

Revisión de los niveles de ácidos grasos *trans* encontrados en distintos tipos de alimentos

By, V. Griguol⁽¹⁾, M. León-Camacho,⁽²⁾ e I.M. Vicario^{(1)*}

⁽¹⁾ Área de Nutrición y Bromatología. Facultad de Farmacia.
C/ P. García González s/n. 41012 Sevilla.

⁽²⁾ Instituto de la Grasa. CSIC. Sevilla

* E-mail: vicario@us.es

RESUMEN

Revisión de los niveles de ácidos grasos *trans* encontrados en distintos tipos de alimentos.

En este trabajo se realiza una exhaustiva revisión bibliográfica de los contenidos en grasos *trans* en alimentos de distinto origen. Los niveles más bajos se encuentran en algunos tipos de pan (0,10%), y los más elevados (hasta 40%), en algunas muestras de patatas fritas. Alimentos tales como shortenings, algunos tipos de galletas y bollería contienen hasta el 30% de dichos ácidos grasos. En las leches y derivados se encuentran cantidades entre 1,50% y 5,20%; en carnes y derivados entre 0,20% y 21,30%; en chocolates desde cantidades nulas hasta 15,70%. La mayor variabilidad se registra en margarinas, entre las que se encuentran desde las "libres de *trans*", hasta algunas con 34,30% de estos ácidos grasos. En cuanto a los distintos isómeros, el mayoritario es el C18:1t seguido del C18:2t, C18:3t, C18:1t y C14:1t. Debido a los efectos desfavorables que presentan sobre la salud se observa en los últimos años una tendencia a reducir este tipo de ácidos grasos en algunos alimentos y a incluirlos en el etiquetado nutricional de los alimentos.

PALABRAS-CLAVE: Ácidos grasos *trans* - Alimentos - Bollería - Chocolates - Margarinas - Productos cárnicos y lácteos.

SUMMARY

Review of the levels of *trans* fatty acids reported in different food products.

In this paper a comprehensive review of *trans*-fatty acid levels reported in different types of food products is offered. The lowest levels are found in some types of bread (0,1%) while the highest levels (up to 40%) are found in fried potatoes. Some foods like shortenings, cakes and pastries may have up to 30% of these fatty acids. In milk and dairy products the reported levels are between 1.50% and 5.20%, in meat and derived products between 0.20% and 21,30%; in chocolates from 0% to 15, 70%. The greatest variability is found in margarines, where a variety has been reported from "trans-free products" to products containing up to 34. 30%. In relation to the *trans*-fatty acid profile, 18:1t is the most abundant fatty acid found in the majority of foods, followed by C18:2t, C18:3t, C18:1t y C14:1t. Due to the negative health effects of these fatty acids, there is a trend to reduce their levels in food products and to include them in the nutritional label of food packaging.

KEY-WORDS: Bakery - Food product - Margarine - *Trans* fatty acids.

1. INTRODUCTION

Los ácidos grasos *trans* son ácidos grasos insaturados que tienen al menos un doble enlace en los que los átomos de hidrógeno adyacente se unen por lados opuestos de la cadena carbonada. Los más frecuentes son los monoinsaturados, pero también pueden encontrarse isómeros di-insaturados con configuraciones *cis*, *trans* o *trans*, *cis* e incluso isómeros triinsaturados. Se originan de manera natural mediante el proceso de biohidrogenación, que es una hidrogenación biológica que transcurre en el estómago de los rumiantes y es llevada a cabo por la flora microbiana. También se pueden originar industrialmente por diversos procesos que incluyen la hidrogenación industrial, la refinación y la fritura. El incremento en la utilización de grasas hidrogenadas en la industria alimentaria ha provocado un aumento de la ingesta de ácidos grasos *trans*, lo que ha despertado el interés de los investigadores respecto a los aspectos nutricionales y metabólicos de estas grasas. Entre los efectos negativos asociados a su consumo, se encuentra una pérdida funcional de las propiedades de los ácidos grasos esenciales, es más, compiten con éstos e inhiben la actividad la enzima Δ -6-desaturasa. Las implicaciones fisiológicas de esta inhibición en los niños son en gran parte desconocidas (Craig-Schmidt, 2001). La alteración del metabolismo de los ácidos grasos esenciales se investigó en lechones, y se comprobó que llevaba a cambios en la composición de fosfolípidos de la arteria aorta, lo cual es un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Kummerow *et al.*, 2004)

Diversos estudios indican que el 18:1t incrementa las concentraciones de LDL-colesterol (cLDL), comparado con los ácidos oleico y linoleico (Morgado *et al.*, 1999; Nestel, 1999). Sin embargo los efectos sobre las HDL son menos consistentes; así, algunos estudios no detectan ningún efecto (Lichtenstein, 1998; Stachowska *et al.*, 2001), mientras otro estudio (de Roos *et al.*, 2001) indica que estos isómeros provocan un incremento en la relación colesterol LDL/colesterol HDL aproximadamente el doble al originado por las grasas saturadas. También pueden atribuirse a los ácidos grasos

trans pequeños incrementos en los niveles de Lipo-proteína (a) (Lichtenstien 1998; Stachowska *et al.*, 2001). Recientemente Tsai *et al.* (2005), encontraron que la ingesta elevada de dichos ácidos grasos incrementa el riesgo de desarrollar un cálculo biliar.

