

# Factores que intervienen en la digestión y absorción de aceites ácidos esterificados de palma en la ración de pollos de carne

E. VILARRASA<sup>1\*</sup>, L. BAYÉS-GARCÍA<sup>2</sup>, T. CALVET<sup>2</sup> y A.C. BARROETA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grup de Nutrició, Maneig i Benestar Animal, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, España;

<sup>2</sup>Laboratori d'Aliatges Moleculars, Departament de Cristal·lografia, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona, España

\* Autor corresposal: [ester.vilarrasa@gmail.com](mailto:ester.vilarrasa@gmail.com)

---

Los aceites ácidos esterificados resultan de la unión de los ácidos grasos libres, procedentes de la refinación de los aceites, con glicerol. Estas materias grasas, en comparación con sus respectivos aceites convencionales, presentan nuevas características físico-químicas que pueden modificar su utilización nutritiva. Esta modificación puede ser positiva, gracias a la presencia de monoglicéridos (MG) y diglicéridos (DG), y a la diferente posición de los ácidos grasos en las moléculas de triglicéridos (TG). Sin embargo, el hecho de que el proceso de esterificación química al azar de lugar a formas cristalinas más estables y genere mezclas complejas de TG, DG y MG, implica que los aceites ácidos esterificados presenten un intervalo de fusión más amplio, lo que puede afectar negativamente a los procesos de digestión y absorción de estas nuevas grasas. Dado que se desconoce el impacto de cada uno de estos factores, el objetivo del presente estudio fue caracterizar distintos tipos de aceites ácidos esterificados de palma y comparar su utilización nutritiva con su respectivo aceite convencional, en pollos de carne. Para ello, 96 pollos hembra Ross 308 de 1 día de vida se distribuyeron al azar en 24 jaulas. Los 4 tratamientos utilizados resultaron de la formulación de un pienso base al que se incorporó un 6% de: aceite convencional de palma (P), aceite ácido esterificado de palma (PE), aceite ácido esterificado de palma bajo en MG y DG (PEB) y aceite ácido esterificado de palma alto en MG y DG (PEA). En relación a los parámetros productivos evaluados a los 13 días de vida, sólo se observaron diferencias para el consumo medio diario. Así, los animales del tratamiento PEA comieron menos que los del tratamiento PE ( $P = 0,01$ ). El balance de digestibilidad llevado a cabo entre los 7 y los 10 días de edad casi no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, aunque el comportamiento para todos los ácidos grasos siempre fue el mismo. Así, los animales del tratamiento P presentaron mayores valores de metabolibilidad para los ácidos grasos monoinsaturados que los del tratamiento PEA ( $P = 0,04$ ). Estos resultados pueden explicarse, en parte, por el índice de grasa sólida (IGS) de los aceites, analizado por calorimetría diferencial de barrido. Así, mientras el aceite P está completamente fundido a la temperatura corporal de los pollos (41,5 °C), el aceite PEA aún tiene un 16% de IGS a esta temperatura, por lo que su utilización se hace más difícil. En conclusión, los aceites ácidos esterificados de palma presentan un perfil en AG similar y un valor nutritivo equivalente al de su aceite convencional, pero a medida que aumenta su contenido en MG y DG no se produce una hipotética mejora de la metabolibilidad de la fracción lipídica, sino una disminución, posiblemente por el aumento del IGS.

---

**Palabras clave:** aceites ácidos esterificados; monoglicéridos; diglicéridos; índice de grasa sólida; balance de digestibilidad

