

Influencia de la cantidad, calidad y tipo de grasa de la dieta sobre la composición y distribución de ácidos grasos del tejido adiposo de ratas

Por A. Salgado, G. Márquez-Ruiz y M.C. Dobarganes
 Instituto de la Grasa y sus Derivados
 Avda. Padre García Tejero, 4 - 41012-SEVILLA (España)

RESUMEN

Influencia de la cantidad, calidad y tipo de grasa de la dieta sobre la composición y distribución de ácidos grasos del tejido adiposo de ratas

Se estudia la influencia de las 3 variedades más importantes de la grasa de la dieta (cantidad, calidad y composición) sobre la composición y distribución de ácidos grasos del tejido adiposo, utilizando ratas como animales de experimentación.

Los resultados obtenidos a partir de 11 grupos de ratas permiten deducir las siguientes conclusiones:

1.- La composición de ácidos grasos de la grasa del tejido adiposo puede ser muy variable. Contenidos de grasa en la dieta superior al 12% originan un perfil de ácidos grasos en tejido adiposo muy similar al de la grasa ingerida.

2.- La alteración de la grasa de la dieta modifica la composición de ácidos grasos del tejido adiposo, debido a la menor cantidad de grasa absorbida.

3.- La distribución de los ácidos grasos en los triglicéridos del tejido adiposo es independiente de la de la grasa ingerida.

PALABRAS-CLAVE: *Acido graso - Dieta grasa - Rata - Tejido adiposo.*

SUMMARY

Influence of the amount, quality and composition of dietary fat on the composition and distribution of fatty acids in rat adipose tissue

In this paper the effect of the 3 most important variables (quantity, quality and composition) of dietary fat on the distribution and composition of fatty acids in rat adipose tissue, is studied.

From the results obtained after feeding 11 groups of rats, the following conclusions stand out:

1.- Fatty acid composition of rat adipose tissue is very variable. Nevertheless, when the percentage of fat in the diet is higher than 12%, the fatty acid composition of the adipose tissue is similar to that of the ingested fat.

2.- The level of alteration of the fat in the diet clearly modifies the fat composition in adipose tissue. This fact might be due to the lower digestibility.

3.- Fatty acid distribution in adipose tissue is independent of the distribution in the ingested fat.

KEY-WORDS: *Adipose tissue - Fatty acid - Fatty diet - Rat.*

1. INTRODUCCION

El tejido adiposo está fundamentalmente constituido por lípidos neutros (>95%) entre los que destacan mayo-

ritariamente los triglicéridos. En una amplia variedad de animales -incluidos ruminantes, animales monogástricos y aves- representan más del 89% de los lípidos totales, aunque no ocurre así en los mamíferos marinos, en cuyo caso el contenido en ceras es elevado. Los principales ácidos grasos constituyentes del tejido adiposo en la mayoría de los animales son los ácidos palmítico, esteárico, oleico y linoleico, con la excepción de los mamíferos marinos, que se distinguen por un contenido más alto en ácidos grasos de cadena más larga (Body, 1988).

Es indudable que la composición del tejido adiposo depende de la dieta (Body, 1988; Phetteplace, et al., 1989; Lhuillery et al., 1988; Field et al., 1984; Field et al., 1985; Nelson et al., 1987; Valera-Garrido et al., 1990). Así, los animales monogástricos incorporan directamente al tejido adiposo proporciones sustanciales de ácidos grasos procedentes de las plantas que ingieren, tales como los ácidos linoléico y linoleico. Este hecho se observa también en el caso de los omnívoros, como el hombre, rata y cerdo. Sin embargo, los ruminantes muestran características específicas en este respecto. Aún cuando su dieta es exclusivamente herbívora, los ácidos grasos poliinsaturados ingeridos son modificados en gran extensión por acción microbiana durante su paso por el rumen y, por tanto, antes de ser depositados en el tejido adiposo. Así, debido a procesos de biohidrogenación, los ácidos grasos inicialmente insaturados son transformados y, como consecuencia de esta reacción, aparecen cantidades significativas de ácidos grasos isómeros trans.