Numerosos estudios epidemiológicos realizados desde la década de los '90, (Troisi *et al.*, 1992; Willet *et al.*, 1993; Aro *et al.*, 1995; Tavani *et al.*, 1997; Hu *et al.*, 1997; Oomen *et al.*, 2001), proporcionan evidencias de una relación positiva entre ingesta de ácidos grasos *trans* e incremento del riesgo de sufrir una Enfermedad Cardiovascular (EC). El estudio TRANSFAIR (Hulshof *et al.*, 1999; van de Vijver *et al.*, 2000) llevado a cabo en 14 países del oeste Europa aconseja la disminución de la ingesta de dichos ácidos grasos; también la recomiendan Dlouhy *et al.* (2003).

Recientemente, el Panel de científicos sobre Productos Dietéticos, Nutrición y Alergia, de la AESA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria), corroboró estos hallazgos, y llegó a la conclusión de que los efectos de los ácidos grasos *trans* sobre la salud cardiovascular son tan negativos como los de los ácidos grasos saturados (AESA, 2004).

Debido a estas evidencias, la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA, 2000) ha propuesto la inclusión de los ácidos grasos *trans* en el etiquetado nutricional para alimentos que contienen más de 0,5 gramos de grasa *trans* por porción. Este etiquetado debe estar presente en todos los productos alimenticios en enero de 2006 (Wilkening, 2001).

Resulta, por tanto interesante saber en qué niveles se encuentran estos ácidos grasos en distintos alimentos de consumo habitual.

2. ACIDOS GRASOS *TRANS* EN DISTINTOS ALIMENTOS

2.1. Carnes y productos cárnicos

En las carnes los ácidos grasos *trans* se encuentran en cantidades variables que oscilan desde 0,20% en carne de cerdo (Pfalzgraf *et al.*, 1994) hasta 21,30% en carne de vaca (tejido adiposo) (Lluch *et al.*, 1993 a). La gran variabilidad observada es debida a varios factores. El principal es el tipo de animal: en los rumiantes dichos ácidos grasos son más abundantes que en los animales no rumiantes, ya que son sintetizados en el rumen por hidrogenación microbiana de los ácidos grasos poliinsaturados (Sommerfield, 1983; Leth *et al.*, 1998; Matsuzaki *et al.*, 1998 a). Principalmente se forman isómeros monoenoicos del C18, siendo el más abundante el C18:1-11t (vaccénico) (Chen *et al.*, 1995; Wolff, 1995; Leth *et al.*, 1998), aunque también se forman cantidades de isómeros *trans* de C16:1 y C18:2 (Pfalzgraf *et al.*, 1994; Precht, 1995). La cantidad de ácidos grasos *trans* en la carne de los animales no rumiantes es generalmente baja y depende de la presencia de dichos ácidos grasos en los alimentos que ingiere el ani-

mal (Pfalzgraf *et al.*, 1994; Aro *et al.*, 1998 a), aunque otros autores (Ackman *et al.*, 1981) afirman que en el intestino de los cerdos, por el proceso microbiano se originan algunos ácidos grasos *trans* que contribuyen a la presencia de estos ácidos en dichos animales. La carne de cerdo y pollo contienen, respectivamente, entre 0,19% - 2,23% y 0,24% - 4,71% (Aro *et al.*, 1998 a). Otro factor es la edad del animal, ya que, según algunos autores (Aro *et al.*, 1998 a), la carne de ternera tiene menos cantidad de estos ácidos grasos (1,5 - 3,3%) que la de vaca (2,8 - 9,5%). Sin embargo, otros autores (Leth *et al.*, 1998), encuentran la relación inversa. Así, para el C18:1t hallan que su contenido es la mitad en carne de vaca que en la de ternera (2,10% y 4,0%, respectivamente). Otros factores que pueden influir en el contenido de isómeros *trans* son: la raza y categoría de la canal (Lluch *et al.*, 1993 a).

En general, los isómeros C18:1t están presentes en mayor cantidad en el tejido adiposo (4,6%) que en los músculos (2%) del ganado bovino (Wolff *et al.*, 1995). Una explicación a este fenómeno sería que los músculos contienen fosfolípidos en mayor proporción que el tejido adiposo, que es un tejido de reserva de grasa. El nivel de C18:1t es menor en los fosfolípidos que en los triacilgliceroles, por lo que los lípidos totales de los músculos tienen menor contenido de dicho isómero que los lípidos del tejido adiposo, casi exclusivamente compuesto por triacilgliceroles (Wolff, *et al.*, 1998). Por su parte, en el ganado porcino algunos autores afirman que ocurre lo mismo (Lin *et al.*, 1984), aunque otros (Lluch *et al.*, 1993 b) establecen que no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes relativos de formas *trans* entre grasa intramuscular y tejido adiposo.