---

Esterified acid oils are the result of the union of free fatty acids, deriving from oil refining, with glycerol. These fat sources, in comparison with their respective native oils, have new physico-chemical properties, which can modify their nutritive value. This change can be positive, due to the presence of monoglycerides (MG) and diglycerides (DG), and the different positional distribution of fatty acids in the triglycerides (TG). However, because the random chemical esterification process generates fats with more stable crystalline forms and complex blends of TG, DG and MG, melting occurs over a wider temperature range, which can negatively affect the digestion and absorption processes of these new fats. Since the impact for each of these factors is unknown, the aim of this study was to characterize different types of palm esterified acid oils and to compare their use with their respective native oil, in broiler chickens. Ninety-six 1-day-old female broiler chickens of Ross 308 strain were randomly distributed in 24 cages. The 4 treatments used were the result of a basal diet supplemented with 6% of: palm native oil (P), palm esterified acid oil (PE), palm esterified acid oil low MG and DG (PEL) and palm esterified acid oil high MG and DG (PEH). In relation to the growth performance parameters evaluated at 13 days of age, only differences for the average daily feed intake were observed. Thus, animals from PEH treatment ate less than those from PE treatment ( $P = 0.01$ ). The digestibility balance carried out between 7 and 10 days of age, showed almost no differences between treatments, although the behavior for all fatty acids was always the same. Thus, animals fed P treatment showed higher metabolicity values for monounsaturated fatty acids than those fed PEH treatment ( $P = 0.04$ ). These results can be explained, in part, by the solid fat index (SFI) of the oils, analyzed by differential scanning calorimetry. Thus, while P oil is completely melted at the chickens' body temperature (41,5 °C), PEH oil still has a 16% of SFI at this temperature, so its use becomes more difficult. In conclusion, palm esterified acid oils show a similar fatty acid profile and an equivalent nutritive value to its native oil. However, as MG and DG content increases, rather than get better metabolicity values of the lipid fraction, they decrease probably for the increase of the SFI.

---

**Key words:** esterified acid oils; monoglycerides; diglycerides; solid fat index; digestibility balance

## Introducción

Los procesos de digestión y absorción de grasas son procesos muy complejos, en los que intervienen diversos factores. Así, hasta el momento, para aves de una misma edad, era bien sabido que la absorción de las grasas dependía, en gran medida, de la longitud de cadena de sus ácidos grasos (AG) (Carey et al., 1983), de su grado de saturación (Blanch et al., 1996), así como de su contenido en AG libres (Wiseman and Salvador, 1991).

Pero más recientemente, han aparecido nuevas grasas técnicas, como los aceites ácidos esterificados (AAE) obtenidos a partir de la esterificación química al azar de los AG libres con el glicerol (ambos, subproductos obtenidos de la refinación de los aceites y de la industria del biodiesel, respectivamente). Así, se obtienen grasas con el mismo perfil de ácidos grasos, pero con nuevas propiedades físico-químicas, respecto a sus aceites convencionales de origen (Hunter, 2001).

De esta forma, a diferencia de los aceites convencionales en los que la mayoría de AG saturados (AGS) se sitúan en las posiciones externas (*sn*-1,3) de los triglicéridos (TG), en estas nuevas grasas los AG se sitúan de forma aleatoria (Berry, 2009). Esto implica que un 33% de los AGS se encuentren situados en la posición *sn*-2 de los TG y que, por lo tanto, después de la acción de la lipasa pancreática (específica para las posiciones *sn*-1,3), permanezcan en forma de 2-monoglicéridos en lugar de ser liberados como AG libres. De esta forma, se disminuye la pérdida de AGS en forma de jabones cálcicos por las heces (Bracco, 1994).

Por otro lado, en función de la relación AG:glicerol añadido al reactor y del tiempo de reacción, se pueden conseguir grasas con distintos porcentajes de mono- (MG) y diglicéridos (DG) que, según la bibliografía, son agentes emulsionantes que podrían favorecer los procesos de digestión y absorción (Garret and Young, 1975).

En conjunto, parece ser que el uso de AAE podría alcanzar o incluso superar la utilización nutritiva de los aceites convencionales. Sin embargo, el hecho de que en estos AAE se generen mezclas complejas de MG, DG y TG, y de que el proceso de esterificación química al azar de lugar a formas cristalinas más estables, implica que estas grasas fundan a temperaturas más elevadas, lo que puede perjudicar a los procesos de digestión y absorción de estas nuevas grasas (Berry, 2009).

Dado que se desconoce el impacto de cada uno de estos factores, el objetivo del presente estudio fue caracterizar distintos tipos de AAE de palma y comparar su utilización nutritiva con su respectivo aceite convencional, en pollos de carne.

