino Wiley y se analizaron posteriormente por duplicado. En las muestras de piensos, alperujo y cebada, se determinó la materia seca por el método de desecación en estufa (ref. 934.01), la materia orgánica y las cenizas totales mediante mufla (ref. 942.05), la proteína bruta (PB) por el método Kjeldahl (ref. 976.05) (Foto 5) y el EE por Soxhlet (ref. 2003.05) (Foto 6) siguiendo los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (2005). La energía bruta se analizó mediante bomba calorimétrica isoperibólica (modelo 1356, Parr Instrument Company, Moline, IL, EEUU). Además, el almidón de los piensos se analizó por polarimetría después de hidrólisis con etanol y HCl (Commission of the European Communities, 1999). La FND se determinó después de un tratamiento con amilasa termoestable y se expresa como ceniza residual (Foto 7), y ésta y la fibra ácido detergente libre de ceniza y la lignina se determinaron tal y como describieron Van Soest et al. (1991) usando un analizador de fibra Ankom 220 (Ankom Technology, New York, EEUU). La concentración de cromo en los piensos y en las heces se determinó siguiendo las recomendaciones de Vega y Poppi (1997).

Foto 5. Equipo para el análisis de proteína.



Foto 6. Equipo para el análisis de extracto etéreo.



Foto 7. Equipo para el análisis de fibra.



En las muestras de carne se evaluó la capacidad de retención de agua, el color, la composición química y la textura. La capacidad de retención de agua fue determinada a partir de las pérdidas por descongelación y las pérdidas por cocinado. Para determinar las pérdidas por descongelación se pesaron las muestras de carne en fresco y una vez descongeladas. La descongelación se llevó a cabo en una cámara refrigeradora durante 24 h a 4°C.

El color fue evaluado (Foto 8) mediante un espectrofotocolorímetro (CM 2002, Minolta Camera, Osaka, Japón) usando medidas objetivas (Commission International de

l'Eclairage, 1976). El valor L^* representa el índice de luminosidad y su rango está entre 100 (blanco absoluto) y 0 (negro absoluto). El valor a^* representa el índice de rojos-verdes y puede ser > 0 (tendente a rojo) ó < 0 (tendente a verde) y el valor b^* representa el índice de amarillos-azules y puede ser > 0 (tendente a amarillo) ó < 0 (tendente a azul). Estos parámetros se determinaron a partir de la media de tres medidas por muestra, tomadas en zonas homogéneas y representativas libres de veteado y manchas de sangre. A partir de los valores a^* y b^* se calculó el valor del croma ($c^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$) y el ángulo Hue ($h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*) \times 57,29$). El valor de c^* indica la intensidad del color, se refiere a la cantidad de pigmentos, y valores altos se relacionan con un color más vivo indicando una falta de tono gris. El valor h^* indica la saturación del color mostrada por el azul, verde, rojo, etc. relacionado con el estado de los pigmentos (Wyszcecki et al., 1982).

Foto 8. Equipo para la medida del color de la carne.



El análisis de composición química de la carne se llevó a cabo siguiendo el método oficial de análisis de productos cárnicos (BOE, 1979). La determinación de humedad consiste en la formación de una pasta con la carne, arena y etanol, que es sometida a un pre-secado en baño María y a continuación a un secado a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta obtener un

peso constante. La grasa intramuscular (GIM) se extrajo mediante un sistema con solvente a alta temperatura, en un equipo ANKOM XT15 (Nueva York, EEUU), utilizando éter de petróleo como reactivo. El contenido en GIM se determinó con HCl en ebullición y posterior desecado durante 1,5 h a 95-98°C. Para cuantificar la PB se determinó el contenido en nitrógeno mediante un equipo Kjeldahl MT 2300 Analyzer Unit (Höganäs, Suiza) y se multiplicó por el factor 6,25.

Las pérdidas por cocinado fueron determinadas siguiendo el método descrito por Honikel (1998). Las muestras de carne se envasaron al vacío e introdujeron en un baño maría (Selecta, Barcelona) a 75°C (Foto 9). Mediante sonda térmica modelo testo 926 (Barcelona) se controló la temperatura interna de cada muestra y, cuando alcanzaron 70°C, se sacaron del baño. Tras 30 min a temperatura ambiente se secaron con papel absorbente y se pesaron. Para el cálculo de dichas pérdidas se utilizó el peso de las muestras tras la descongelación y tras el peso tras el cocinado.