La Tabla 1 muestra el contenido de ácidos grasos en derivados cárnicos. La variabilidad observada se deba los distintos productos analizados (salchichas, jamón, chorizo, etc.), y a que el contenido de carne de cerdo y de vaca en los mismos es variable, siendo menor el contenido en *trans* cuanto más proporción de la primera de éstas tenga el embutido. Así, los productos analizados por Matsuzaki *et al.*, (1998 a), tienen una elevada cantidad de ácidos grasos *trans* (4,40%) debido a que proceden de carne de ganado vacuno, mientras que los analizados por Fritshe y Steinhart (1997) tienen poca cantidad de dichos isómeros (0,21%-0,67%) porque en sus productos prima la carne de ganado porcino.

En cuanto a los diferentes ácidos grasos *trans*, el detectado en general como mayoritario es el C18:1t, el segundo en cantidad es el C18:2t, y el tercero el C16:1t, que no es identificado por diversos autores. El C14:1t sólo es detectado en una muestra de carne de pollo, en dos de vaca, en una de cerdo y en una de derivados cárnicos, siempre en cantidades muy pequeñas. Por su parte, ningún isómero *trans* del C18:3 es detectado en las mues-

Tabla 1
Contenido (%) de ácidos grasos *trans* en derivados cárnicos

Muestra	C14:1t	C16:1t	C18:1t	C18:2t	<i>Trans</i> totales	Referencia
Embutidos de carne porcina	-	0,18-0,69	0,14-1,53	0,01-0,23	0,37-2,14	Hernández <i>et al.</i> , 1991
	-	-	-	-	0,50	Boatella <i>et al.</i> , 1993
	-	-	0,20-2,60	tr-0,30	0,20-3,40	Pfalzgraf <i>et al.</i> , 1994
	<0,01	0,01-0,03	0,14-0,53	0,06-0,23	0,21-0,67	Fritsche y Steinhart, 1997
	-	-	-	-	0,20-0,87	Ali <i>et al.</i> , 1997
Salchichas	-	-	-	-	0,60-6,40	Demmelmair <i>et al.</i> , 1996
	-	-	0,25-3,63	-	0,30-5,30	Aro <i>et al.</i> , 1998 a
Embutidos de carne vacuna	-	-	-	-	4,40	Matsuzaki <i>et al.</i> , 1998 a

2.2. Leche y derivados

En leche de vaca el contenido en ácidos grasos *trans* oscila entre 1,50%-5,20% (Matsuzaki *et al.*, 1998 b), teniendo los quesos y natas cantidades algo superiores; por su parte, las mantequillas tienen desde cantidades nulas (Coll y Gutiérrez, 1989) (esto probablemente debido a la utilización de una columna muy corta, 6,1 m, con la cual no se consiguió la separación de dichos isómeros), hasta 7,90% (Pfalzgraf *et al.*, 1994). En leche condensada, unos autores (Fritsche y Steinhart, 1997) encuentran que dicho contenido es prácticamente la mitad que la citada por otros (Matsuzaki *et al.*, 1998c) (2,46% y 4,50%, respectivamente).

La mayoría de las veces, los análisis de dichos ácidos grasos se centran en los *trans* octadeceniicos, por ser los más abundantes en estos alimentos, comprendiendo en la leche el 97%-98% de todos los isómeros *trans* (Parodi, 1976), aunque otros autores (Aro *et al.*, 1998 a) lo estiman en 52%-75%. Dentro de dichos isómeros, el más abundante es el *trans* vaccénico (C18:1 11t) (Fritsche y Steinhart, 1998). Otros ácidos grasos registrados son C14:1t, C16:1t, C18:2t y C18:3t en pequeñas cantidades. Por ejemplo, el ácido palmitelaídico (C16:1 9t) oscila entre 0% y 1,20% (Matsuzaki *et al.*, 1998 c).

Las variaciones en el contenido de ácidos grasos *trans* pueden explicarse por las diferencias estacionales. Los alimentos lácteos tienen mayor contenido de dichos isómeros en primavera-verano que en otoño-invierno, debido a la alimentación del ganado con pastos frescos en aquellas épocas del año (Wolff, 1994; Wolff *et al.*, 1995; Zęgarska *et al.*, 1996), lo que se refleja en cambios en el perfil lipídico de la leche. También pueden ser debidas al proceso de fabricación, tales como el tratamiento térmico durante la pasteurización y la fermentación de los quesos y yogures (Fritsche y Steinhart, 1998).

2.3. Helados

En los helados encontramos diversos tipos: los convencionales, fabricados con grasas lácteas, cu-

yo contenido en ácidos grasos *trans* oscila entre 2,63% y 6,07% (Aro *et al.*, 1998 a), o bien pueden ser productos preparados con grasas vegetales o aceites vegetales parcialmente hidrogenados, lo que los convierten en una fuente de ácidos grasos *trans* en la dieta, a tener en consideración. Estos últimos incluyen productos que contienen aceites vegetales parcialmente hidrogenados con 14% - 31% de *trans* y productos con bajo contenido en *trans* (0,20% - 1,80%) (Aro *et al.*, 1998 a).

Zęgarska y Borejszo (2001) encuentran en helados polacos, que 6 de las muestras que analizan son libres de *trans*, pero dos poseen 11,3% y 19,4% del isómero C18:1t.