En lo que se refiere a la distribución estereoespecífica de los ácidos grasos en la molécula de triglicérido, los saturados esterifican preferentemente las posiciones 1 y 3, mientras que los insaturados, y particularmente poliinsaturados, se encuentran presentes prioritariamente en la posición 2 ó β (Brockhoff et al., 1967; Christie et al., 1971). No obstante, existen algunas excepciones a esta regla general, como es el caso concreto del cerdo, cuya característica distintiva es la esterificación preferencial del ácido palmítico en posición central (Christie et al., 1970).

Respecto al estudio experimental de la relación dieta/composición del tejido adiposo, los trabajos realizados muestran claramente que el perfil de ácidos grasos de la

dieta determina en gran manera la naturaleza de la grasa de depósito. Este hecho se manifiesta claramente cuando la ingesta incluye ácidos grasos de naturaleza específica. Así, en ratas alimentadas con dietas que contienen isómeros octadecenoicos específicos (cis-18:1 w6 ó cis-18:1 w8) se observa igualmente su presencia en el tejido adiposo (Hoy et al., 1981). Resultados similares se obtienen cuando se incluyen en la dieta ácidos grasos ciclopropanoicos (Fogerty et al., 1972; Reiser et al., 1964), así como ácidos grasos poliinsaturados de origen marino (Phetteplace et al., 1989; Brockerhoff et al., 1967).

En este contexto, el presente estudio está dirigido al análisis de la influencia de tres variables de interés en relación con la grasa de la dieta, sobre la composición y distribución de ácidos grasos en los triglicéridos del tejido adiposo de ratas. Las tres variables de la grasa de la dieta estudiadas son:

- 1) Porcentaje de grasa.
- 2) Nivel de alteración de la grasa.
- 3) Composición y distribución en ácidos grasos.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Animales y dietas.

Se han utilizado 11 grupos de ratas macho de la cepa Wistar (PANLAB, Barcelona), de 120 g de peso inicial medio -4 animales por grupo-, alimentados con una dieta base semi-sintética alipídica (PANLAB, Barcelona), suplementada con la adición de aceites de oliva y girasol no calentados, aceites termoxidados y aceites utilizados en freidoras domésticas. Así mismo, se ha incluido un grupo alimentado con una dieta que contiene manteca de cerdo y se ha mantenido uno de los grupos alimentado exclusivamente con la dieta base (grupo control).

La composición de la dieta base alipídica es la siguiente: 10% de humedad, 19,8% de proteína total, 57,6% de extracto libre de nitrógeno, 5,4% de celulosa, 6,2% de minerales y 1,0% de complejo vitamínico.

Los aceites y grasas adicionadas a la dieta base se recogen a continuación:

- aceite de oliva al 3%, 6%, 12% y 20%.
- aceite de girasol al 12%.
- manteca de cerdo al 12%.
- aceite de oliva termoxidado durante 100 horas a 190°C, al 12%.
- aceite de oliva mezcla al 50% no calentado-termoxidado, al 12%.
- aceite de oliva utilizado en fritura al 12%.
- aceite de girasol utilizado en fritura al 12%.

La duración total del ensayo fue de 3 meses, a lo largo de los cuales se mantuvieron los animales en jaulas de metabolismo durante períodos de 15 días, con objeto de cuantificar la ingesta y las excreciones fecales. La temperatura del animalario se mantuvo a $22 \pm 2^\circ$, con iluminación constante de 12 horas diarias.

Los animales ingirieron "ad libitum" agua y su dieta correspondiente. Las heces fueron recogidas y pesadas diariamente y mantenidas a -20°C hasta el momento de su extracción. Semanalmente, los animales se pesaban y

se examinaban posibles anomalías. Al final del período experimental, los animales fueron sacrificados por sobre-exposición a éter y seguidamente se tomaron muestras representativas de tejido adiposo abdominal.

2.2. Determinaciones analíticas

2.2.1. Extracción de grasa del tejido adiposo

Las muestras de tejido adiposo abdominal se lavaron con solución salina al 0,85%, se secaron en papel de filtro y se mantuvieron a -20°C hasta el momento de su análisis. Para la extracción de grasa del tejido adiposo se utilizó $\text{CHCl}_3\text{-CH}_3\text{OH}$ (2:1 V/V) siguiendo el método Folch (Folch et al., 1957).