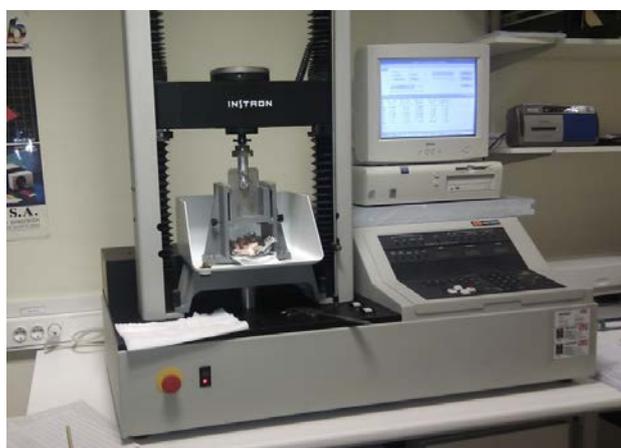
Foto 9. Equipo para la medida de las pérdidas por cocinado de la carne.



La textura fue determinada mediante el método descrito por Honikel (1998), que mide la dureza de la carne cocinada. Se utilizó un método objetivo, mecánico de corte (cizalla), usando un equipo Instron 4301 (Massachusetts, EEUU) con una célula

Warner-Bratzler (Foto 107). Cada muestra de carne cocinada se cortó en piezas prismáticas en dirección paralela a las fibras musculares, con una sección de 100 mm² (10mm x 10 mm) y 30 mm de longitud. La velocidad de corte fue de 100 mm/min y el corte de la cizalla fue perpendicular a la dirección de las fibras. Se analizaron un mínimo de seis piezas por cada muestra de carne.

Foto 10. Equipo para la medida de la dureza de la carne.



Los lípidos de la grasa subcutánea se extrajeron en cloroformo-metanol, de acuerdo al método de Bligh y Dyer (1959), usándose BHT como antioxidante. A continuación se añadió cloroformo y KCl en agua a la muestra y se homogenizó de nuevo. Después de centrifugar a 4.000 rpm, se recogió la fase orgánica para extraer el contenido en grasa por desecación a 100°C durante 20 min. El resto fue evaporado en un baño de arena usando gas N₂ a 50°C. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se generaron por transesterificación de 30 mg de extractos de lípidos disueltos en n-hexano (2 ml) con KOH 2N en metanol a temperatura ambiente y se recogieron en hexano para su posterior análisis. La composición de ácidos grasos se determinó por cromatografía de gases mediante un cromatógrafo Hewlett-Packard modelo 6890 II (Agilent GC, Pensilvania,

EEUU) con una columna capilar SP2380 (Pensilvania, EEUU) de 100 m x 0,25 mm x 0,20 mm (Foto 11). Como gas portador se usó N₂ y los metil ésteres se identificaron usando tiempos de retención de Sigma Chemical Co. Standards. Los lípidos de las muestras de pienso y de alperujo se extrajeron e identificaron por el método de Sukhija y Palmquist (1988). Las proporciones de AGS, AGMI y ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) se calcularon a partir de los porcentajes de ácidos grasos individuales.

Foto 11. Equipo para el análisis del perfil de ácidos grasos.



3.6. Análisis estadístico

Los datos se analizaron como un ANOVA usando el paquete estadístico Statistix 9.0 (Analytical Software 2008). El modelo incluyó la dieta como efecto principal y la réplica (PV inicial) como bloque. La unidad experimental fue el departamento (n=5) constituido por tres cerdos alojados conjuntamente. Para aquellas variables en las que la dieta (nivel de alperujo) afectó significativamente, se llevaron a cabo contrastes polinomiales para evaluar la evolución lineal, cuadrática o cúbica. Un valor de $P \leq 0,05$ se consideró como diferencias significativas entre tratamientos y un valor de $P = 0,05 - 0,10$ como una tendencia.

4.1. Rendimientos productivos y digestibilidad de los nutrientes

No hubo ninguna baja durante el experimento. Aunque el IC no se vio afectado ($P>0,10$), el CMD incrementó ($P=0,04$) y la GMD tendió a aumentar ($P=0,04$) con el nivel de alperujo en la dieta (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto del nivel de alperujo en la dieta de cerdos sobre los rendimientos productivos y el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia orgánica y de la energía de las dietas.