En helados comercializados en España (Griguol *et al.*, 2003) las muestras se clasifican en tres grupos atendiendo a su perfil de ácidos grasos: Grupo 1: helados elaborados con grasa vegetal hidrogenada, con alto contenido en *trans* (19,98% ± 0,62). Grupo 2: helados elaborados con grasa vegetal, con bajo contenido en *trans* (0,36% ± 0,19) y Grupo 3: helados elaborados con mezcla de grasa vegetal y láctea, con cantidades intermedias de estos isómeros (1,31% ± 0,77).

El ácido graso *trans* mayoritario es el C18:1t y está presente en todas las muestras. El siguiente isómero *trans* en importancia es el C18:2t. Los isómeros C14:1t y C16:1t se detectan en algunas muestras en baja proporción (<1%). El C18:3t sólo se detecta en un 0,58% en una muestra de helado con alto contenido en isómeros *trans* y es debida a la presencia de aceites vegetales hidrogenados en su composición (Griguol *et al.*, 2003).

2.4. Aceites vegetales

La mayoría de las semillas usadas en la producción de aceites vegetales no contienen isómeros *trans*, aunque se han detectado ácido brasídico (C22:1 13t) y gondoico (C20:1 11t) en semillas de colza (Sommerfield, 1983). Por tanto también en aceites vegetales sin refinar (Precht y Molkentein, 1995). Los aceites de oliva virgen, al sufrir el fruto sólo una prensada en frío, carecen de estos isómeros, mientras que los de oliva (que son una mezcla de aceite de oliva virgen con refinado), y los de oli-

va refinado, poseen hasta un 0,10% y 0,50% de los mismos, respectivamente (Fernandez San Juan, 1996; Wagner *et al.*, 2000 y Boatella *et al.*, 1993). Durante el proceso de refinado, son necesarias altas temperaturas, especialmente durante los tratamientos con vapor y desodorización. En este proceso, los enlaces *cis* se modifican a *trans*. Los ácidos grasos *trans* se forman aproximadamente a 190° C, que es la temperatura normal en estos procesos (Wagner *et al.*, 2000). La cantidad de ácidos grasos *trans* en los aceites refinados está influenciada más por la temperatura que por la duración de la refinación (Pudel y Denecke, 1997). El contenido en ácidos grasos *trans* en los aceites refinados varía desde 0,10% y 0,80%, mientras que los aceites de oliva prensados en frío contienen un máximo de 0,10% de dichos ácidos grasos. Esto permite un mecanismo de control analítico en la adulteración de aceites fríos prensados.

Ocasionalmente, los aceites comestibles son hidrogenados suavemente, por ejemplo, para mejorar su estabilidad oxidativa, se reduce así el contenido en ácido linoleico, pero se incrementa el contenido en ácidos grasos *trans*, ya que se forman isómeros geométricos y de posición de dicho ácido graso (Ratnayake y Pelletier, 1992). Este incremento es del orden del 13,4 % (Enig *et al.*, 1983). Los isómeros formados en los aceites vegetales durante el proceso de refinación son diferentes en tipo y niveles de los formados durante el proceso de hidrogenación. (Ackman *et al.*, 1974). Mientras que en los aceites hidrogenados son mayoría los isómeros *trans* monoenoicos, en los originados por desodorización y refinación física a elevadas temperaturas son mayoría los *trans* di- y trienoicos, independientemente de la formación de isómeros de posición (Duchateau *et al.*, 1996). Por su parte, Slover *et al.*, (1985), indican que la hidrogenación parcial produce isómeros geométricos tanto de los ácidos grasos poliinsaturados (el 9,12 octadecadecanoico), como de los monoinsaturados.

En relación a las muestras de aceite de girasol refinado, se detecta como ácido graso *trans* mayoritario al C18:2t, seguido del C18:1t, no encontrándose C14:1t ni C16:1t. Por su parte, el C18:3t se encuentra en pequeña cantidad. Esto es debido a que dicho aceite posee grandes cantidades de ácido linoleico, lo cual favorece su conversión a la forma *trans* (Enig *et al.*, 1983). En el proceso de calentamiento de los aceites, hay autores que registran un aumento en la cantidad de C18:1t, (Aro *et al.*, 1998c; Romero *et al.*, 2000) mientras que otros no registran cambios (Wagner *et al.*, 2000).

En los aceites de mezcla de semillas, refinados y/o hidrogenados, la cantidad total de estos isómeros oscilan entre 0,14% y 1,19% del total de ácidos grasos (Aro *et al.*, 1998c).

