

**EFFECTO DEL SEXO Y DE LA INCLUSIÓN DE GLICEROL EN EL PIENSO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN EL TRIGLICÉRIDO EN GANADO PORCINO.**

**EFFECT OF SEX AND DIETARY GLYCEROL ON THE FATTY ACID POSITIONAL DISTRIBUTION WITHIN THE TRIGLYCERIDE IN SWINE**

Segura<sup>1</sup>, J., Cámara<sup>2</sup> L., Ayuso<sup>1</sup>, M., Isabel<sup>1</sup>, B., Rey<sup>1</sup>, Daza<sup>2</sup>, A., López-Bote<sup>1</sup>, C.J., Mateos<sup>2</sup> G.G.

<sup>1</sup>Dpto. Producción Animal, UCM. Ciudad Universitaria, s/n. 28040, Madrid

<sup>2</sup>Dpto. Producción Animal, UPM. Ciudad Universitaria, s/n. 28040, Madrid

<sup>1,2</sup>CEI Campus Moncloa, UCM-UPM, Madrid, Spain

joses.plaza@gmail.com

**RESUMEN:** Los machos castrados tuvieron una concentración más alta de C16:0 y más baja de C18:1 y C18:2 en la grasa subcutánea del jamón. La inclusión de glicerol en el pienso durante la fase de acabado produce una menor concentración de C18:2, del total de PUFA y, en consecuencia, una menor insaturación de la grasa. Los ácidos grasos saturados se concentraron especialmente en las posiciones externas (Sn-1,3), mientras que los MUFA y PUFA lo hicieron preferentemente en la posición central (Sn-2). No se observaron interacciones de la posición de los ácidos grasos individuales debidas al sexo o a la alimentación. La relación PUFA/SAT resultó significativa respecto a la posición, el sexo y la alimentación. Sin embargo, los índices en los que participan los MUFA son mucho más constantes e independientes del sexo y la alimentación. El cociente C18:0/C18:2 muestra una interacción glicerol\*posición, de modo que dicho cociente aumenta específicamente en la posición 1,3 cuando los cerdos reciben glicerol, pero no se afecta (o lo hace con muy poca intensidad) en la posición 2.

**PALABRAS CLAVE:** triglicérido; ácidos grasos; distribución posicional; glicerol.

**ABSTRACT:** Concentration of C16:0 was higher and C18:1 y C18:2 lower in boars than in gilts in the subcutaneous fat of hams. Dietary inclusion of glycerol decrease C18:2 and PUFA concentration, thus decreasing fat unsaturation. Saturated fatty acids are concentrated in the external position of the triglyceride (Sn-1,3), while PUFA and MUFA are located preferentially in the inner position (Sn-2). No interaction was observed between position and either sex or dietary treatment. The PUFA/SAT index was affected by position, sex and dietary treatment, However, rations in which MUFA were involved were not significant. The C18:0/C18:2 index showed an interaction dietary treatment\*position, in which the ratio is increased by dietary glycerol only in the Sn-1,3 position.

**Keywords:** triglyceride; fatty acids; positional distribution; glycerol.

**INTRODUCCIÓN**

La consistencia de la grasa tiene una gran importancia para la industria porcina puesto que determina la apariencia y facilidad de manipulación. Por ejemplo, se ha puesto de manifiesto que un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) aumenta el riesgo de oxidación, hace la grasa más blanda y dificulta la migración de agua (Girard et al., 1989). Esta consistencia depende entre otros factores de la humedad presente, cantidad de colágeno y fundamentalmente de la proporción de triglicéridos (TG) que se encuentran en forma líquida o sólida a una determinada temperatura, es decir, del perfil lipídico total y de la distribución posicional que conforma el triacilglicerol.

Los TG son los lípidos neutros predominantes en el tejido adiposo y constituyen cerca del 95% en peso del mismo. Están compuestos por una molécula de glicerol cuyos tres grupos hidroxilo se encuentran esterificando a tres ácidos grasos. Mientras que existe muy poca información sobre el efecto del sexo sobre la distribución posicional en el TG, está ampliamente aceptado que la composición en ácidos grasos es dependiente del contenido de los mismos en la dieta, la edad, y genética (Bee, Gebert, & Messikommer, 2002; Kouba, Enser, Whittington, Nute, & Wood, 2003; Mitchaotai et al., 2007). Cuando la dieta es muy rica en ácido palmítico, en contraposición a humanos y otros mamíferos, en cerdos se acumula preferentemente en posición 2 (Sn2) (Breckenridge, Marai,& Kuksis, 1969; Brockhoff, Hoyle, & Wolmark, 1966; Parodi, 1982) mientras que si se utiliza aceite de

girasol u otras dietas pobres en C16:0 y ricas en C18:1 y C18:2, son éstos ácidos grasos los que se acumulan en dicha posición (Miller, Shackelford, Hayden, & Reagan, 1990; Díaz, García-Regueiro, Casillas, & de Pedro, 1996, King et al. 2004).