	Nivel de alperujo en la dieta				EEM ^a	P ^b
	0	50	100	150		
Peso vivo inicial (kg)	69,3	69,4	69,6	69,5	0,37	NS
Peso vivo final (kg)	96,2	97,0	98,7	94,9	1,16	NS
Ganancia media diaria (kg/día)	0,759	0,780	0,842	0,716	0,077	Q ^{0,06}
Consumo medio (kg/día)	2,389	2,555	2,776	2,515	0,0298	Q ^{0,04}
Consumo medio de energía (MJ/día)	30,1	31,9	32,9	28,8	2,06	Q ^{0,007}
Índice de conversión	3,15	3,27	3,30	3,53	0,151	NS
Digestibilidad de la materia orgánica	0,814	0,796	0,795	0,779	0,0089	Q ^{0,06}
Digestibilidad de la materia orgánica	0,785	0,758	0,762	0,749	0,0093	L ^{0,04}

^a Error estándar de la media. Hubo 5 réplicas (departamentos) por tratamiento con 3 cerdos/réplica.

^b NS: no significativo ($P>0,10$); L: lineal; Q: cuadrático.

En ambos casos, la evolución fue cuadrática, alcanzando los valores máximos los cerdos que comieron 100 g alperujo/kg y disminuyendo después, cuando la dieta incluía 150 g alperujo/kg. La ingestión media diaria de energía también tuvo una evolución cuadrática ($P=0,007$) siendo menor en cerdos que recibieron el nivel más alto de alperujo que en el

resto de los cerdos. Además, la DMO tendió a disminuir de forma cuadrática ($P=0,06$), especialmente entre la dieta control y la que contenía 50 g alperujo/kg, y la DEB disminuyó linealmente ($P=0,04$) a medida que el nivel de subproducto aumentaba en la dieta. El tratamiento experimental no influyó sobre el peso al sacrificio de los cerdos.

4.2. Calidad de la canal

En la Tabla 5 se muestra el efecto del nivel de alperujo en la dieta sobre las características de la canal de cerdos.

Tabla 5. Efecto del nivel de alperujo en la dieta sobre las características de la canal de cerdos.

	Nivel de alperujo en la dieta				EEM ^a	P ^b
	0	50	100	150		
Peso de la canal (Kg)	74,6	74,4	77,9	73,3	0,93	Q ^{0,04}
Rendimiento de la canal (%)	77,7	76,7	78,9	77,3	1,06	NS
Longitud de la canal (cm)	79,8	80,1	82,3	79,5	0,52	Q ^{0,01}
Longitud del jamón (cm)	36,8	36,7	36,8	36,2	0,28	NS
Perímetro del jamón (cm)	70,9	72,9	74,1	72,2	0,81	Q ^{0,03}
Espesor graso 3 ^a -4 ^a costillas (mm)	19,7	22,1	20,4	18,7	0,98	NS
Espesor graso m. <i>gluteus medius</i> (mm)	12,7	13,1	11,5	10,0	0,85	L ^{0,02}
Rendimiento de piezas nobles (% canal)						
Jamones	28,5	28,6	28,0	28,2	0,400	NS
Lomos	8,0	8,1	8,1	8,2	0,13	NS
Paletas	15,9	15,9	15,5	16,0	0,28	NS
Total	52,3	52,6	51,5	52,3	0,67	NS

^a Error estándar de la media. Hubo 5 réplicas (departamentos) por tratamiento con 3 cerdos (canales) cada una.

^b NS: no significativo ($P>0,10$); L: lineal; Q: cuadrático.

No se detectó ninguna diferencia ($P>0,10$) debida al tratamiento experimental en el rendimiento de la canal o la longitud del jamón. Sin embargo, las canales de cerdos que habían consumido 100 g alperujo/kg fueron más pesadas ($P=0,04$) y más largas ($P=0,01$), y presentaron jamones más anchos ($P=0,03$) que las de los cerdos que habían consumido las otras dietas. El espesor de grasa a nivel del músculo *Gluteus medius* disminuyó linealmente ($P=0,02$) a medida que el nivel de alperujo aumentaba en la dieta. No hubo efecto del tratamiento sobre la proporción de piezas nobles (jamones, paletas y lomos) en la canal ($P>0,10$).

4.3. Características de la carne y de la grasa

La composición química, la capacidad de retención de agua y la textura no se vieron afectadas por el tratamiento experimental ($P>0,10$; Tabla 6). Sin embargo, la luminosidad disminuyó ($P=0,02$) y la tonalidad amarilla tendió a disminuir ($P=0,06$) a medida que el nivel de alperujo aumentaba en la dieta. La inclusión del subproducto influyó significativamente sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea (Tabla 7). El incremento del nivel de alperujo en la dieta provocó una reducción lineal en la proporción de AGS ($P=0,01$) debido a la reducción cuadrática de C17:0 ($P=0,02$) y al descenso lineal del C18:0 ($P=0,01$). Aunque el C20:0 tendió a incrementar ($P=0,07$), su contribución fue mínima (de media 0,12% del total de AGS). Además, se observó un incremento lineal en el porcentaje de AGMI ($P=0,02$), a causa de incrementos lineales ($P=0,01$) en el C18:1 y en el C20:1, y a pesar del minoritario C17:1 (<0,08% del total de AGMI) que se redujo cuadráticamente ($P=0,04$). La proporción del total de AGPI no se vio influida por el tratamiento dietario ($P>0,10$).