## Material y métodos

### *Pienso y diseño experimental*

Los piensos experimentales fueron formulados para satisfacer o exceder las necesidades señaladas en FEDNA (2008) a partir de una dieta base (*Tabla 1*) suplementada con un 6% de uno de los 4 aceites objeto de estudio (proporcionadas por SILO S.p.a., Florencia, Italia). La fabricación de los piensos experimentales se llevó a cabo en la estación experimental del IRTA “Mas de Bover” (Reus, España).

**Tabla 1: Ingredientes y composición en nutrientes de los piensos experimentales.**

<i>Ingredientes (%)</i>	
Trigo	51,37
Harina de soja (48%)	38,58
Aceites experimentales <sup>1</sup>	6,00
Fosfato dicálcico	1,69
Carbonato cálcico	1,30
Cloruro de sodio	0,40
Corrector mineral-vitamínico <sup>2</sup>	0,30
DL-Metionina	0,23
L-Lisina	0,07
Suplemento enzimático <sup>3</sup>	0,05
Etoxiquin 66%	0,02
<i>Composición en nutrientes analizada (% ± DE)</i>	
Energía bruta (kcal/kg de pienso ± DE)	4.233 ± 11,2
EMA (kcal/kg de pienso) ‡	2.914
Materia seca	90,5 ± 0,25
Cenizas	7,03 ± 0,141
Proteína bruta	24,1 ± 0,46
Extracto etéreo	7,54 ± 0,053
Fibra bruta	2,76 ± 0,065
<i>Composición en nutrientes calculada (%)</i>	
Lisina	1,30
Metionina	0,56
Metionina+Cisteína	0,95
Treonina	0,85
Ca <sup>2+</sup>	1,14
P disponible	0,45
Na <sup>+</sup>	0,17

<sup>1</sup> Aceite convencional de palma, aceite ácido esterificado de palma, aceite ácido esterificado de palma bajo en MG i DG y aceite ácido esterificado de palma alto en MG y DG, para los tratamientos P, PE, PEB y PEA, respectivamente.

<sup>2</sup> Proporciona por kg de pienso: vitamina A (E-672) 13500 UI; vitamina D<sub>3</sub> (E-671) 4800 UI; vitamina E (alfa-tocoferol) 45 mg; vitamina B<sub>1</sub> 3 mg; vitamina B<sub>2</sub> 9 mg; vitamina B<sub>6</sub> 4,5 mg; vitamina B<sub>12</sub> 16,5 µg; vitamina K<sub>3</sub> 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 FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) 54 mg; I (E-2) (procedente de Ca(I<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 1,2 mg; Co (E-3) (procedente 2CoCO<sub>3</sub>·3Co(OH)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O) 0,6 mg; Cu (E-4) (procedente CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) 12 mg; Mn (E-5) (procedente MnO) 90 mg; Zn (E-6) (procedente ZnO) 66 mg; Se (E-8) (procedente Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>) 0,18 mg; Mo (E-7) ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>) 1,2 mg.

<sup>3</sup> Proporción por kg de pienso: β-glucanasa 350 UI; xilanasas 1125 UI.

‡ Calculado

Los 4 tratamientos utilizados se detallan a continuación:

**P:** ración con 6% de aceite convencional de palma (18,4% MG+DG)

**PE:** ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma (12,9% MG+DG)

**PEB:** ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma bajo en MG y DG (31,6% MG+DG)

**PEA:** ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma alto en MG y DG (46,8% MG+DG)

### *Animales e instalaciones*

Un total de 96 pollos hembra de la estirpe Ross 308 (Pondex, S.A.U. Juneda, España) de un día de edad, se identificaron individualmente, se agruparon según peso vivo y se distribuyeron al azar en los 4 tratamientos experimentales. El ensayo se llevó a cabo en la granja experimental del *Servei de Granges i Camps Experimentals* de la *Universitat Autònoma de Barcelona* y fue aprobado por el Comité de Ética de la misma institución.