2.2.2. Extracción de lípidos no absorbidos

Las heces se desecaron en estufa de vacío a 50°C hasta peso constante. Posteriormente, se llevó a cabo la extracción de los lípidos neutros mediante Söxhlet, utilizando éter etílico como disolvente (Márquez-Ruiz et al., 1991). Con objeto de garantizar la total extracción de los lípidos, las heces ya extraídas se someten a hidrólisis en frío con CIH 3N y se extraen nuevamente con éter etílico mediante Söxhlet. Los extractos etéreos se someten a evaporación en rotavapor y bajo corriente de nitrógeno hasta peso constante.

2.2.3. Determinación de compuestos polares

Se sigue el método propuesto por la IUPAC (Walting et al., 1981) con dos ligeras modificaciones (Dobarganes et al., 1988). En resumen, partiendo de 1 g de grasa se separan por cromatografía en columna de sílice los triglicéridos no alterados, utilizando como eluyente una mezcla de hexano: éter etílico 90:10. En una posterior elución con éter etílico y metanol se obtienen los compuestos polares.

2.2.4. Composición en ácidos grasos

Se obtienen los ésteres metílicos a partir de 100 mg de lípidos, siguiendo la norma UNE 55-037-73 (1973). El análisis cromatográfico de los ésteres metílicos se llevó a cabo utilizando un cromatógrafo HP-5880 A equipado con detector de ionización de llama y con una columna GP 3% SP-2310 / 2% SP-2300 sobre Chromosorb 100/120 mallas. El flujo de nitrógeno fue de 20 ml/min. La temperatura del detector e inyector fue 250°C . La temperatura del horno fue programada desde 180°C a 220°C a $2^\circ\text{C}/\text{min}$ y 20 min de isoterma inicial.

La cuantificación de los ácidos grasos no alterados se realizó utilizando ácido heptadecanoico como patrón interno.

2.2.5. Composición en ácidos grasos en posición B

Las muestras de grasa se someten a hidrólisis bajo la acción de la lipasa pancreática (EC 3.1.1.3.) siguiendo la técnica descrita por la norma UNE 55-079-73 (1973), que consiste en adicionar 20 mg de lipasa pancreática a la muestra de grasa (100 mg) en presencia de sales biliares e iones Ca^{++} a pH 8. Al cabo de 2 minutos de agitación se para la reacción por adición de CIH y se extrae la muestra con éter etílico. Los productos resultantes de la

hidrólisis se separan mediante cromatografía en capa fina sobre gel de sílice, empleando como líquido de desarrollo hexano: éter etílico 2:1. La banda correspondiente a los β -monoglicéridos se aísla y se somete a transesterificación (Metcalf et al., 1961).

El análisis de la composición en ácidos grasos en posición β se realiza siguiendo el mismo procedimiento cromatográfico anteriormente detallado para los ácidos grasos de la muestra total.

Análisis estadístico

Los resultados se expresan como medias y se inclu-

ye el valor máximo del coeficiente de variación para los ácidos mayoritarios. Las diferencias entre medias se analizaron mediante el test "t" de Student ($P \leq 0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla I recoge las composiciones en ácidos grasos totales y en posición β de los aceites y grasas utilizados en la formulación de las dietas.

La Tabla II corresponde a las composiciones en ácidos grasos de triglicéridos en tejido adiposo procedente de los grupos de animales alimentados con dietas que

TABLA I
Composición en ácidos grasos mayoritarios (%) totales y en posición β de los aceites y grasas utilizados en las dietas.

		C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	OTROS
Oliva no calentado	Total	11,1*	1,0	3,2	76,3	7,0	1,4
	β	1,0	0,7	0,2	86,7	10,1	1,3
Oliva no calentado- termoxidado 1:1	Total	13,2	0,9	3,9	75,4	5,7	0,9
	β	1,5	0,7	0,5	89,0	7,6	0,7
Oliva termoxidado	Total	15,5	0,9	5,3	75,6	1,5	1,2
	β	2,6	1,0	1,4	91,5	2,1	1,4
Oliva fritura	Total	12,5	1,1	4,0	74,3	7,0	1,1
	β	3,2	0,9	0,3	85,9	8,3	1,4
Girasol no calentado	Total	7,2	0,1	4,7	22,6	63,5	1,9
	β	0,5	0,2	tr.	31,9	66,0	1,4
Girasol fritura	Total	9,6	0,4	5,5	26,4	56,0	2,1
	β	3,2	0,4	0,5	34,0	59,3	2,6
Manteca de cerdo	Total	26,2	2,9	13,0	48,3	8,3	1,3
	β	56,1	4,7	5,1	27,0	6,2	0,9

* Media de 2 determinaciones.
El coeficiente de variación es menor del 3% para los ácidos en concentración superior al 10%.

incluyen aceite de oliva adicionado en distintas proporciones, así como un grupo alimentado exclusivamente con la dieta base alipídica.