Tabla 6. Efecto del nivel de alperujo en la dieta sobre las características de la carne de cerdos.

	Nivel de alperujo en la dieta (g/kg)				EEM ^a	P ^b
	0	50	100	150		
Color						
Luminosidad (L*)	55,1	53,6	54,78	53,2	0,395	L ^{0,02}
Tendencia al rojo (a*)	5,98	5,42	5,63	5,73	0,259	NS
Tendencia al amarillo (b*)	4,18	3,36	3,83	3,49	0,171	L ^{0,06}
Intensidad (c*)	7,30	6,38	6,84	6,71	0,274	NS
Saturación (h*)	34,9	31,9	34,3	31,3	1,236	NS
Composición química (g/kg)						
Humedad	718,9	724,3	725,3	728,0	2,70	NS
Proteína	243,4	238,6	240,5	241,0	2,06	NS
Grasa intramuscular	25,1	27,1	21,3	19,2	2,38	NS
Indicadores de CRA^c						
Pérdidas por descongelación (g/kg)	100,3	102,2	107,2	99,2	6,52	NS
Pérdidas por cocinado (g/kg)	236,0	226,1	237,1	224,2	6,18	NS
Pérdidas totales (g/kg)	336,4	328,2	344,5	323,2	5,63	NS
Dureza (N)	29,5	28,3	29,6	30,0	1,44	NS

^a Error estándar de la media. Hubo 5 réplicas (departamentos) por tratamiento con 3 cerdos (1 muestra de carne/animal) cada una.

^b NS: no significativo (P>0,10); L: lineal; Q: cuadrático.

^c Capacidad de retención de agua.

Tabla 7. Efecto del nivel de alperujo en la dieta sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea de cerdos.

g/kg	Nivel de alperujo en la dieta (g/kg)				EEM ^a	P ^b
	0	50	100	150		
C12:0	0,78	0,08	0,09	0,08	0,035	NS
C14:0	11,9	12,1	11,8	11,7	0,320	NS
C16:0	218,4	219,9	216,6	212,5	2,970	NS
C16:1	19,4	18,5	17,7	17,8	0,611	NS
C17:0	4,60	4,82	4,68	3,94	0,181	L ^{0,02} Q ^{0,02}
C17:1	3,58	3,58	3,44	2,98	0,107	L ^{0,001} Q ^{0,04}
C18:0	124,9	123,6	121,5	116,8	2,041	L ^{0,01}
C18:1	411,7	412,7	416,7	424,2	2,878	L ^{0,01}
C18:2	156,1	156,3	159,0	160,1	3,709	NS
C18:3	9,92	9,70	9,96	9,96	0,263	NS
C20:0	1,76	1,80	2,04	1,90	0,076	L ^{0,07}
C20:1	6,76	7,08	7,34	7,70	0,209	L ^{0,01}
C20:4	3,42	2,76	2,54	3,12	0,551	NS
C20:5	2,16	2,08	1,90	2,28	0,297	NS
Otros ^c	24,6	24,3	23,9	24,2	0,720	NS
AGS ^d	368,8	369,3	363,7	353,0	4,292	L ^{0,01}
AGMI ^e	446,8	447,3	450,0	458,3	3,308	L ^{0,02}
AGPI ^f	184,4	183,4	186,3	189,7	4,445	NS

^a Error estándar de la media. Hubo 5 réplicas (departamentos) por tratamiento con 3 cerdos (1 muestra de grasa/animal) cada una.

^b NS: no significativo (P>0,10); L: lineal; Q: cuadrático.

^c La suma de algunos ácidos grasos minoritarios.

^d Σ Ácidos grasos saturados.

^e Σ Ácidos grasos monoinsaturados.

^f Σ Ácidos grasos poliinsaturados.