El glicerol es un subproducto de la industria del biodiesel que está empezando a ser incluido en las dietas del ganado como carbohidrato. Aún no está claro el mecanismo de acción pero Mourot et al. (1994) describieron que la grasa del cerdo era más saturada cuando los se incluía glicerol en la dieta, mientras que Schieck et al. (2010) comprobaron una mayor firmeza en la grasa cuando se incluyó en la dieta en las últimas 8 semanas previas al sacrificio. El objetivo del presente estudio es comprobar cómo afecta el sexo y la inclusión de glicerol en la dieta a la distribución posicional de ácidos grasos en el TG.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Animales y muestras: se utilizaron 20 machos castrados y 20 hembras enteras de raza Landrace x Large White y se factorializó el estudio incluyendo (o no) glicerol en su dieta (50 g/kg). Los piensos se formularon con ingredientes convencionales (cebada, centeno, trigo, harina de colza, harina de soja, aceite de palma, lisina, colina, corrector, NaCl, CaCO<sub>3</sub>, CaHPO<sub>4</sub>), de modo que contenían 2.41 Mcal EN, 162 g de PB y 9.3 g de C18:2 por kg. Todos los animales se sacrificaron a los 120 kg de peso y un jamón de cada uno fue guardado para la realización de los análisis. Se tomó una muestra de grasa subcutánea a la altura del *biceps femoris* y se analizó según el método publicado por Smith et al. (1998). Brevemente: Se añaden 2 µl de grasa sobre 1 ml de tampón 1 mg/ml en Triton X-100, 0.04 M Tris, 0.05 M borato (pH=7.2) y se sónica durante 60 s para conseguir la completa emulsión de los lípidos. La mitad de la suspensión se transfiere a un tubo limpio y se añaden 200 unidades de lipasa de *R. arrhizus* y la otra mitad se analiza sin digestión. Ambos grupos de tubos se incuban a 37° C durante 60 minutos. La reacción se detiene con la adición de 0.5 ml de ácido acético 1 M. Los lípidos se extraen tres veces con 3 ml de una mezcla cloroformo:metanol 2:1 y se evaporan los disolventes bajo corriente de N<sub>2</sub> a 30°C. Los glicéridos resultantes se transmetilaron por incubación con 1 ml de KOH 1M en metanol durante 30 minutos a 65 °C. Los lípidos se extrajeron tres veces con hexano, se evaporó éste y se redisolviéron en 100 ml. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se analizaron por cromatografía gaseosa comparando con patrones en cromatógrafo Hewlett Packard HP-6890 (Avondale, PA, USA). La composición en ácidos grasos de la fracción digerida y no-digerida se utilizó para calcular la composición en la posición Sn-1/3 como describió Williams et al. 1995, Smith et al. 1998 y King et al. 2004.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las grasas animales contienen una mezcla de TG lo cual provoca que no tengan un punto de fusión concreto sino un amplio rango de temperaturas. Los ácidos grasos más directamente relacionados con la consistencia y punto de fusión de la grasa en el cerdo son en primer lugar el C18:0 (Wood et al., 1978; Elliot & Bowland, 1969) y en segundo lugar el C18:2 (Lea et al., 1970; King et al., 2004). Este es un dato llamativo porque la concentración de C18:0 tiene un rango muy reducido de variación (5-17%), mientras que el otros ácidos grasos como el C18:2 (8-49%) o el C18:1 (rango 27-62%) se ven muy afectados por diferentes factores de producción (Lopez Bote et al., 2000).

En nuestro experimento, los machos castrados tuvieron una concentración más alta de C16:0 y más bajo de C18:1 y C18:2 en la grasa subcutánea del jamón. No se observó efecto del sexo en el C18:0. Estos datos son coincidentes con la bibliografía y producen globalmente una mayor insaturación de la grasa en las hembras, estimada mediante el índice de insaturación (UI) (Tabla 1) (Lopez Bote et al, 2000). Por otra parte, la inclusión de glicerol en el pienso durante la fase de acabado produce una menor concentración de C18:2, del total de PUFA y en consecuencia una menor insaturación de la grasa. Estos datos son también coincidentes con la bibliografía e indican mayor producción de ácidos grasos de síntesis endógena (Mourot et al., 1994; Kijora et al., 1997).