Durante la primera semana de vida, los pollitos se alojaron en un espacio acondicionado en el suelo, a razón de 12 pollitos por corral y 2 réplicas por tratamiento; y a partir del día 6 de vida se distribuyeron en 24 jaulas, a razón de 4 aves por jaula y 6 réplicas por tratamiento, hasta los 13 días de edad. A lo largo de todo el experimento se realizaron controles de las condiciones ambientales y la administración de agua y pienso fue *ad libitum*.

### *Controles de producción, recogida de muestras y determinaciones analíticas*

A lo largo de todo el periodo experimental, se realizaron controles de ingestión de pienso y peso de los animales para determinar el consumo medio diario (CMD), la ganancia media diaria (GMD) y el índice de transformación del alimento (IT).

Las muestras de pienso se analizaron para el análisis proximal, siguiendo los procedimientos propuestos por la AOAC (2005). También se determinó la energía bruta mediante calorímetro adiabático (IKA C-4000, Janke-Kunkel, Staufen, Alemania) y se cuantificaron los ácidos grasos aplicando la técnica de transesterificación directa (Sukhija and Palmquist, 1988). La composición nutritiva de las dietas experimentales se muestra en la *Tabla 1*, y su composición en ácidos grasos en la *Tabla 2*.

**Tabla 2: Composición en ácidos grasos de los piensos experimentales.**

	Tratamientos <sup>1</sup>				
	P	PE	PEB	PEA	
<i>Ácidos grasos</i>	<i>(mg AG/g de pienso)</i>				
C12:0	-	-	0,66	0,40	
C14:0	0,78	0,67	0,88	0,77	
C16:0	27,56	28,23	28,21	26,50	
C18:0	3,29	3,32	3,34	3,38	
C18:1n9c	24,31	25,55	22,47	22,24	
C18:1n11c	0,65	0,65	0,59	0,66	
C18:2n6c	16,62	16,45	15,71	16,15	
C18:3n3	1,42	1,35	1,39	1,40	
AGS	mg/g	31,63	32,22	33,10	31,06
	%	42,38	42,28	45,19	43,44
AGMI	mg/g	24,96	26,19	23,05	22,89
	%	33,44	34,37	31,47	32,01
AGPI	mg/g	18,04	17,79	17,10	17,55
	%	24,17	23,35	23,34	24,55
Total AG		74,64	76,20	73,25	71,50

<sup>1</sup> P: ración con 6% de aceite convencional de palma; PE: ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma; PEB: ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma bajo en MG y DG; PEA: ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma alto en MG y DG

AG: ácidos grasos; AGS: AG saturados; AGMI: AG monoinsaturados; AGPI: AG poliinsaturados

Nota: El símbolo "-" indica valor no detectado.

Entre los 7 y 10 días de vida se llevó a cabo un balance de digestibilidad con recogida total de excretas. Se liofilizó (Kinetic Thermal System: condenser Dura-Dry. Model FD2055D0T000. US) una muestra representativa para realizar las determinaciones analíticas de humedad, cenizas, extracto etéreo, energía bruta y cuantificación de los ácidos grasos siguiendo los mismos métodos descritos para los piensos. Los valores de metabolibilidad aparente se calcularon a partir de la diferencia entre la cantidad ingerida y la cantidad excretada, expresada como porcentaje de la cantidad ingerida. En el caso de la energía metabolizable aparente, el porcentaje de metabolibilidad de la energía se multiplicó por la energía bruta del pienso correspondiente.

Para la caracterización de los aceites, se calculó el índice de grasa sólida (IGS) mediante el uso de las áreas parciales de fusión obtenidas por calorimetría diferencial de barrido (Perkin-Elmer Diamond calorimeter). La metodología y condiciones experimentales se encuentran descritas en Bayés-García, et al. (2011).

### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los distintos parámetros estudiados se utilizó el procedimiento GLM del SAS<sup>®</sup> (SAS Institute, 2008). El análisis de la varianza (ANOVA) se utilizó para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos, y las medias se compararon mediante el test de Tukey. La unidad experimental fue la jaula.

## Resultados y discusión

### Parámetros productivos

En la *Tabla 3* se muestran los resultados correspondientes a los parámetros productivos.