Los resultados recogidos en ambas Tablas I y II, permiten por tanto determinar la influencia del porcentaje de grasa en la dieta sobre la composición en ácidos grasos

del tejido adiposo. En primer lugar, destaca la ausencia de ácido linoleico en el caso de la dieta alipídica, obviamente por tratarse de un ácido graso esencial que no puede ser sintetizado endógenamente. Por otra parte, los animales alimentados con la dieta exenta de grasa presentan una proporción de ácidos grasos saturados (>36%)

significativamente superior a aquellos que ingirieron grasa en las dietas (15,5 - 29,0% en ácidos grasos saturados).

Con referencia a la influencia del incremento de grasa en la dieta sobre la composición del tejido adiposo, existe una estrecha relación entre ambas composiciones en los casos en que la grasa de la dieta está posiblemente en exceso sobre las necesidades oxidativas (al 12 y 20%) y, en consecuencia, es acumulada directamente como energía de reserva. Así, por ejemplo, en el caso de la dieta que contiene 20% de aceite de oliva, la composición en ácidos grasos del tejido adiposo resulta prácticamente idéntica a la de la dieta.

TABLA II

Influencia del porcentaje de grasa en la dieta. Composición en ácidos grasos (%) totales y en posición β de triglicéridos del tejido adiposo

Dieta		C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	OTROS
Alipídica	Total	32,5*	14,6	3,9	47,4	tr.	1,6
	β	10,8	14,0	1,4	71,9	tr.	1,9
Oliva 3%	Total	25,7	11,0	2,9	55,9	3,0	1,5
	β	8,4	9,9	0,8	75,5	4,5	0,9
Oliva 6%	Total	21,9	4,9	2,9	64,9	4,0	1,4
	β	8,2	3,6	0,7	80,1	6,5	0,9
Oliva 12%	Total	14,6	3,0	2,3	75,3	4,2	0,6
	β	5,1	1,8	0,4	84,0	7,5	1,2
Oliva 20%	Total	13,0	1,9	2,5	75,4	6,5	0,7
	β	5,0	1,0	0,4	83,2	9,3	1,1

* Media de 3 determinaciones.

El coeficiente de variación es menor de 5% para todos los ácidos cuyo porcentaje es superior al 10%.

Por otra parte, existe un incremento en la proporción de ácido palmitoleico en triglicéridos del tejido adiposo cuando disminuye el contenido en ácido oleico. Este hecho estaría de acuerdo con la existencia de un mecanismo regulador que mantiene la composición de la grasa de depósito en una proporción óptima ácidos grasos insaturados / ácidos grasos saturados (Beare-Rogers, 1970).

En cuanto a la distribución de los ácidos grasos en la molécula de triglicérido la posición central se caracteriza por contener fundamentalmente ácidos insaturados, aunque no parece existir una esterificación preferencial para todos ellos. En lo que se refiere a los ácidos monoinsaturados, el ácido palmitoleico se encuentra siempre en pro-

porciones algo menores en la posición central, mientras que el ácido oleico la esterifica preferentemente. Ello no puede atribuirse a la composición de las grasas de la dieta ya que se encuentra el mismo modelo en los animales alimentados con la dieta exenta de grasa. Por otra parte, las principales diferencias entre las posiciones α y β en la molécula de triglicérido se encuentran para el ácido linoleico.

El segundo aspecto analizado es la influencia de la alteración de la grasa de la dieta en la composición del tejido adiposo. La Tabla III muestra los porcentajes de compuestos polares y ácidos alterados correspondientes a las grasas de las dietas, considerados los mejores parámetros de evaluación de la alteración. Como puede observarse, las muestras utilizadas poseen un grado de alteración claramente diferenciado, comprendido entre un 3,6% de compuestos polares para el aceite de girasol no calentado y un 68,4% para el oliva termoxidado. Los aceites de oliva y girasol utilizados en fritura fueron seleccionados con porcentajes de compuestos polares del orden del 25%, establecido como límite máximo de alteración en las grasas de fritura (BOE, 1989).