Respecto a la posición de ácidos grasos en el interior del TG, se observó un marcado efecto, de modo que los ácidos grasos saturados se concentraron especialmente en las posiciones externas, mientras que los monoinsaturados y (especialmente) los poliinsaturados se ubicaron preferentemente en la posición central. La figura 1 muestra la concentración en % de ácidos grasos saturados (SAT), monoinsaturados (MUFA) y

poliinsaturados (PUFA) totales, en posición Sn-2 y Sn-1,3 del TG. Se puede observar que el porcentaje de saturados (41%) es muy similar al de monoinsaturados (46%) mientras que el nivel de poliinsaturados está muy alejado de estos (13%). Obviamente, esta relación se mantendrá en la distribución en el TG, sin embargo hay que destacar que los ácidos grasos saturados van a colocarse preferentemente en posiciones 1 y 3, los poliinsaturados se encuentran preferentemente en la 2 y los monoinsaturados presentan una tendencia a la posición 2. Aunque este efecto se observó en todos los ácidos grasos individuales, es especialmente marcado en el caso del ácido esteárico (Tabla 1).

No se observaron interacciones de la posición de los ácidos grasos individuales con el sexo o alimentación. Únicamente se observó una tendencia ( $P=0.09$ ) a una interacción entre sexo y la posición para el C18:1.

Se han establecido una serie de índices para estudiar la competencia entre distintos ácidos grasos por ocupar determinadas posiciones en el interior de la molécula (Tabla 1). La relación PUFA/SAT resultó significativa tanto para posición, como para el sexo y la alimentación. Sin embargo, los índices en los que participan los MUFA son mucho más constantes e independientes del sexo y la alimentación. De hecho, la relación MUFA/PUFA resultó significativa para la posición, lo que indica una distribución aleatoria entre estas dos clases.

Además, es interesante señalar que existe una interacción sexo\*posición donde se comprueba que mientras que el cociente es menor en hembras que en machos en la posición Sn-2, en la posición Sn-1,3 no se aprecia esa variación. Las hembras, por tanto, acumulan mayor cantidad de PUFA en posición Sn-2.

El cociente C18:0/C18:2 muestra además una interacción glicerol\*posición, de modo que dicho cociente aumenta específicamente en la posición 1,3 cuando los cerdos reciben glicerol, pero no se afecta (o lo hace con muy poca intensidad) en la posición 2. Este es un hecho interesante, dada la importancia de estos dos ácidos grasos en la consistencia de la grasa. Este dato parece indicar que existe un antagonismo entre estos ácidos grasos, de modo que según las circunstancias, el C18:0 desplaza al C18:2 específicamente en la posición 1,3. Aparentemente los MUFA no compiten con los PUFA o SAT por posiciones concretas. Es posible que esta competencia se establezca teniendo en cuenta la necesidad de mantener la fluidez de la grasa in vivo dentro de un margen estrecho. En este sentido, resulta interesante señalar que la posición más externa del TG (Sn 1,3) puede tener mayor importancia en la consistencia de la grasa que la posición intermedia (Sn2). Se atribuyen fundamentalmente a las posiciones 1 y 3 la rigidez estructural de la molécula y a la Sn-2, que debe estar muy influenciada por factores externos como la dieta, el carácter más metabólico (Mattson & Vopenhein, 1964).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ◆ Bee, G., Gebert, S., & Messikommer, R. 2002. *J. Anim. Sci.* 80, 2564-74.
- ◆ Breckenridge, W. C., Marai, L., & Kuksis, A. 1969. *Can. J. Biochem.* 47, 761-9.
- ◆ Brockerhoff, H., Hoyle, R. J., & Wolmark, N. 1966. *Biochim. Biophys. Acta*, 116, 67-72.
- ◆ Díaz, I., García-Regueiro, J.A., Casillas, M., & de Pedro, E. 1996. *Food Chem.* 55, 383-7.
- ◆ Elliot, J.I. & Bowland, J.P. 1969. *Can. J. Anim. Sci.* 49, 397-8.
- ◆ Girard, J.P., Bucharles, C., Berdague, J.L. & Ramihone, M. 1989. *Fleischwirtsch.* 69, 255-60.
- ◆ Kijora, C., Kupsch, R.D., Bergner, H., Wenk, C. & Prabucki, A.L. 1997. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)* 77, 127-38.
- ◆ King, D.A., Behrends, J.M., Jenschke, B.E., Rhoades, R.D. & Smith, S.B. 2004. *Meat Sci.* 67, 675-81.
- ◆ Kouba, M., Enser, M., Whittington, F.M., Nute, G.R., & Wood, J.D. 2003. *J. Anim. Sci.* 81, 1967-79.
- ◆ Lea, C.H., Swoboda, P.A.T. & Gatherum, D.P. 1970. *J. Agric. Sci.* 74, 279-84.
- ◆ López Bote, C.J, Menoyo, D, Carmona, J.M, Isabel B.. 2000. *Recent Research Development in Nutrition*. P.G.Pandalai. Ed. *Research Signpost*. 211-226.
- ◆ Mattson, F.H. & Vopenhein, R.A. 1964. *J. Biol. Chem.* 239, 2772-77.
- ◆ Miller, M.F., Shackelford, S. D., Hayden, H. D., & Reagan, J. O. 1990. *J. Anim. Sci.* 68, 1624-31.
- ◆ Mitchaotai, J., Yuangklang, C., Wittayakun, S., Vasupen, K., et al. 2007. *Meat Sci.* 76, 95-101.
- ◆ Mouro, J., Aumaitre, A., Mounier, A., Peiniau, P., François, A.C. 1994. *Livest. Prod. Sci.* 38, 237-44.
- ◆ Parodi, P. W. 1982. *Lipids*, 17, 437-42.
- ◆ Schieck, S.J., Shurson G.C., Kerr, B.J., Johnston, L. J. 2010. *J. Anim. Sci.* 88, 3927-35.
- ◆ Smith, S.B., Yang, A., Larsen, T.W. & Tume, R. K. 1998, *Lipids*,