**Tabla 3: Parámetros productivos<sup>1</sup> de 0 a 13 días de edad según diferentes fuentes de grasa en la ración.**

	Tratamientos <sup>2</sup>				Estadísticos	
	P	PE	PEB	PEA	Root MSE	P-valores
CMD (g/d)	33,2 <sup>ab</sup>	33,8 <sup>a</sup>	32,4 <sup>ab</sup>	31,0 <sup>b</sup>	1,39	0,01
GMD (g/d)	24,2	23,9	22,7	22,3	1,40	0,07
IT - consumo:ganancia (g/g)	1,37	1,40	1,43	1,39	0,071	0,64
Peso vivo a los 13 d de edad (g)	359	357	342	336	22,4	0,24

<sup>1</sup> Los valores son *LSMeans* de 6 observaciones por tratamiento

<sup>2</sup> P: ración con 6% de aceite convencional de palma; PE: ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma; PEB: ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma bajo en MG y DG; PEA: ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma alto en MG y DG

<sup>a,b</sup> Valores dentro de la misma fila con superíndice distinto indican diferencias estadísticamente significativas,  $P \leq 0,05$

CMD: consume medio diario; GMD: ganancia media diaria; IT: índice de transformación

Tal y como se puede observar, sólo se vieron diferencias para el CMD. Así, los animales del tratamiento PEA comieron menos que los del tratamiento PE ( $P = 0,01$ ). De todas formas, también se observó una tendencia ( $P = 0,07$ ) para la GMD. En concordancia con el CMD, los animales del tratamiento PEA tendieron a crecer menos que los del tratamiento P ( $P = 0,11$ ). Obviamente, no se observó ninguna diferencia para el IT, pero tampoco para el peso vivo a los 13 d de vida.

### Balance de digestibilidad

En la *Tabla 4* se muestran los valores de metabolibilidad obtenidos en el balance realizado entre los 7-10 días de edad, periodo en que la capacidad para digerir los lípidos por parte de los pollos aún sigue comprometida.

Aunque casi no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, el comportamiento siempre fue el mismo. Así, tal y como se refleja en la metabolibilidad de los AG monoinsaturados (AGMI), y de su principal representante el ácido oleico, los animales del tratamiento P presentaron un mayor porcentaje de metabolibilidad que los del tratamiento PEA ( $P = 0,04$ ). Se observa la misma tendencia ( $P < 0,15$ ) para el resto de los AG y, obviamente, para el extracto etéreo.

**Tabla 4: Balance de digestibilidad<sup>1</sup> entre los 7 y 10 días de edad según diferentes fuentes de grasa en la ración**

	Tratamientos <sup>2</sup>				Estadísticos	
	P	PE	PEB	PEA	Root MSE	P - valores
EMA (Kcal/Kg)	2.972	2.880	2.891	2.887	89,4	0,43
		% metabolizabilidad <sup>3</sup>				
EE	54,5	44,4	45,8	39,2	9,97	0,17
AG totales	54,5	47,5	47,5	38,9	9,18	0,11
AGS	44,5	39,4	41,1	31,5	9,17	0,17
C16:0	46,1	41,1	41,8	32,7	9,03	0,15
C18:0	31,1	26,5	27,3	17,1	10,21	0,19
AGMI	62,5 <sup>a</sup>	53,9 <sup>ab</sup>	53,9 <sup>ab</sup>	43,8 <sup>b</sup>	9,75	0,06
C18:1n9c	63,2 <sup>a</sup>	54,6 <sup>ab</sup>	54,7 <sup>ab</sup>	45,3 <sup>b</sup>	9,53	0,07
AGPI	60,6	52,8	51,2	45,7	8,76	0,11
C18:2n6c	60,2	52,5	50,7	45,2	8,87	0,11
C18:3n3	65,1	57,9	57,1	52,6	7,54	0,13

<sup>1</sup> Los valores son *LSMeans* de 6 observaciones por tratamiento

<sup>2</sup> P: ración con 6% de aceite convencional de palma; PE: ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma; PEB: ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma bajo en MG y DG; PEA: ración con 6% de aceite ácido esterificado de palma alto en MG y DG

<sup>3</sup> % metabolizabilidad = [(cantidad ingerida – cantidad excretada)/cantidad ingerida] x 100

