

## Interacciones entre aceites ácidos esterificados saturados e insaturados en la alimentación de pollos de carne. 2. Efecto sobre la composición en ácidos grasos y su distribución en la posición sn-2

A. TRES\*, J. ZOLDAN, R. BUONFIGLIO, N. MAGRINYA, R. BOU, F. GUARDIOLA, S. LLOBET y R. CODONY

Departament de Nutrició i Bromatologia-XaRTA-INSA, Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona, España. \*e-mail: [atres@ub.edu](mailto:atres@ub.edu)

Los aceites ácidos esterificados químicamente resultan de la reacción entre dos co-productos de bajo coste: el glicerol y los aceites ácidos, ricos en ácidos grasos libres. La incorporación de estos nuevos aceites en la alimentación de pollos de carne permite alcanzar resultados productivos similares a los de los aceites convencionales, aunque sus propiedades físico-químicas sean distintas. Por otro lado, es conocido que las fuentes de grasa insaturadas tienen un mayor valor nutricional en comparación con las saturadas, y que su uso influye en la calidad del producto final. De forma general, se considera que los aceites esterificados modifican la proporción de los diversos ácidos grasos situados en la posición sn-2 de los triglicéridos, por lo que la digestión y absorción de los mismos en el pollo puede conducir a modificaciones en la composición en ácidos grasos de la carne y tejido adiposo. El objetivo del presente estudio fue establecer las diferencias que se obtienen al combinar el aceite ácido esterificado de palma, rico en ácidos grasos saturados (AGS: 54%; AGMI: 38%; AGPI: 8%) con un aceite ácido esterificado de soja, rico en ácidos grasos insaturados (AGS: 15%; AGMI: 40%; AGPI: 46%), en relación con la composición global en ácidos grasos de la carne y de la grasa abdominal de pollo, así como sobre su distribución en la posición sn-2. Para ello, 120 pollos hembra Ross 308 de 1 día, se distribuyeron al azar en 30 jaulas. Los 5 tratamientos utilizados, resultaron de la formulación de un pienso base al que se incorporó un 6% de diversas combinaciones de aceite ácido esterificado de palma (PE) y aceite ácido esterificado de soja (SE) en las siguientes proporciones: T1: 100% PE; T2: 75% PE/25% SE; T3: 50% PE/50% SE; T4: 25% PE/75% SE; T5: 100% SE. Los resultados en carne muestran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, que se resumen en un incremento de los ácidos grasos saturados y una disminución de los poliinsaturados, cuando los aceites de soja son substituidos por los correspondientes de palma ( $p < 0,05$ ). Además, las proporciones de ácido palmítico y esteárico en la posición sn-2 de los triglicéridos se ven significativamente incrementada cuando se realiza esta substitución ( $p < 0,05$ ).

**Palabras clave:** composición en ácidos grasos; ácidos grasos en posición sn-2; aceites ácidos esterificados; ácidos grasos poliinsaturados; ácidos grasos saturados; carne de pollo; grasa abdominal

Random re-esterified acid oils are the obtained by the chemical reaction of two low-cost products glycerol and acid oils rich in free fatty acids. The addition of these re-esterified oils in broiler feeding leads to productive results similar to those of native oils, despite their different physic-chemical characteristics. It is considered that the proportion of each fatty acid at the sn-2 position of the triacylglycerol is modified in random esterified acid oils. Therefore, their digestion and absorption in chicken might lead to modifications in the fatty acid composition of meat and adipose tissue. On the other hand, it is well known that unsaturated fats have a higher nutritional value in comparison with

saturated fats, and that their use might influence the nutritional quality of the final products. The aim of this study was to establish the differences obtained in meat and adipose tissue fatty acid composition when a random re-esterified palm oil, rich in saturated fatty acids (AGS: 54%; AGMI: 38%; AGPI: 8%) was added to feed together with different proportions of a random re-esterified soybean oil, rich in unsaturated fatty acids (AGS: 15%; AGMI: 40%; AGPI: 46%). Also, their effects on the distribution of the fatty acids on the triacylglycerols were assessed. A total of 120 female broiler Ross 308 of 1 day were randomly distributed in 30 cages. Five different dietary treatments were assayed, by adding to a basal feed a total of 6% of random re-esterified oil by combining re-esterified palm acid oil (PE) and re-esterified soybean acid oil (SE) at the following proportions: T1: 100% PE; T2: 75% PE/25% SE; T3: 50% PE/50% SE; T4: 25% PE/75% SE; T5: 100% SE. Meat fatty acid composition results showed statistically significant differences between dietary treatments, consisting of an increase in saturated fatty acids and a decrease on unsaturated fatty acids when SE was substituted by increasing amounts of PE. Moreover, the proportions of palmitic and stearic acid at the sn-2 position of the TAG were increased as well.