5.1. Composición química del alperujo

Los resultados de los análisis de composición química del alperujo muestran bajos contenidos en PB y altos en EE y lignina, confirmando trabajos previos (Albuquerque et al., 2004; Álvarez-Rodríguez et al., 2009; Vargas-Bello-Pérez et al., 2013). En la literatura se encuentra una gran variabilidad en la composición de este subproducto como ocurre también con otros subproductos. Algunas razones para ello pueden ser el diferente método de extracción del aceite y las distintas variedades de olivas, la posibilidad de contaminación (ej. con tierra) o el posterior procesamiento como el secado o el deshuesado. Así, Álvarez-Rodríguez et al. (2009) evaluaron el alperujo obtenido en un sistema de dos fases y encontró una composición similar a la mostrada en el presente trabajo excepto para el EE (265 vs 117 g/kg), que fue considerado demasiado alto incluso por los propios autores. Albuquerque et al. (2004) analizaron un total de 20 muestras de tres campañas (1997-2000) y detectaron (en base a material seca) 72 g PB/kg (en un rango desde 44 hasta 115 g/kg) y 121 g EE/kg (en un rango desde 77 hasta 194 g/kg). Alcaide et al. (2003) estudiaron un gran número de muestras observando gran variabilidad; de 47 a 72,5 g PB/kg, de 41 a 139 g EE/kg y de 574 a 730 g FND/kg (expresado en base a materia seca). Hay que destacar el elevado contenido en ácido oleico encontrado en el alperujo usado en el presente ensayo (679 g/kg) aunque otros autores incluso han detectado un contenido mayor (758 g/kg; Vargas-Bello-Pérez et al., 2013). De todo esto se puede deducir la gran importancia de la precisión en la caracterización de subproductos antes de ser usados en la formulación de piensos comerciales.

5.2. Rendimientos productivos y digestibilidad de los nutrientes

Se observó un efecto cuadrático sobre el CMD; la ingestión de alimento incrementó hasta un nivel máximo con 100 g alperujo/kg, lo que podría estar relacionado con el contenido en energía de la dieta. La energía metabolizable estimada inicialmente fue 12,6, 12,2, 11,8 y 11,5 MJ/kg para dietas que contenían 0, 50, 100 and 150 g alperujo/kg, respectivamente. Para formular las dietas experimentales, se usaron los datos de energía proporcionados por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2010) para ingredientes convencionales y la ecuación de Noblet et al. (2003) para estimar el contenido energético del alperujo. Cole et al. (1967) concluyeron que, en condiciones de alimentación *ad libitum*, los cerdos tratan de mantener constante la ingestión energética regulando el consumo de alimento. Sin embargo, la inclusión de 150 g alperujo/kg redujo el CMD y también la GMD, comparado con el nivel de 100 g/kg, y podría deberse al rechazo del pienso por problemas de palatabilidad o debido al alto contenido en fibra de la dieta que puede causar saciedad (Santomá, 1997). Sin embargo, algunos autores han evaluado varios ingredientes fibrosos en dietas de cerdos en crecimiento, como raygrass henificado (Coffey et al., 1982), melazas de remolacha (Longland and Low, 1988) o altramuces (Brand et al., 1995), coincidiendo en que el tipo de fibra tiene mayor influencia sobre la ingestión de pienso que la proporción de fibra. Esto debería explicar los buenos resultados de crecimiento y de consumo de pienso de los cerdos que comieron 50 ó 100 g alperujo/kg aunque los niveles en FND fueron mayores que los recomendados para cerdos de engorde por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2013). La GMD evolucionó cuadráticamente del mismo modo que el CMD, con los cerdos que comieron 100 g

alperujo/kg alcanzando una tasa de crecimiento un 12% más alta (83 g/día) que los que comieron la dieta control y un 17% (126 g/día) mayor que los que comieron 150 g alperujo/kg.

La DMO tendió a disminuir de forma cuadrática y la DEB disminuyó linealmente a medida que el alperujo incrementó, lo que estaría relacionado con el nivel de fibra de la dieta. De hecho, se observó un incremento de 0,4 g FND/kg por g de alperujo incluido en la dieta. Nuestros resultados confirman los obtenidos por Le Gall et al. (2009) que muestran descensos cuadráticos en la DMO y en la digestibilidad de la energía digestible cuando el contenido en FND incrementaba desde 131 hasta 344 g/kg en el pienso de cerdos de cebo. Estos efectos depresivos son causados en primer lugar por el reemplazo de nutrientes altamente digestibles como la PB o el almidón por constituyentes de la pared celular poco digestibles (lignina, polisacáridos no amiláceos) y, en segundo lugar, porque la presencia de fibra dietaria influye en los procesos de digestión y absorción a lo largo del tracto gastrointestinal.

Desde un punto de vista productivo, los resultados obtenidos sugieren que hasta 100 g alperujo/kg pueden ser incluidos en dietas comerciales de cerdos de cebo sin empeorar e incluso mejorando sus rendimientos zootécnicos.