TABLA III

Evaluación de la alteración de la grasa de la dieta y digestibilidades corregidas para los aceites al 12% en la dieta

Aceite en dieta	Compuestos Polares (%)		Ácidos Alterados (%)		Digestibilidad Corregida	
	\bar{x}	S _x	\bar{x}	S _x	\bar{x}	S _x
Oliva no calentado	4,8	0,24	1,2	0,21	98,4	0,46
Oliva no calentado termoxidado 1:1	39,4	0,32	19,8	0,53	85,8	0,65
Oliva termoxidado	68,4	0,35	35,5	0,34	70,7	1,18
Oliva freidora	24,8	0,25	10,2	0,41	96,2	0,51
Girasol no calentado	3,7	0,20	1,8	0,12	97,0	0,43
Girasol freidora	26,7	0,27	13,5	0,19	94,1	0,54

\bar{x} : Media de 4 determinaciones

S_x: Desviación estándar de la media.

La Tabla IV recoge las composiciones en ácidos grasos en tejido adiposo. A medida que aumenta la alteración de la grasa de la dieta, se observa un incremento en la proporción de ácidos grasos saturados. Este hecho puede ser explicado, en parte, por la propia disminución en ácidos grasos insaturados en la dieta debido a la alteración, aunque las grandes diferencias encontradas parecen estar más justificadas por una disminución de grasa absorbida. En efecto, la Tabla III recoge también los valores de digestibilidad obtenidos para idénticos porcentajes de grasa en la dieta, los cuales demuestran una disminución significativa cuando aumenta la alteración de la grasa ingerida. El análisis de la fracción de grasa no absorbida demuestra que incluye mayoritariamente productos de alteración no asimilables aunque se comprueba que existe también una disminución significativa de la

digestibilidad de los ácidos no alterados debido a una acción deficiente de la lipasa pancreática sobre moléculas complejas de triglicéridos (Márquez-Ruiz, 1989).

Es interesante comentar que la determinación de compuestos polares en la grasa de reserva conduce a valores bajos en todos los grupos de animales, oscilando

entre 1,3 y 3,2%. Dichos compuestos polares están fundamentalmente constituidos por ésteres de colesterol, diglicéridos, ácidos grasos libres, colesterol y fosfolípidos. No se encontraron, sin embargo, cantidades significativas de compuestos procedentes de la fracción alterada de la grasa ingerida.

TABLA IV

Influencia del nivel de alteración de la grasa de la dieta.

Composición en ácidos grasos (%) totales y en posición β de triglicéridos del tejido adiposo procedente de animales alimentados con aceites de oliva y girasol al 12% en la dieta.

Aceite en Dieta		C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	OTROS
Oliva no calentado	Total	14,6*	3,0	2,3	75,3	4,2	0,6
	β	5,1	1,8	0,4	84,0	7,5	1,2
Oliva no calentado- termoxidado 1:1	Total	20,0	4,9	2,7	68,5	3,1	0,8
	β	5,6	3,9	0,2	85,1	4,9	0,7
Oliva termoxidado	Total	26,0	8,4	3,2	59,8	1,2	1,4
	β	7,1	7,2	0,1	83,0	1,6	1,0
Oliva fritura	Total	17,6	4,1	2,5	69,8	5,4	0,6
	β	4,7	2,6	0,1	84,1	7,6	0,9
Girasol no calentado	Total	14,7	3,2	2,7	27,1	51,3	1,0
	β	5,6	1,8	0,2	27,7	63,5	1,2
Girasol fritura	Total	18,3	4,2	3,7	31,8	40,9	1,1
	β	5,4	2,8	0,6	31,3	59,3	0,6

* Media de 3 determinaciones.
El coeficiente de variación es menor del 6% para todos los ácidos cuyo porcentaje es superior al 10%.

En resumen, comparando los resultados de las Tablas II y IV, se observa que la influencia de la alteración creciente es muy similar a la encontrada cuando disminuye el porcentaje de grasa en la dieta: incremento de los ácidos saturados y mayor proporción de ácido palmítico, que indican la mayor importancia relativa del proceso de síntesis endógena.