**Keywords:** fatty acid composition; fatty acids at the sn-2 position of triacylglycerols; esterified acid oils; saturated fatty acids; chicken meat

## Introducción

La incorporación de aceites o grasas en pienso es una práctica habitual en alimentación animal para aumentar el valor energético de los mismos. La selección de una u otra grasa afectará no sólo al coste de producción del pienso y al crecimiento del animal, sino también a la calidad nutricional de la carne pues es bien sabido que la composición en ácidos grasos del pienso influye sobre la composición en ácidos grasos de la carne (Bou *et al.*, 2009). Recientemente varios estudios han mostrado como la utilización de ciertos co- y sub-productos de la refinación de aceites pueden ser utilizados en alimentación de pollos (Nuchi *et al.*, 2009; Tres *et al.*, 2012; Tres *et al.*, 2013). Un ejemplo son los aceites ácidos ya que son ricos en grasa y presentan un bajo coste en comparación con los respectivos aceites nativos (Parini y Cantini, 2009). Su reutilización en pienso supondría además una ventaja desde el punto de vista medioambiental. Sin embargo, la mayor parte de su fracción grasa está formada por ácidos grasos libres hecho que puede hacer que presenten una menor digestibilidad en comparación con los respectivos aceites nativos cuya fracción grasa se encuentra mayormente en forma de triglicéridos (Wiseman, 1984). Éste hecho puede ser incluso más remarcable en aquellos aceites ácidos ricos en ácidos grasos saturados, pues al estar éstos libres en el tracto intestinal precipitan fácilmente formando jabones cálcicos no absorbibles.

La re-esterificación química de aceites ácidos con glicerol se ha propuesto como alternativa para mejorar la utilización de estos aceites (Parini y Cantini, 2008; 2009). Con esta re-esterificación se forman nuevos triglicéridos lo que disminuye el contenido en ácidos grasos libres en el producto y en consecuencia, podría aumentar su digestibilidad. Sin embargo, la re-esterificación química es un proceso en el que los ácidos grasos se distribuyen en las tres posiciones de glicerol al azar, mientras que en los aceites nativos esta distribución no es al azar y esta genéticamente determinada. Por ello, es posible que el aceite re-esterificado presente un aumento de la proporción de ácidos grasos saturados en la posición 2 de los triglicéridos. Al estar colocados en esta posición, éstos serían además más fácilmente absorbibles. Si este hecho llegara a suponer un incremento de los ácidos grasos saturados en la carne de pollo, no sería conveniente desde el punto de vista nutricional, pues las recomendaciones se dirigen a reducir el consumo de ácidos grasos saturados (Food Nutrition Board, 2005). Esto abre la necesidad de verificar si la incorporación en pienso de aceites re-esterificados químicamente produce cambios en la calidad nutricional de la carne de pollo, especialmente en lo que se refiere a la

composición en ácidos grasos de la carne y su distribución en las distintas posiciones de los triglicéridos. Además, este hecho podría llegar a ser más o menos relevante en función del grado de insaturación de los aceites ácidos, por lo que combinación de aceites re-esterificados de distinto grado de insaturación podría afectar de forma distinta a la calidad nutricional de los productos.

El objetivo del presente estudio fue evaluar si distintas proporciones de dos aceites ácidos re-esterificados de distinto grado de insaturación (palma –PE; y soja –SE) producen cambios en la composición en ácidos grasos de la carne y tejido adiposo de pollo, tanto en grasa total como en la posición sn-2 de los glicéridos.