2.5. Margarinas

Existe una gran variabilidad en el contenido de ácidos grasos *trans* en margarinas (Griguol *et al.*,

2006). Así, las margarinas neozelandesas poseen cantidades que oscilan entre 12,6% y 19,7% (Lake *et al.*, 1996); las canadienses entre 0,9% y 46,4% (Ratnayake *et al.*, 1998); las austriacas tienen contenidos entre 0,3% y 3,7% (Wagner *et al.*, 2000); las alemanas entre 1,9% y 6,15% (Precht y Molkentin 2000); las escocesas poseen como término medio 6,7% (Wilson *et al.*, 2000); las estadounidenses entre 2,4% y 23,4% (Okamoto *et al.*, 2001); las portuguesas entre 0,2% y 8,9% (Torres *et al.*, 2002); las turcas oscilan entre 0-37,8% (Tekin *et al.*, 2002) y 0,9-32% (Cetin *et al.*, 2003); las griegas entre 0,1 y 19% (Triantafyllou *et al.*, 2003) y las pakistaníes entre 1,6 y 23,1% (Bhanger y Anwar, 2004). En nuestro país dicha variabilidad es también alta: 0,40-19,2% (Larqué *et al.*, 2003).

Los mayoritarios son los ácidos *trans* octadecenoicos así como los isómeros geométricos del ácido linoleico (Precht y Molkentin, 1995). El origen de estos es atribuible a la hidrogenación parcial de los aceites nativos, que produce isómeros de posición y geométricos de dichos ácidos (Slover *et al.*, 1985; Wolff, 1992; Ratnayake y Pelletier, 1992). Dicha hidrogenación, que es probablemente la mayor herramienta de los productores de margarinas, tiene la finalidad de reducir el grado de insaturación y elevar el punto de fusión del aceite. El proceso raramente se hace completo, porque las grasas totalmente saturadas tienen puntos de fusión muy elevados y sin las características plásticas deseadas (Valenzuela *et al.*, 1995).

El C14:1t no se detecta en este tipo de productos. Por su parte, el C16:1t lo detectan aquellos autores que analizan margarinas que han sido elaboradas con aceites de pescado hidrogenados. En relación a dicho ácido graso puede destacarse el incremento de la presencia del mismo, según se incrementa la dureza de la margarina (Hyvönen *et al.*, 1993; Ovesen *et al.*, 1998), lo que indicaría la formación del mismo en el proceso de hidrogenación a que es sometido el aceite de pescado para su endurecimiento para convertirlo en margarina. En relación al C18:3t, se destacan las cantidades reducidas de los mismos. Según Ackman *et al.*, (1974) la presencia de los isómeros *trans* geométricos de los ácidos linoleico y linolénico en las margarinas se debe a que las mismas están constituidas por aceites refinados o desodorizados por procedimientos físicos, ya que al exponer los aceites a elevadas temperaturas, se forman dichos isómeros; sin embargo no siempre están presentes en los aceites refinados, indicando la gran variación existente en las prácticas de los procesos de refinación (Enig *et al.*, 1983).

Algunos autores (Hyvönen *et al.*, 1993; Precht y Molkentin, 2000; Wilson *et al.*, 2000) identifican isómeros *trans* del C20 ó C22, que provienen de aceites marinos hidrogenados.

La creciente publicidad sobre los efectos desfavorables de los ácidos grasos *trans* parece haber influenciado a los productores de margarinas, a reducir la cantidad de estos isómeros en sus productos (Ratnayake *et al.*, 1998). Esta tendencia se ha

detectado en las margarinas de Francia (Bayard y Wolff, 1995), Dinamarca (Ovensen *et al.*, 1996), Austria (Henninger y Ulberth, 1996), Alemania (Molkentin y Precht 1996; Precht y Molkentin, 2000), Escocia (Wilson *et al.*, 2000), República Checa (Brät y Pokorny, 2000) y Estados Unidos (Okamoto *et al.*, 2001); mientras que en Canadá (Ratnayake *et al.*, 1998), las margarinas siguen teniendo grandes cantidades de estos ácidos grasos. Puede decirse que en España la tendencia también es a reducir este tipo de ácidos grasos, ya que hasta 1996, con la excepción de las seis margarinas analizadas por Coll y Gutiérrez (1989), el contenido de los mismos estaba por encima del 10%, reduciéndose a 8,87% en 2000 (Alonso *et al.*, 2000), hasta llegar al 2,50% actual (Larqué *et al.*, 2003). Todos estos estudios destacan la gran variabilidad de dichos ácidos grasos existente en las muestras: entre 0,30% y 34,70%. Esta variabilidad puede explicarse por los distintos parámetros usados durante el proceso de fabricación, por ejemplo las condiciones de hidrogenación y/o desodorización (Fritsche y Steinhart, 1998), así como por la cantidad de ácidos grasos insaturados que haya en las materias primas usadas para la elaboración de estos productos (Enig *et al.*, 1983). Henninger y Ulberth (1996) afirman que la composición de las margarinas puede depender del precio que las materias primas tengan en el mercado. Otra razón de la variabilidad es la aparición de las margarinas llamadas "libres de *trans*". Una práctica utilizada para producirlas es la llamada "interesterificación", que es una alternativa al proceso de hidrogenación parcial que puede ser usada para conseguir aceites y grasas deseadas desde un punto de vista funcional. Consiste en una mezcla de aceites o grasas vegetales altamente saturadas (ej. aceite de palma o aceites totalmente hidrogenados) con aceites líquidos. Los niveles de ácidos grasos *trans* de las mezclas interesterificadas son muy bajos (0,10%), comparados con los de las grasas de los alimentos comerciales (1,30% - 12,10%) (Petrauskaitė *et al.*, 1998). Un estudio llevado a cabo en 12 margarinas turcas (Tekin *et al.*, 2002), estableció que 4 de las muestras analizadas no poseían ácidos grasos *trans*, sugiriendo que las mismas habían sido elaboradas por medio de este proceso. La presencia de ácidos grasos de cadena corta insinúa la utilización de aceite de coco en su formulación, el cual no es deseable para el perfil lipoproteico.