La tercera variable estudiada de la grasa de la dieta es la composición y distribución en ácidos grasos. La Tabla V resume los resultados obtenidos en triglicéridos del tejido adiposo procedente de animales alimentados con los tres tipos de aceites y grasas utilizados en las

dietas: oliva, girasol y manteca de cerdo. Destaca, nuevamente, la similitud de las composiciones en ácidos grasos de grasa de depósito y grasa de la dieta, en todos los casos. Teniendo en cuenta la imposibilidad de síntesis endógena del ácido linoleico, los resultados indican muy particularmente para este ácido la influencia de su contenido en la dieta, así como la enorme variabilidad que puede presentar la grasa de reserva en cuanto a su composición.

La selección de la manteca de cerdo como grasa de la dieta permite comprobar, sin embargo, que no existe ninguna relación entre la distribución de los ácidos gra-

de la dieta y la del tejido adiposo. En efecto, la manteca de cerdo se caracteriza por un elevado contenido de ácido palmítico en posición central (superior al 50%) mientras que en la grasa correspondiente del tejido adiposo se mantiene el modelo de esterificación preferente de los ácidos oleico y linoleico. Al mismo tiempo, la grasa del tejido adiposo de estos animales es la única que contiene cantidades significativamente superiores de ácido oleico e inferiores de ácido esteárico a las que se encuentran en la dieta. Estos resultados están de acuerdo con las teorías propuestas acerca de la existencia de modificaciones compensatorias en las reacciones de biosíntesis y oxidación de ácidos grasos (Beare-Rogers, 1970), con objeto de minimizar cambios drásticos en la composición de ácidos grasos en el tejido adiposo, y en sus propiedades físicas. Así, se ha observado en ratones que el aumento de la ingesta de ácidos grasos saturados induce a un aumento de la concentración de ácidos monoinsaturados en hígado y tejido adiposo (Herodeck et al., 1972).

TABLA V

Influencia de la composición y distribución de ácidos grasos de la grasa de la dieta.
Composición en ácidos grasos (%) totales y en posición β de triglicéridos del tejido adiposo.

Aceite en dieta (12%)		C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	OTROS
Oliva	Total	14,6*	3,0	2,3	75,3	4,2	0,6
	β	5,1	1,8	0,4	84,0	7,5	1,2
Girasol	Total	14,7	3,2	2,7	27,1	51,3	1,0
	β	5,6	1,8	0,2	27,7	63,5	1,2
Manteca	Total	25,1	6,2	4,2	55,6	7,2	1,7
	β	8,0	4,5	0,6	73,5	12,5	0,9

* Media de 3 determinaciones
El coeficiente de variación es menor del 5% para todos los ácidos cuyo porcentaje es superior al 10%.

En resumen, los resultados obtenidos en este estudio permiten deducir las siguientes conclusiones:

- 1.- La composición en ácidos grasos de los triglicéridos del tejido adiposo puede ser muy variable y depende significativamente de la cantidad de grasa ingerida en la dieta. Así, una dieta suficientemente elevada en contenido graso (20% de aceite de oliva) conduce a un perfil de ácidos grasos prácticamente idéntico en triglicéridos del tejido adiposo.
- 2.- La alteración de la grasa de la dieta ejerce una clara influencia sobre la composición en ácidos grasos en triglicéridos del tejido adiposo, ligada estrechamente a los valores de digestibilidad.
- 3.- La distribución de los ácidos grasos en los triglicéridos de la dieta no está relacionada con la encontrada en

el tejido adiposo, como se demuestra en el caso de los animales alimentados con manteca de cerdo.

AGRADECIMIENTO

A la Junta de Andalucía y a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología por la financiación aportada.