33, 2, 197-207. ♦ Williams, J.P., Khan, M.U. & Wong, D. 1995. J. Lip. Res. 36, 6, 1407-12. ♦ Wood, J.D., Enser, M.B., McFie, H.J.H., Smith, W.C., Chadwick, J.P., Ellis, M., Laird, R. 1978. Meat Sci., 2, 289-300.

**Agradecimientos:** Trabajo financiado con el proyecto NewGan (S2009/AGR-1704), de la CAM. Se agradece la colaboración técnica de Isabel Martín de la Torre (Facultad de veterinaria, UCM).

**Tabla 1.** Efecto del sexo e inclusión de glicerol en el pienso sobre la composición de ácidos grasos en la posición 2 (Sn2) y 1,3 (Sn1,3) del triglicérido de tejido adiposo subcutáneo del jamón.

	Sexo		Glicerol		Posición		RMSE	S	G	P	S*P	G*P
	H	MC	No	Si	Sn2	Sn1,3						
C16:0	23.8	26.9	24.9	25.8	22.7	28.0	2.57	<0.01	0.372	<0.01	0.318	0.606
C16:1	1.6	1.6	1.6	1.6	3.3	-0.1	0.59	0.895	0.903	<0.01	0.160	0.927
C18:0	16.9	18.2	17.3	17.8	8.3	26.8	2.31	0.119	0.546	<0.01	0.783	0.948
C18:1	41.7	38.7	38.9	41.4	45.7	34.6	3.76	0.033	0.076	<0.01	0.096	0.361
C18:2n6	11.8	10.1	12.5	9.4	13.6	8.3	2.35	0.044	<0.01	<0.01	0.689	0.952
C18:3	0.9	0.7	0.9	0.7	1.2	0.4	0.21	0.079	<0.01	<0.01	0.950	0.772
SAT	42.6	46.1	44.2	44.6	32.9	55.8	5.34	0.09	0.845	<0.01	0.927	0.448
MUFA	44.6	42.3	41.8	45.1	50.2	36.7	4.96	0.233	0.084	<0.01	0.324	0.264
PUFA	12.9	11.5	14.0	10.4	16.9	7.5	3.29	0.274	<0.01	<0.01	0.173	0.657
UI	69.5	62.7	68.4	63.8	79.8	52.4	4.47	<0.01	<0.01	<0.01	0.221	0.454
MUFA / SAT	1.2	1.1	1.1	1.1	1.5	0.7	0.21	0.146	0.475	<0.01	0.591	0.217
MUFA / PUFA	0.4	4.6	3.5	1.5	3.1	1.9	5.96	0.074	0.408	0.612	0.115	0.276
PUFA / SAT	0.4	0.3	0.4	0.3	0.5	0.1	0.09	0.029	<0.01	<0.01	0.048	0.321
C16:0 / C18:2	2.5	3.1	2.3	3.4	1.7	3.9	0.97	0.112	<0.01	<0.01	0.626	0.122
C18:0 / C18:2	2.1	2.4	1.8	2.7	0.6	3.8	1.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.043	0.049
C18:1 / C18:2	4.0	4.3	3.4	4.9	3.5	4.9	1.13	0.525	<0.01	<0.01	0.595	0.116

**Figura 1:** Concentración en % de ácidos grasos saturados (SAT), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) totales, en posición 2 (Sn-2) y 1 y 3 (Sn 1,3) del triglicérido.