## Material y métodos

Se utilizaron dos aceites ácidos re-esterificados químicamente, caracterizados por tener distinto grado de insaturación: uno elaborado a partir de un aceite ácido de palma (PE) y el otro a partir de un aceite ácido de soja (SE). Los aceites fueron producidos por SILO, S.L. (Italia). Estos dos aceites se mezclaron en las siguientes proporciones, obteniéndose 5 tratamientos dietéticos distintos: T1: 100% PE; T2: 75% PE:25% SE; T3: 50% PE:50% SE; T4: 25% PE:75% SE; T5: 100% SE. Los aceites se incorporaron (6% p/p) a un pienso basal, formulado para cubrir las necesidades nutricionales del animal (NRC, 1994) (Tabla 1). Los piensos fueron elaborados en la fábrica de pienso del centro Mas Bové del IRTA (Reus, España). De cada uno de ellos se tomaron muestras para su posterior análisis, y se almacenaron tras su homogeneización envasados en bolsas (Cryovac BB325; Cryovac Europe, Sealed Air S. L., Sant Boi de Llobregat, España, 20 g pienso por bolsa) al vacío a -20°C.

**Tabla 1 Composición del pienso basal utilizado entre los días 20 y 41 de crecimiento.**

Ingrediente	%
Trigo	44,8
Harina de soja (48%)	27,71
Cebada	18,26
Aceite de soja	6
Fosfato dicálcico	1,33
Carbonato cálcico	0,86
Cloruro sódico	0,35
Complemento vitamínico-mineral <sup>a</sup>	0,30
DL-metionina	0,18
L-lisina HCl	0,11
Suplemento enzimático <sup>b</sup>	0,05
Etoxiquina 66% (a 0.02%)	0,02
L-treonina	0,02

<sup>a</sup> Proporciona por kg de pienso: vitamina A (E-672) 13500 UI; vitamina D3 (E-671) 4800 UI; vitamina E (alfa-tocoferol) 45 mg; vitamina B1 3 mg; vitamina B2 9 mg; vitamina B6 4.5 mg; vitamina B12 16,5 µg; vitamina K3 3 mg; pantotenato de calcio 16,5 mg; ácido nicotínico 51 mg; ácido fólico 1,8 mg; biotina 30 µg; Fe (E-1) (procedente de FeSO4·7H2O) 54 mg; I (E-2) (procedente de Ca(I2O3)2) 1,2 mg; Co (E-3) (procedente 2CoCO3·3Co(OH)2·H2O) 0,6 mg; Cu (E-4) (procedente CuSO4·5H2O) 12 mg; Mn (E-5) (procedente MnO) 90 mg; Zn (E-6) (procedente ZnO) 66 mg; Se (E-8) (procedente Na2SeO3) 0,18 mg; Mo (E-7) ((NH4)6Mo7O24) 1,2 mg.

<sup>b</sup> beta-glucanasa 350 UI; xilanasa 1125 UI

Un total de 120 pollos hembra Ross 308 de 1 día, se distribuyeron al azar en 30 jaulas, por lo que cada tratamiento fue replicado 6 veces (1 jaula corresponde a una unidad experimental). Tras 40 días de crecimiento se procedió al sacrificio de los animales. De cada animal de cada jaula se obtuvo la carne (sin piel) de uno de sus muslos. La carne del muslo de los 4 animales de una misma jaula se homogeneizó (utilizando una trituradora de cuchillas) y se repartió en bolsas (Cryovac BB325) para ser almacenada envasada al vacío a -20°C hasta el análisis. Todo el proceso obtuvo la autorización del comité ético de la Universitat Autònoma de Barcelona y siguió las indicaciones de la Unión Europea.

La determinación de la composición en ácidos grasos de la carne se realizó por cromatografía de gases, previa extracción de la fracción lipídica y obtención de los ésteres metílicos de los ácidos grasos, tal y como se describe en Bou *et al.* (2004). Para la determinación de la composición en ácidos grasos

en posición sn-2 de los triglicéridos, se realizó una reacción de la fracción lipídica extraída con lipasa pancreática porcina (Sigma-Aldrich Co. LLC.) para hidrolizar aquellos ácidos grasos en las posiciones sn-1 y sn-3 del triglicérido y obtener el 2-monoglicérido (Sahin *et al.*, 2005). Éste fue aislado mediante cromatografía en capa fina, tal y como describen Sahin *et al.*, (2005). Posteriormente se obtuvieron los ésteres metílicos de los ácidos grasos de los 2-monoglicéridos (Bou *et al.*, 2004) y se procedió a su determinación por cromatografía de gases.