2.6. Shortenings

Shortening es un término genérico utilizado para describir grasas y aceites usados en la preparación de alimentos. Recientemente (Alonso *et al.*, 2002), se analizaron en España 22 muestras de shortenings utilizados como materia prima de sandwichs, helados, coberturas de chocolate, etc. dando una media de 6,55% de ácidos grasos *trans*, aunque en otros países, como Pakistán se han detectado cantidades mucho mayores, hasta 31,7%

(Bhanger y Anwar, 2004). La tendencia a la reducción de dichos ácidos grasos, al igual que en margarinas, también se registra en estos productos, como se desprende de un estudio llevado a cabo en Alemania (Precht y Molkentin, 2000), ya que en 1994 la media era 11,77%, bajando en 1999 a 9,91%.

2.7. Harinas y derivados

En los panes hay gran variabilidad en el contenido de ácidos grasos *trans*, ya que existen diferentes tipos de pan según su elaboración: pan bregado (para el que se emplean cilindros refinadores); pan de flama (con mayor proporción de agua) y pan especial (cuando lleva algún tipo de adición o sustracción, ej: sal o grasa o la forma de moldeado). La variabilidad mencionada anteriormente va desde 0,1% (Daglioglu y Tasan, 2003) hasta valores medios superiores al 10% (Ratnayake *et al.*, 1993; Cuadrado *et al.*, 1998 y Tavella *et al.*, 2000). Hay que aclarar que en el estudio Transfair llevado a cabo en 12 países europeos (van Erp-baal *et al.*, 1998), la cantidad total de *trans* en 5 de las muestras de pan analizadas es igual o inferior a 0,52%; en otros 4 ronda el 2%, siendo del 6% solamente en 2 países, mientras que el máximo valor, encontrado en pan de molde, le corresponde a España: 17,35%, país que también tiene el máximo valor para las pizzas (10,40%). Con excepción del primero de los autores mencionados, que cita al C18:2t, todos ellos coinciden en registrar al C18:1t como el isómero mayoritario.

2.8. Galletas, productos de bollería y confitería

Los contenidos en ácidos grasos *trans* en galletas, productos de bollería y confitería están expuestos en las Tablas 2, 3 y 4, respectivamente. En la primera de ellas se observa gran variabilidad de los mismos entre las galletas, oscilando entre 0,25% en las galletas tipo "María" (Cuadrado *et al.*, 1998) hasta 35,54% en las "crackers" integrales (Vicario *et al.*, 2003). Lo mismo se aprecia en los productos de bollería, encontrándose muestras que carecen de dichos ácidos grasos (van Erp-baal *et al.*, 1998), hasta muestras en las que los mismos representan el 40% del total de los ácidos grasos (Okamoto *et al.*, 2001). Un alimento muy habitual en la dieta infantil son las llamadas cremas de cacao, con cantidades entre 0,60% y 12,36% de dichos isómeros (Wagner *et al.*, 2000; Cuadrado *et al.*, 1998). Por su parte, los chocolates tienen desde cantidades nulas (Cuadrado *et al.*, 1998), hasta 15,70% (Pfalzgraf *et al.*, 1994) (Tabla 4).

La variabilidad mencionada también se aprecia en un mismo tipo de producto. Así, en galletas crackers se encuentran valores que oscilan de 0,81% de ácidos grasos *trans* a 13,60% (Vicario *et al.*, 2003), debido a las diferentes recetas usadas por los productores para su elaboración, que pueden basarse en un bajo o alto contenido de estos isó-

Tabla 2
Contenido (%) de ácidos grasos *trans* en galletas de distinto tipo

Tipo de Galleta	C14:1t	C16:1t	C18:1t	C18:2t	C18:3t	<i>Trans</i> totales	Referencia
Diversas	-	-	Nd-34,20	-	-	-	Enig <i>et al.</i> , 1983
	-	-	-	-	-	7,60-38,70	Ratnayake <i>et al.</i> , 1993
	-	-	-	-	-	1,10	Fernández San Juan, 1995, 1996
	-	0,10	1,50	0,30	0,10	1,90	Lake <i>et al.</i> , 1996
	-	-	0,1-25,15	-	-	0,12-27,96	Van Erp-Baart <i>et al.</i> , 1998
	-	-	1,2-29,1	0,3-3,1	0,0-0,2	1,0-30,50	Daglioglu <i>et al.</i> , 2000
Mantequilla	0,02	0,08	0,41	0,59	-	1,10	Fritsche y Steinhart, 1997
	0,14	0,26	0,57	0,35	0,24	1,41	Vicario <i>et al.</i> , 2003
María	-	-	-	-	-	0,25	Cuadrado <i>et al.</i> , 1998
Crackers	-	-	Nd - 29,0	-	-	-	Enig <i>et al.</i> , 1983
	-	-	-	-	-	13,8-35,4	Ratnayake <i>et al.</i> , 1993
	-	ND	1,60	0,30	0,10	2,00	Lake <i>et al.</i> , 1996
	-	0,0-6,82	5,18-10,8	0,44-1,3	0,08-5,3	9,10-29,1	Van Erp-Baart <i>et al.</i> , 1998
	-	-	-	-	-	23,0-51,0	Innis <i>et al.</i> , 1999
	-	-	7,62-11,1	-	-	-	Tavella <i>et al.</i> , 2000
	-	-	-	-	-	12,2-31,2	Martin <i>et al.</i> , 2005
	0,00	0,01	6,29	0,87	0,04	7,21	Vicario <i>et al.</i> , 2003
Crackers integral	0,00-0,14	0,00-0,26	0,10-31,7	0,23-3,79	0,00-0,25	0,4-35,00	