BIBLIOGRAFIA

- Beare-Rogers, J.L. (1970).- "The deposition of polyunsaturated fatty acids in the rat fed partially hydrogenated vegetable oil".- *J. Am. Oil Chem. Soc.* **47**, 487-489.
- Body, D.R. (1988).- "The lipid composition of adipose tissue".- *Prog. Lip. Res.* **27**, 39-60.
- Boletín Oficial del Estado (1989) n.º 26.
- Brockerhoff, H., Hoyle, R.J. y Huang, P.C. (1967).- "Incorporation of fatty acids of marine origin into triglycerides and phospholipids of mammals".- *Biochim. Biophys. Acta* **144**, 541-548.
- Christie, W.W., Lorimar, A.R. y Lawrie, T.D. (1971).- "The structure of triglycerides from atherosclerotic plaques and other human tissues".- *Lipids* **6**, 854-855.
- Christie, W.W. y Moore, J.H. (1970).- "Comparison of the structure of triglycerides from various pig tissues".- *Biochim. Biophys. Acta* **210**, 46-56.
- Dobarganes, M.C., Pérez-Camino, M.C. y Márquez-Ruiz, G. (1988).- "High performance size exclusion chromatography of polar compounds in heated and non-heated fats".- *Fat. Sci. Technol.* **90**, 308-311.
- Field, C.J. y Clandinin, M.T. (1984).- "Modulation of adipose tissue fat composition by diet: a review".- *Nutr. Res.* **4**, 743-755.
- Field, C.J., Angel, A. y Clandinin, M.T. (1985).- "Relationship of diet to the fatty acid composition of human adipose tissue structural and stored lipids".- *Am. J. Clin. Nutr.* **42**, 1.206-1.220.
- Fogerty, A.C., Johnson, A.R. y Pearson, J.A. (1972).- "Ring position in cyclopropane fatty acids and stearic acid desaturation in hen liver".- *Lipids* **7**, 335-338.
- Folch, J., Lees, M. y Sloane, S.G.H. (1957).- "A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues".- *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
- Herodeck, S. y Csakvary, G. (1972).- "Effect of dietary fatty acids on the desaturation of stearic acid in rat liver".- *Acta Biochim. Biophys. Acad. Sci. Hung* **7**, 207-213.
- Hoy, C.E. y Holmer, G. (1981).- "Incorporation of cis-octadecenoic acids into the rat liver mitochondrial membrane phospholipids and adipose tissue triglycerides".- *Lipids* **16**, 102-108.
- Lhuillery, C., Mebarki, S., Lecourtier, M.J. y Demarne, Y. (1988).- "Influence of different dietary fats on the incorporation of exogenous fatty acids into rat adipose glycerides".- *J. Nutr.* **118**, 1.447-1.454.
- Márquez-Ruiz, G., Pérez-Camino, M.C., Ruiz-Gutiérrez, V. y Dobarganes, M.C. (1991).- "Absorción de grasas termoxidadas. I. Reproducibilidad y exactitud de las técnicas analíticas previas a la evaluación de los lípidos no absorbidos".- *Grasas y Aceites*. **42**, 32-37.
- Márquez-Ruiz, G. (1989).- "Evaluación analítica y nutricional de grasas comestibles termoxidadas". Tesis Doctoral. Química Orgánica y Farmacéutica. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla.
- Metcalfe, L.D. y Schmitz, A.A. (1961).- "The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis".- *Anal. Chem.* **33**, 363-364.
- Nelson, G.J., Kelley, D.S., Schmidt, P.C. y Serrato, C.M. (1987).- "The influence of dietary fat on the lipogenic activity and fatty acid composition of rat white adipose tissue".- *Lipids* **22**, 338-344.
- Norma UNE 55-037-73. Materias Grasas. Determinación de ácidos grasos por cromatografía gaseosa.
- Norma UNE 55-079-73. Materias Grasas. Determinación cualitativa y cuantitativa de los ácidos grasos saturados en la posición beta de los triglicéridos.
- Phetteplace, H.W., Walkins, B.A. (1989).- "Effects of various n-3 lipid sources on fatty acid compositions in chicken tissues".- *J. Food Compos. Anal.* **2**, 104-117.
- Reiser, R. y Raju, P.K. (1964).- "Inhibition of saturated fatty acid dehydrogenation by dietary fat containing sterculic and malvalic acids".- *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **17**, 8-11.
- Valera-Garrido, D., López-Frías, M., Llopis, J. y López-Jurado, M. (1990).- "Influence of Dietary Fat on the Lipid Composition of Perineal Adipose Tissue in Rats".- *Ann. Nutr. Metab.* **34**, 327-332.
- Walking, A.E. y Wessels, H. (1981).- "Chromatographic separation of polar and nonpolar components of frying fats".- *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **64**, 1329.

(Recibido: Agosto 1991)