Para la determinación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se utilizó un cromatógrafo Agilent 4890D equipado con un detector de ionización de lama (FID). La separación se realizó utilizando una columna polar capilar (SP-2380™; 60 m x 0,25 mm i.d., 0.2 µm) de Supelco (Bellefonte, PA, USA). El volumen de muestra inyectado fue 1 µl en un inyector tipo split-splitless trabajando en modo “split” a 1:30. La temperatura del inyector fue de 270°C, y la del detector fue de 300°C. Para la separación de los ésteres metílicos, se siguió la siguiente secuencia de temperaturas en el horno: temperatura inicial 150 °C durante 2 min; aumento a 1,5 °C/min hasta 180 °C; aumento de 7,5 °C/min hasta 220 °C a la que se mantuvo durante 6 minutos; aumento a 5 °C/min hasta 250 °C, temperatura a la que se mantuvo durante 6 minutos. Se utilizó helio como gas portador. Los picos se identificaron por comparación de tiempo de retención con el de un patrón de ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME 37 Supelco). La cuantificación se llevó a cabo por normalización interna, tanto para la composición en ácidos grasos total como para la composición en ácidos grasos en posición sn-2 (% de cada ácido graso / total de ácidos grasos). Finalmente se calculó para cada ácido graso, la proporción de éstos en posición sn-2 respecto a su proporción en el triglicérido intacto, de acuerdo a la fórmula propuesta por Mattson y Volpenhein (1961).

Estadística: Para la evaluación de los resultados se calculó un Análisis de Componentes Principales (PCA) utilizando el software SIMCA (v13.0, Umetrics AB), tras un auto-escalado de los datos. Se realizó un PCA distinto para cada grupo de resultados: composición en ácidos grasos totales en carne, composición en ácidos grasos en posición sn-2 en carne. Posteriormente se utilizó el Análisis de la Varianza (ANOVA) para evaluar si el tipo de aceite incorporado en pienso influyó significativamente en la composición en ácidos grasos totales en carne, y en la composición en ácidos grasos en posición sn-2 de los triglicéridos. El test de Scheffé se utilizó como test post-hoc para evaluar las diferencias encontradas. El software utilizado fue IBM SPSS (v18.0, IBM Inc.)

## Resultados y discusión

La composición en ácidos grasos (mayoritarios) de los piensos correspondientes a los 5 tratamientos se muestra en la Tabla 2. Los resultados muestran, tal y como era de esperar, que la sustitución de aceite PE por SE dio lugar a mayores contenidos en ácidos grasos poliinsaturados, y a una reducción en los ácidos grasos saturados.

**Tabla 2 Composición en ácidos grasos de los piensos utilizados en cada tratamiento (n=3)**

	Tratamiento (% PE:% SE)				
	100%:0%	75%:25%	50%:50%	25%:75%	0%:100%
AGS	47.0	39.5	31.7	24.3	16.7
AGMI	32.7	32.9	33.4	33.4	34.3
AGPI	20.1	27.5	34.7	41.7	48.9

AGS, ácidos grasos saturados; AGMI, ácidos grasos monoinsaturados; AGPI, ácidos grasos poliinsaturados

La carne de pollo procedente de cada uno de los cinco tratamientos ensayados presentó una composición en ácidos grasos totales distinta a la de carne procedente de otros tratamientos, tal y como queda reflejado en el PCA (*Figura 1*). En éste se observó que existió una clara tendencia de las muestras pertenecientes a un mismo tratamiento a agruparse quedando diferenciadas de las muestras de otros grupos. Además, al comparar los dos gráficos de la *Figura 1* se evidenció que esta diferencia sigue un claro patrón: la proporción de ácidos grasos poliinsaturados como por ejemplo C18:3n-3,

C18:2n-6, C20:4n-6 o C22:6n-3, entre otros, son más relevantes en las muestras de carne procedentes de animales alimentados con piensos en los que hay más proporción de aceite SE que PE; mientras que ácidos grasos como el C18:1n-9, C16:0 o C18:0 son más relevantes cuando los piensos contenían más proporción de PE que de SE.