Tabla 3
Contenido (%) de ácidos grasos *trans* registrados en productos de bollería

Tipo de producto	C14:1t	C16:1t	C18:1t	C18:2t	C18:3t	<i>Trans</i> totales	Referencia
Bollería diversa	-	-	Nd-32,10	-	-	-	Enig <i>et al.</i> , 1983
	-	-	-	-	-	10,0-25,7	Ratnayake <i>et al.</i> , 1993
	-	-	-	-	-	1,60	Boatella <i>et al.</i> , 1993
	-	-	0,00-14,30	0,00-0,80	-	0,00-15,50	Pfalzgraf <i>et al.</i> , 1994
	-	0,05-1,46	0,37-4,85	0,02-0,14	-	0,44-5,01	Zapalena <i>et al.</i> , 1995
	-	-	-	-	-	9,40	Fernández San Juan, 1996
	0-0,3	0,3-0,4	3,0-7,1	0,0-0,4	0,0-0,3	3,6-7,5	Lake <i>et al.</i> , 1996
	< 0,01	< 0,01-0,05	0,39-5,51	0,05-0,44	-	0,44-5,95	Fritsche y Steinhart, 1997
	-	-	-	-	-	15,35	Cuadrado <i>et al.</i> , 1998
	-	-	T-29,97	-	-	0-33,32	Van Erp-Baart <i>et al.</i> , 1998
	-	Tr-0,03	0,38-11,1	0,17-2,15	-	0,6-11,85	Parcerisa <i>et al.</i> , 1999
	-	-	2,7-36,7	2,1-4,2	0,0-0,4	5,2-40,0	Okamoto <i>et al.</i> , 2001
	-	-	1,49-41,44	-	-	-	Zegarska y Borejszo, 2001
	0,00-0,03	0,00-0,16	0,00-5,16	0,07-0,66	0,00-1,52	0,15-5,94	Vicario <i>et al.</i> , 2003
Croissants	-	-	2,06-13,00	-	-	3,03-14,6	Van Erp-Baart <i>et al.</i> , 1998
	-	Tr	5,16	0,46	0,32	5,94	Vicario <i>et al.</i> , 2003
Magdalenas	-	0-4,35	0,1-4,94	0,1-0,36	0,2-2,14	0,39-12	Van Erp-Baart <i>et al.</i> , 1998
	-	Tr	0,00	0,66	1,44	2,10	Vicario <i>et al.</i> , 2003
Pasteles de/cubierto de* chocolate	-	-	-	-	-	3,10	Fernández San Juan, 1995 1996
	0,30	0,40	3,70	0,50	0,40	5,30	Lake <i>et al.</i> , 1996
	-	-	2,80 3,60*	Nd 0,20*	-	2,80 3,80 *	Fernández San Juan, 2000
		0,70	1,31	0,59	1,49	4,10	Vicario <i>et al.</i> , 2003

Tabla 4
Contenido (%) en ácidos grasos *trans* en productos de confitería

Muestra	C14:1t	C16:1t	C18:1t	C18:2t	<i>Trans</i> totales	Referencia
Chocolates	-	-	-	-	11,10	Ratnayake <i>et al.</i> , 1993
	-	-	0,2-13,7	Tr-2,7	0,2-15,7	Laryea <i>et al.</i> , 1988
	< 0,01	< 0,01	0,35	0,08	0,43	Fritsche y Steinhart, 1997
	-	-	-	-	0,00	Cuadrado <i>et al.</i> , 1998
Cremas de cacao	-	-	-	-	0,9-12,3	Laryea <i>et al.</i> , 1988
	-	-	-	-	6,60	Pfzalgraf <i>et al.</i> , 1994
	-	-	-	-	6,20	Demmel-mair <i>et al.</i> , 1996
	< 0,01	< 0,01	5,15	0,44	5,59	Fritsche y Steinhart, 1997
	-	-	-	-	12,36	Cuadrado <i>et al.</i> , 1998
	-	-	-	-	4,90	Wagner <i>et al.</i> , 2000
	-	-	-	-	-	-

meros. Igualmente en el bollo relleno al cacao, de gran consumo por parte de niños y adolescentes se encuentran valores entre 0,63% y 2,25% de dichos isómeros, lo que indica que para un mismo producto se han usado fuentes distintas de grasa (grasa animal, una de ellas, y grasas y/o aceites vegetales, la otra muestra). Este hecho ha sido constatado incluso dentro de una misma marca comercial, elaborada en fábricas situadas en zonas geográficas españolas distintas (Ochoa *et al.*, 1998).