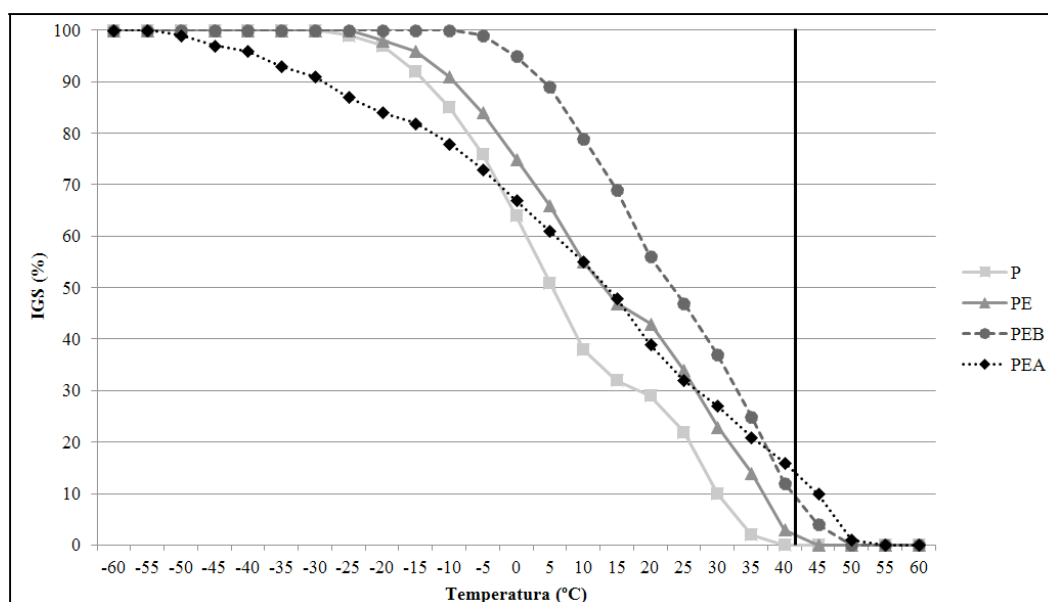
<sup>a, b</sup> Valores dentro de la misma fila con superíndice distinto indican diferencias estadísticamente significativas,  $P \leq 0,05$

EMA: Energía metabolizable aparente; EE: extracto etéreo; AG: ácidos grasos; AGS: AG saturados; AGMI: AG monoinsaturados; AGPI: AG poliinsaturados

Aunque esta menor ingestión de componentes energéticos por parte de las aves del tratamiento PEA debería compensarse con un mayor CMD y un peor IT, paradójicamente sucedió justo lo contrario, tal y como se ha detallado en el anterior apartado.

En principio, estos resultados irían en contra de la esperada mayor digestibilidad observada por otros estudios, ya sea por el mayor contenido en AGS en la posición *sn-2* de los TG o por la presencia de MG y DG. Smink et al. (2008) observaron como el AGS mayoritario, el ácido palmítico, era un 2,6% más digestible en los pollos alimentados con una ración suplementada con aceite esterificado de palma que en los pollos alimentados con una ración suplementada con aceite convencional de palma. Por otro lado, Garret and Young (1975) observaron como a medida que aumentaba la relación entre ácido palmítico y ácido oleico o mono-oleína, la absorción del ácido palmítico aumentaba, pero con la mono-oleína, la absorción del ácido palmítico resultaba ser tres veces superior que con el ácido oleico.

En todo caso, en nuestro ensayo, parece ser que el IGS tendría una mayor contribución a la hora de determinar la capacidad de digestión y absorción de estos aceites.



**Figura 1: Índices de grasa sólida (IGS) de los aceites experimentales a distintas temperaturas determinados mediante el uso de las áreas parciales de fusión obtenidas por calorimetría diferencial de barrido. A la temperatura corporal de los pollos (41,5°C), los IGS son del 0, 1, 10 y 16% para los aceites de los tratamientos P, PE, PEB y PEA, respectivamente.**

Tal y como refleja la *Figura 1*, a la temperatura corporal de los pollos (41,5 °C) el IGS de los aceites utilizados en los tratamientos P, PE, PEB y PEA es del 0, 1, 10 y 16%, respectivamente. Así, mientras el aceite P se encuentra completamente fundido a 41,5 °C, el aceite PEA aún tiene un 16% de contenido sólido a esta temperatura, por lo que su utilización se hace más difícil, tal y como se ha observado en los resultados de metabolicidad.