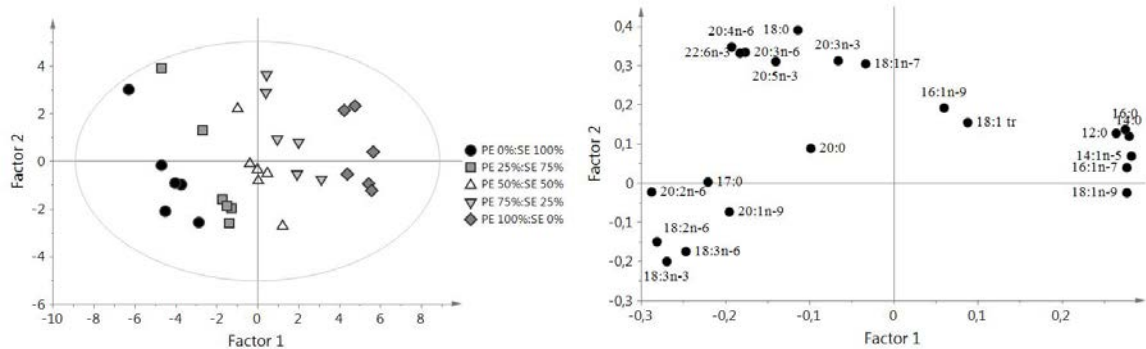


Figura 1 Gráficos de PCA (Izquierda, “scores”-muestras; Derecha, “loadings”-variables) obtenidos a partir de los datos de composición en ácidos grasos totales en carne de pollo (68.6% varianza explicada mediante los 2 factores).

Estos resultados de PCA quedaron confirmados mediante el ANOVA. La mayoría de los ácidos grasos poliinsaturados aumentó de forma significativa y la mayoría de los ácidos grasos saturados disminuyó (también de forma significativa) a medida que el aceite PE fue sustituido por el aceite SE en pienso ( $P < 0,05$ ) (Tabla 3). Estos resultados están de acuerdo con estudios previos realizados con aceites nativos (no re-esterificados) que mostraron que la composición en ácidos grasos de la carne de pollo (y otros animales) está influenciada por la composición en ácidos grasos del pienso (Bou *et al.*, 2009).

Tabla 3 Composición en ácidos grasos totales de la carne (%; se presentan sólo aquellos ácidos grasos  $>1\%$ ) (n=30)

	Tratamiento (%PE:%SE)					e.s.m.	P
	100%:0%	75%:25%	50%:50%	25%:75%	0%:100%		
C16:0	27,75 e	26,19 d	24,35 c	22,11 b	19,73 a	0,181	0,000
C18:0	6,38	6,77	6,72	6,67	6,60	0,159	0,470
Total AGS	35,50 e	34,13 d	32,10 c	29,64 b	27,04 a	0,269	0,000
C16:1 n-7	5,26 d	4,48 c	4,15 bc	3,90 ab	3,55 a	0,112	0,000
C18:1 n-9	40,41 c	38,38 b	37,95 b	36,99 ab	36,39 a	0,327	0,000
C18:1 n-7	2,31	2,29	2,25	2,28	2,32	0,041	0,672
Total AGMI	49,05 d	46,18 c	45,33 bc	44,18 ab	43,27 a	0,401	0,000
C18:2 n-6	12,36 a	15,70 b	18,28 c	21,37 d	24,25 e	0,221	0,000
C20:4 n-6	1,13	1,52	1,40	1,50	1,59	0,117	0,080
Total n-6 AGPI	14,00 a	17,88 b	20,36 c	23,60 d	26,67 e	0,267	0,000
C18:3 n-3	0,86 a	1,23 b	1,63 c	1,99 d	2,40 e	0,038	0,000
Total n-3 AGPI	1,08 a	1,50 b	1,88 c	2,27 d	2,69 e	0,027	0,000
Total AGPI	15,08 a	19,37 b	22,24 c	25,87 d	29,36 e	0,286	0,000

AGS, ácidos grasos saturados; AGMI, ácidos grasos monoinsaturados; AGPI, ácidos grasos poliinsaturados; e.s.m., error estándar de la media

a,b,c,d,e Aquellos valores señalados con letras distintas para un mismo ácido graso son diferentes estadísticamente ( $P < 0,05$ ).

Una tendencia similar se observó para la composición en ácidos grasos en la posición sn-2 de los triglicéridos, ya que ésta presentaba más ácidos grasos poliinsaturados y menos monoinsaturados y saturados cuanto más aceite PE era sustituido por aceite SE en pienso (Tabla 4). Sin embargo, las diferencias entre los cinco tratamientos fueron menos pronunciadas (Figura 2).