5.3. Calidad de la canal

Aunque no hubo efecto del tratamiento experimental sobre el peso al sacrificio (se sacrificaron todos a la misma edad), se observó un incremento cuadrático del peso de la canal siendo más pesadas las de los cerdos que habían comido 100 g alperujo/kg. Asimismo, esos cerdos presentaron canales más largas y jamones más anchos. Latorre et

al. (2004) estudiaron la relación entre peso al sacrificio de los cerdos y las dimensiones de la canal encontrando un incremento de la longitud de la canal y del perímetro del jamón de 2 cm y 1,1 cm, respectivamente, por cada incremento de 10 kg de PV. En general, comercialmente se prefieren canales más cortas por su manipulación más fácil; sin embargo, los consumidores del área mediterránea demandan jamones más largos y más finos porque esas características las asocian actualmente con alta calidad en el jamón. No se detectó influencia alguna del tratamiento sobre el rendimiento de la canal. Algunos autores (Baird et al., 1974; Coffey et al., 1982) han encontrado una reducción en esta variable a medida que el contenido de fibra en la dieta aumentaba, mientras otros (Donovan et al., 1993; Longland y Low, 1988) no han detectado ningún efecto. En una revisión, Santomá (1997) concluyó que la fibra estimula el desarrollo del tracto gastrointestinal, que es una parte de lo que se elimina durante el sacrificio, pero el efecto podría depender de la duración del periodo de alimentación.

El espesor de grasa a nivel del músculo *Gluteus medius* disminuyó linealmente con la inclusión de alperujo en la dieta, lo que no se esperaba teniendo en cuenta la evolución observada en la ingestión de energía. De hecho, numerosos trabajos han mostrado que el contenido energético de la dieta tiene alto impacto sobre el contenido graso de la canal, tanto en cerdos (Suarez-Belloch et al., 2013) como en pollos (Engel et al., 2001). El menor espesor graso encontrado en el presente trabajo, a medida que el nivel de alperujo aumentaba en la dieta, sugeriría un mayor rendimiento de piezas nobles, debido a su composición especialmente magra. Sin embargo, esto no se detectó y todos los tratamientos mostraron similares proporciones de jamones, paletas y lomos.

5.4. Características de la carne y de la grasa

Los valores de L^* y b^* del lomo disminuyeron linealmente a medida que el alperujo aumentaba en la dieta. La literatura indica que el contenido en GIM de la carne puede ser también responsable, al menos en parte, de la terneza de la carne (Barton-Gade, 1987) y de la tendencia al color amarillo (Latorre et al., 2008). Sin embargo, en el presente ensayo, la proporción en GIM se redujo y la terneza aumentó, siendo ambos efectos sólo numéricos, no significativos. Las pérdidas de agua tampoco se vieron afectadas por la inclusión de alperujo en la dieta. Se ha relacionado la mayor capacidad de retención de agua (menores pérdidas de humedad) con un mayor pH a 24 h *postmortem*, y a su vez se ha asociado con una menor reserva de glucógeno. Sin embargo, en este experimento, todo esto no puede confirmarse porque el pH no pudo ser medido.

Uno de los resultados más esperados del estudio de incluir alperujo en dietas de cerdos era su efecto sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa. No obstante, Wood and Enser (1997) mostraron que los principales AGS y AGMI son de síntesis *de novo*, por lo que sus concentraciones están menos influenciadas por la dieta que los AGPI, que no pueden ser sintetizados y, en consecuencia, su concentración en los tejidos responde más rápidamente a los cambios en la dieta. En el presente trabajo, el incremento de alperujo en el pienso conllevó una reducción lineal de la proporción de AGS y un incremento también lineal en el porcentaje de AGMI. Esto confirma trabajos previos, como el de Hernández-Matamoros et al. (2011) que encontraron mayor concentración de AGMI y menor de AGPI en GIM de cerdos Ibéricos alimentados con dietas con alperujo. El incremento en AGMI en la grasa se debió principalmente al alto contenido en ácido oleico, del cual es responsable en buena medida el alperujo empleado en la

fabricación de los piensos, que contenía 679 g C18:1/kg. En un estudio de Rhee et al. (1988), elevados niveles de semilla de girasol rica en oleico incrementaron la concentración de ácido oleico en los lípidos del músculo de 42 a 53 g/100 g, lo que mejoró la calidad sensorial de la carne en términos de ternura, jugosidad y flavor. El efecto sobre el flavor se debe, presumiblemente, a cambios en las concentraciones de los precursores del flavor que se desarrollan durante el cocinado.

En el presente ensayo, la proporción de AGPI no se vio afectada por el tratamiento dietario. La literatura ha demostrado que dietas ricas en AGPI proporcionan alta susceptibilidad a la oxidación pero nuestros resultados estuvieron dentro de la normalidad (Wood et al., 2008).