Por otro lado, aunque el intervalo de fusión de los distintos AAE de palma no sea igual, tienen como denominador común su mayor IGS a partir de los 0 °C, en comparación con el de su respectivo aceite convencional (P). Este comportamiento podría explicarse por el hecho de que la esterificación química al azar optimiza el proceso de cristalización, generando formas cristalinas más estables (Berry, 2009). Además, también deben tenerse en cuenta otros factores como la presencia de TG trisaturados con elevados puntos de fusión, los cuales no se encuentran en los aceites convencionales pero que pueden generarse cuando el proceso de esterificación de los AG se da al azar, y las múltiples interacciones entre MG, DG y TG que pueden llegar a ser muy complejas e incrementar el intervalo de fusión (Carey et al., 1983).

Por todo lo anterior, puede concluirse que los aceites ácidos esterificados presentan una composición en ácidos grasos similar a su aceite convencional y tienen un valor nutritivo equivalente, por lo que podrían considerarse una alternativa económicamente interesante para la alimentación de pollos de carne. Sin embargo, a medida que aumenta su contenido en MG y DG, los valores de metabolicidad no mejoran, sino que incluso pueden empeorar por el aumento del IGS.

## Agradecimientos

El presente estudio ha sido financiado, en parte, por una beca de investigación de la *Generalitat de Catalunya* (FI-DGR) y por el proyecto AGL2010-22008-C02 concedido por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología de España.

## Referencias

- AOAC (2005) *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 18<sup>th</sup> Ed. AOAC, Arlington, VA.
- BAYÉS-GARCÍA, L., CALVET, T., CUEVAS-DIARTE, M.À., UENO, S. and SATO, K. (2011) *In situ* synchrotron radiation X-ray diffraction study of crystallization kinetics of polymorphs of 1,3-dioleoyl-2-palmitoyl glicerol (OPO). *CrystEngComm* **13**: 3592-3599.
- BERRY, S.E.E. (2009) Triacylglycerol structure and interesterification of palmitic and stearic acid-rich fats: an overview and implications for cardiovascular disease. *Nutrition Research Reviews* **22**: 3-17.
- BLANCH, A., BARROETA, A.C., BAUCCELLS, M.D., SERRANO, X. and PUCHAL, F. (1996) Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. *Animal Feed Science and Technology* **61**: 335-342.
- BRACCO, U. (1994) Effect of triglyceride structure on fat absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition* **60**: 1002-1009.
- CAREY, M.C., SMALL, D. and BLISS, C. (1983) Lipid digestion and absorption. *Annual Review of Physiology* **45**: 651-677.
- FEDNA (2008) *Necesidades nutricionales para avicultura* (Lázaro y G.G. Mateos eds). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, España.
- GARRET, R.L. and YOUNG, J. (1975) Effect of micelle formation on the absorption of neutral fat and fatty acids by the chicken. *Journal of Nutrition* **105**: 827-838.
- HUNTER, J.E. (2001) Studies on effects of dietary fatty acids as related to their position on triglycerides. *Lipids* **36**: 655-668.
- SAS (2008) Version 9.2, Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC. USA.

- SMINK, W., GERRITS, W.J.J., HOVENIER, R., GEELLEN, M.J.H., LOBEE, H.W.J., VERSTEGEN, M.W.A. and BEYNEN, A.C.** (2009) Fatty acid digestion and deposition in broiler chickens fed diets containing either native or randomized palm oil. *Poultry Science* **87**: 506-513.
- SUKHIJA, P.S. and PALMQUIST, D.L.** (1988) Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **36**: 1202-1206.
- WISEMAN, J. and SALVADOR, F.** (1991) The influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. *Poultry Science* **70**: 573-582.