Tabla 4 Composición en ácidos grasos en la posición sn-2 de los triglicéridos de la carne (%; se presentan sólo aquellos ácidos grasos  $>1\%$ ) (n=28)

Tratamiento (%PE:%SE)

P

	100%:0%	75%:25%	50%:50%	25%:75%	0%:100%	e.s.m.	
C16:0	22,06 d	20,41 d	17,87 c	15,28 b	12,93 a	0,455	0,000
C18:0	5,27	4,68	5,10	4,61	4,16	0,278	0,078
AGS	28,61 d	26,12 cd	23,98 bc	20,84 ab	17,71 a	0,687	0,000
C16:1 n-7	3,30 b	2,74 ab	2,63 a	2,66 a	2,41 a	0,127	0,001
C18:1 n-9	49,43 b	46,17 ab	45,96 ab	44,57 a	43,53 a	0,809	0,000
C18:1 n-7	1,66	1,66	1,51	1,66	1,63	0,051	0,294
AGMI	54,95 b	51,07 b	50,61 ab	49,76 a	48,11 a	0,938	0,001
C18:2 n-6	14,23 a	20,37 b	22,39 bc	25,78 cd	30,22 d	0,957	0,000
n-6 AGPI	14,83 a	21,25 b	23,14 bc	26,73 cd	31,30 d	0,949	0,000
C18:3 n-3	0,87 a	0,98 a	1,57 b	1,88 b	2,29 c	0,084	0,000
n-3 AGPI	0,98 a	1,20 a	1,73 b	2,05 b	2,54 c	0,075	0,000
AGPI	15,81 a	22,45 b	24,87 bc	28,78 c	33,84 c	0,930	0,000

AGS, ácidos grasos saturados; AGMI, ácidos grasos monoinsaturados; AGPI, ácidos grasos poliinsaturados; e.s.m., error estándar de la media

a,b,c,d,e Aquellos valores señalados con letras distintas para un mismo ácido graso son diferentes estadísticamente ( $P < 0,05$ ).

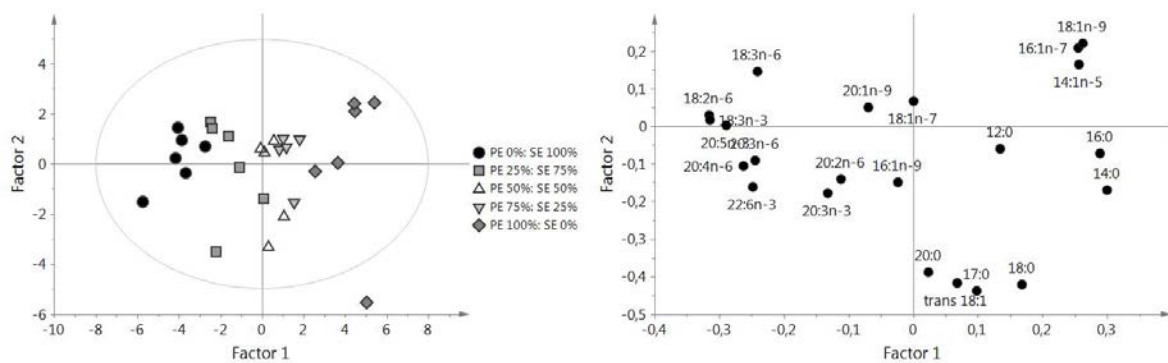


Figura 2 Gráficos de PCA (Izquierda, “scores”-muestras; Derecha, “loadings”-variables) obtenidos a partir de los datos de composición en ácidos grasos en posición sn-2 en carne de pollo (57.6% varianza explicada mediante los 2 factores).

Por último, para cada ácido graso cuantificado se calculó en qué proporción se situó éste en la posición sn-2 de los triglicéridos (respecto a su contenido total en carne). Los resultados fueron muy interesantes puesto que se evidenció que en la carne de los animales alimentados con mayores cantidad de aceite PE, los ácidos grasos C12:0, C16:0 y C20:4n-6 tendían a acumularse más en la posición sn-2 de los triglicéridos (Tabla 5). Estos resultados se corresponden a resultados encontrados en cerdo que mostraron cómo al aumentar la cantidad total de palmítico en carne, la proporción de éste en posición sn-2 aumentaba de forma mucho más pronunciada que en las posiciones 1 y 3 (Christie y Moore, 1970).