6. CONCLUSIONES

La inclusión de niveles moderados de alperujo (hasta 100 g/kg) en dietas de cerdos en la fase de finalización tendió a mejorar el crecimiento diario y disminuyó el espesor de cobertura grasa de la canal. Aunque su efecto fue limitado sobre las características de la carne, el uso de alperujo mejoró la composición de la grasa al disminuir la proporción de ácidos grasos saturados e incrementar el de ácidos grasos monoinsaturados, especialmente en oleico, lo que es deseable desde el punto de vista de la salud del consumidor.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto CDTI IDI-20090836 (OTRI 2010/0397) del Ministerio de Ciencia y Tecnología (Gobierno de España), con la participación del Departamento de Industria e Innovación del Gobierno de Aragón y el Fondo Social Europeo. Nuestro especial agradecimiento a Deborah Martínez y Juan Ferrando, de la empresa Turolense Ganadera, así como a Eugenia Pintos, Jesús Artajona y Belén Hernando por su ayuda en el laboratorio. Jesús Suárez disfruta de una beca de la Universidad de Zaragoza.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alburquerque, J.A., Gonzálvez, J., García, D., Cegarra, J., 2004. Agrochemical characterisation of ‘alperujo’, a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresour. Technol.* 91, 195–200.
- Alcaide, E.M., Nefzaoui, A., 1996. Recycling of olive oil by products: Possibilities of utilization in animal nutrition. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 38, 227-235.
- Alcaide, E.M., Ruiz, D.Y., Moumen, A., Garcia, I.M., 2003. Chemical composition and nitrogen availability for goats and sheep of some olive by-products. *Small Ruminant Res.* 49, 329–336.
- Alvarez-Rodríguez, J., Muñoz, F., Joy, M., 2009. Valoración nutritiva de alpeorujo crudo y extraído producido en Aragón (España). *Redvet* 10, 1-8.
- Association of Official Analytical Chemists, 2005. *Official Methods of Analysis of*

AOAC International, 17^a ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.

Baird, D.M., Allison, J.R., Heaton, E.K., 1974. The energy value for and influence of citrus pulp in finishing diets for swine. *J. Anim. Sci.* 38, 545-553.

Barton-Gade, P.A., 1987. Meat and fat quality in boars, castrates and gilts. *Livest. Prod. Sci.* 16, 187-196.

Ben-Salem, H., Znaidi, I., 2008. Partial replacement of concentrate with pulp and olive cake-based feed blocks as supplements for lambs fed wheat straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 147, 206-222.

Bligh, E., Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian J. Biochem. Physiol.* 37, 911-914.

Boletín Oficial Estado, 1979. Orden de 31 de julio de 1979 por la que se establecen métodos oficiales de análisis de aceites y grasas, productos cárnicos, cereales y derivados fertilizantes, productos fitosanitarios, productos lácteos, piensos, aguas y productos derivados de la uva. BOE 207, 20221-20247.

Brand, T.S., Olckers, R.C., Van der Merwe, J.P., 1995. Evaluation of faba beans (*Vicia faba* cv. Fiord) and sweet lupins (*Lupinus albus* cv. Kiev) as protein sources for growing pigs. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 25, 31-35.

Coffey, M.T., Seerley, R.W., Funderburke, D.W., McCampbell, H.C., 1982. Effect of heat increment and level of dietary energy and environmental temperature on the performance of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 54, 95-10.

Cole, D.J.A., Duckworth, J.E., Holmes, W., 1967. Factors affecting voluntary feed intake in pigs. I. The effect of digestible energy content of the diet on the intake of

castrated male pigs housed in holding pens and in metabolism crates. *Anim. Prod.* 9, 141-148.

Commission International de l'Eclairage, 1976. International Commission on Illumination, Colorimetry: Official Recommendations of the International Commission on Illumination. París, Francia: Bureau Central de la CIE, Publication CIE No. 15 (E-1.3.1).

Commission of the European Communities 1999. Determination of starch. Polarimetric method. *J. Europ. Comm.* 209, 25-27.

Donovan, B.C., McNiven, M.A., Van Lunen, T.A., Anderson, D.M., McLeod, J.A., 1993. Replacement of soyabean meal with dehydrated lupin seeds in pig diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 43, 77-85.

Engel, J.J., Smith, J.W., Unruh, J.A., Goodband, R.D., O'Quinn, P.R., Tokach, M.D., Nelssen, J.L., 2001. Effects of choice white grease or poultry fat on growth performance, carcass leanness, and meat quality characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 79, 1491-1501.

FAO, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/home/en/>

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2010. Tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos, 3rd ed. FEDNA, Madrid.

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2013. Normas FEDNA para la formulación de piensos. Necesidades nutricionales para Ganado porcino, 2nd ed. FEDNA, Madrid, España, pp. 37.

- Hernández-Matamoros, A., Paniagua-Breña, M., Izquierdo-Cebrián, M., Tejeda-Sereno, J.F., González-Sánchez, E., 2011. Utilización del alperujo de aceituna y de la peladura de tomate en la alimentación del cerdo ibérico. XIV Jornadas AIDA-ITEA de Producción Animal. Zaragoza, España. pp. 276-278.
- Honikel, K.O., 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49, 447–457.
- Latorre, M.A., Lázaro, R., Valencia, D.G., Medel, P., Mateos, G.G. 2004. Effect of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. *J. Anim. Sci.* 82, 526-533.
- Latorre, M.A., Pomar, C., Faucitano, L., Gariépy, C., Méthot, S., 2008. The relationship within and between productive performance and meat quality characteristics of three pig genetic lines. *Livest. Sci.* 115, 258-267.
- Le Gall, M., Warpechowski, M., Jaguelin-Peyraud, Y., Noblet, J., 2009. Influence of dietary fibre level and pelleting on the digestibility of energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *Anim.* 3, 352-359.
- Longland, A.C., Low, A.G., 1988. Digestion of diets containing molassed or plain sugar-beet pulp by growing-pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 23, 67-78.
- Martín García, A.I., Moumen, A., Yañez-Ruiz, D.R., Molina Alcaide, E., 2003. Chemical composition and nutrients availability for goats and sheep of two-stage olive cake and olive leaves. *Anim. Feed Sci. Technol.* 107, 61-74.
- MAGRAMA, 2014. Datos estadísticos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <http://www.magrama.gob.es/es/>

- Mas, G., Llavall, M., Coll, D., Roca, R., Diaz, I., Gispert, M., Oliver, M.A., Realini, C.E., 2010. Carcass and meat quality characteristics and fatty acid composition of tissues from Pietrain-crossed barrows and gilts fed an elevated monounsaturated fat diet. *Meat Sci.* 85, 707-714.
- Noblet, J., Bontems, V., Tran, G., 2003. Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. *Inra Prod. Anim.* 16, 197-210.
- Palomo, A., 2008. Tendencias en alimentación porcina. I Congreso de la Asociación Nacional de Veterinarios de Porcino. Zaragoza, España.
- Rhee, K.S., Davidson, T.L., Knabe, D.A., Cross, H.R., Ziprin, Y.A., Rhee, K.C., 1988. Effect of dietary high-oleic sunflower oil on pork carcass traits and fatty acid profile of raw tissues. *Meat Sci.* 24, 249-260.
- Rupić, V., Jerković, I., Bozac, R., Glowattzky, D., Mužić, S., Hrabak, V., 1997. Olive by-products in pig fattening. *Acta Vet. Hung.* 45, 53-66.
- Saavedra, M., 2007. Biodegradación de alperujo utilizando hongos del género *Pleurotus* y anélidos de la especie *Eisenia foetida*. Tesis doctoral. Universidad de Granada, España.
- Santomá, G., 1997. ¿Máximo de fibra en cerdos de cebo? Factores que influyen sobre el rendimiento de la canal. En: de Blas, C., Rebollar P., Mateos G.G. (Eds.), XIII Curso de Especialización. FEDNA, Madrid, España, pp. 100-131.
- Suarez-Belloch, J., Sanz, M.A., Joy, M., Latorre, M.A., 2013. Impact of increasing dietary energy level during the finishing period on growth performance, pork quality and fatty acid profile in heavy pigs. *Meat Sci.* 93, 796-801.

- Sukhija, P.S., Palmquist, D.L., 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *J. Agri. Food Chemist.* 36, 1202-1206.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.
- Vargas-Bello-Pérez, E., Vera, R.R., Aguilar, C., Lira, R., Peña, I., Fernández, J., 2013. Feeding olive cake to ewes improves fatty acid profile of milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 184, 94-99.
- Vega, A., Poppi, D.P., 1997. Extent of digestion and rumen condition as factors affecting passage of liquid and digesta particles in sheep. *J. Agric. Sci.* 128, 207-215.
- Wood, J.D., Enser, M., 1997 Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British J. Nutr.* 78, S49-S60.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78, 343-358.
- Wyszcecki, G., Stiles, W.S., 1982. *Color Science: quantitative data and formula*, 2nd ed. Concepts and methods, John Wiley, New York.