**Tabla 5 Distribución de los ácidos grasos en los triglicéridos (proporción en posición sn-2 relativa a la cantidad total de ácido graso en carne) (n=28)**

	Tratamiento (%PE:%SE)					e.s.m.	P
	100%:0%	75%:25%	50%:50%	25%:75%	0%:100%		
C12:0	27.5 a	29.9 a	31.8 ab	31.5 ab	54.5 b	4.91	0.003
C16:0	26.7 b	28.2 b	24.7 ab	21.7 a	22.0 a	0.82	0.000
C18:0	25.6	22.6	25.3	22.2	21.2	0.73	0.001
C16:1 n-7	21.6	20.8	21.4	22.9	22.8	0.56	0.067
C18:1 n-9	41.1	40.9	40.5	41.2	40.7	0.60	0.691
C18:1 n-7	23.7	24.2	22.7	25.0	23.6	0.89	0.543
C18:2 n-6	40.3	38.8	41.5	41.3	41.8	0.90	0.137
C20:4 n-6	7.1 a	10.5 ab	10.3 ab	11.3 b	12.3 b	0.84	0.003
C18:3 n-3	35.9	30.9	32.8	31.9	32.1	1.44	0.191

e.s.m., error estándar de la media

a,b Aquellos valores señalados con letras distintas para un mismo ácido graso son diferentes estadísticamente ( $P < 0,05$ ).

## Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (España) mediante el proyecto AGL-2010-22008. Además se ha obtenido financiación adicional de la “Secretaria per a Universitats i Recerca de la Generalitat de Catalunya” (España) y la Unión Europea mediante el programa post-doctoral Beatriu de Pinós - Marie Curie COFUND concedido a A. Tres (ref 2011 BP-B 00113), y el “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” de Brasil que financió la estancia de pregrado de J. Zoldan en la UB. Los autores quieren expresar su agradecimiento a los investigadores de la Universitat Autònoma de Barcelona y del IRTA que han participado en este proyecto.

## Referencias

- BOU, R., CODONY, R., TRES, A., GUARDIOLA, F. y DECKER, E. A.** (2009). Dietary strategies to improve nutritional value, oxidative stability and sensory properties of poultry products. *Critical Reviews in Food Science and Technology*, **49**: 800-822.
- BOU, R., GUARDIOLA, F., TRES, A., BARROETA, A. C. y CODONY, R.** (2004). Effect of dietary fish oil, alpha-tocopherol acetate, and zinc supplementation on the composition and consumer acceptability of chicken meat. *Poultry Science*, **83**: 282-292.
- CHRISTIE, W.W. y MOORE, J.H.** (1970) *Lipids*, **5**: 921-928.
- FOOD AND NUTRITION BOARD** (2005). *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids (Macronutrients)*. The National Academies Press, Washington, D.C.
- MATTSON, F. H. y VOLPENHEIN, R. A.** (1961). The specific distribution of fatty acids in the glycerides of vegetable fats. *The Journal of biological chemistry*, **236**: 1891-1894.
- NRC** (National Research Council) 1994. *Nutrient requirements for poultry*.
- NUCHI, C. D., GUARDIOLA, F., BOU, R., BONDIOLI, P., DELLA BELLA, L., y CODONY, R.** (2009). Assessment of the levels of degradation in fat co- and byproducts for feed uses and their relationship with some lipid composition parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **57**: 1952-1959.
- PARINI, M. y CANTINI, F.** Aspetti socio-economici legati all'impiego di co-prodotti di origine lipidica nell'alimentazione zootecnica. Parte I. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, Anno LXXXII N° 4 (2008) 245-265
- PARINI, M. y CANTINI, F.** (2009). Socio-economical features on the application of co-products of lipidic source for animal feeding - Part II. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, **86**: 49-67.
- SAHIN, N., AKOH, C. C. y KARAALI, A.** (2005). Lipase-catalyzed acidolysis of tripalmitin with hazelnut oil fatty acids and stearic acid to produce human milk fat substitutes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**: 5779-5783.
- TRES, A., BOU, R., GUARDIOLA, F., NUCHI, C. D., MAGRINYÀ, N. y CODONY, R.** (2013). Use of recovered frying oils in chicken and rabbit feeds: Effect on the fatty acid and tocol composition and on the oxidation levels of meat, liver and plasma. *Animal*, **7**: 505-517.
- TRES, A., NUCHI, C. D., MAGRINYÀ, N., GUARDIOLA, F., BOU, R. y CODONY, R.** (2012). Use of palm-oil by-products in chicken and rabbit feeds: Effect on the fatty acid and tocol composition of meat, liver and plasma. *Animal*, **6**: 1005-1017.
- WISEMAN, J.** (1984). *Fats in animal nutrition*. United Kingdom: Butterworths.