El C18:1t es el mayoritario de los ácidos grasos *trans* en este tipo de productos. Martin *et al.* (2005) estiman que representa el 83,2% del total de dichos ácidos grasos. Su presencia es debida a los aceites hidrogenados utilizados como ingredientes en la elaboración de estos productos (van Erp-baart *et al.*, 1998; Diagloglu *et al.*, 2000; Fernández San Juan, 2000). En algunos productos que contienen leche, el origen de este isómero es natural.

El C18:2t es el segundo en cantidad dentro de los ácidos grasos *trans*. Dentro de ellos, el monoin-saturado representa el 1,6% - 4,2%, mientras que el C18:2 (9t, 12t) el 0,10 - 1,5% del total de los ácidos grasos *trans* en galletas crackers (Martin *et al.*, 2005). Estos isómeros provienen de procesos tanto de hidrogenación como de refinación de los aceites vegetales que componen estos alimentos y también en los de biohidrogenación, por lo cual está presente en alimentos elaborados con leche de vaca.

Los isómeros C16:1t y C18:3t se encuentran en pequeñas cantidades. El primer isómero aparece en las grasas lácteas y como producto de la hidrogenación de los aceites de pescado (Hyvönen *et al.*, 1992), mientras que el segundo aparece cuando los aceites se someten a procesos de refinación y/o desodorización (Ackman *et al.*, 1974). Representa en galletas crackers entre 0,11 y 0,75% del total de ácidos grasos *trans* (Martin *et al.*, 2005).

2.9. Conservas, alimentos precocinados y preparados alimenticios especiales

El aceite de pescado en su estado natural tiene cantidades insignificantes de ácidos grasos *trans*,

menos de 1,10% (Fritsche y Steinhart, 1997). Cuando los mismos se procesan enlatados, puede apreciarse en la Tabla 5 que la cantidad de los mismos se incrementa, llegando a constituir el 8,93% del total de los ácidos grasos en sardinas en salsa de tomate (Castro *et al.*, 2001a). Puede apreciarse en dicha tabla que el C18:2t es el mayoritario en las muestras de conservas de pescado analizadas, excepto en las del aceite de cobertura de las sardinas (Cavallaro *et al.*, 1996) y en las sardinas en salsa de tomate (Castro *et al.*, 2001a), en las que el mayoritario es el C18:1t. Este isómero también es mayoritario en el aceite de pescado en su estado natural y proviene de la alimentación del animal criado en piscifactoría (piensos) (Fritsche y Steinhart, 1997).

Los *trans* poliinsaturados del C18 provienen del aceite de cobertura (Cavallaro *et al.*, 1996), puesto que el pez en su estado natural registra una mínima cantidad de C18:2t y no presenta C18:3t (Colonnello *et al.*, 1996).

La variabilidad observada en el contenido de ácidos grasos *trans* podría deberse al aceite de cobertura utilizado y a la zona geográfica de captura de los peces (Castro *et al.*, 2001 a,b). Otros factores que pueden influir en la cantidad de dichos ácidos grasos son: la época del año en que se captura el pez, así se encuentran niveles más altos en sardinas capturadas en septiembre que en las capturadas en febrero (Tabla 5), y también el proceso de esterilización a que ha sido sometido el producto (Cavallaro *et al.*, 1996).

La variabilidad observada dentro de los ácidos grasos *trans* en los alimentos congelados, sobre todo patatas fritas, que oscila entre 0,28% y 41,5% (Aro *et al.*, 1998 b) (Tabla 5), es debida a que estos productos se fríen en una mezcla de aceites y/o grasas vegetales parcialmente hidrogenados de diferente origen, los cuales tienen un contenido variable de dichos ácidos grasos porque dependen de las condiciones de hidrogenación a las que son sometidos los mismos (catalizador, temperatura, presión y tiempo) (Fritsche y Steinhart, 1997); sin olvidar que en el proceso de fritura también se originan nuevos ácidos grasos *trans* (O'Kneefe, 1993; Ro-

mero *et al.*, 2000). También se aprecia la superioridad del isomero *trans* octadecenoico, y la elevada cantidad que poseen de los mismos las croquetas.

La cantidad de ácidos grasos *trans* en caldos oscila entre 7,61% y 19,13% (Aro *et al.*, 1998 b); y en sopas y cremas entre 2,90% (Pfalzgraf *et al.*,

Tabla 5
Contenido (%) de ácidos grasos *trans* registrados en conservas, alimentos precocinados y preparados alimenticios especiales

Muestra	C14:1t	C16:1t	C18:1t	C18:2t	C18:3t	Trans totales	Referencia	
Sardinas	Carne	-	0,31	0,13	0,36	-	1,08	Colonello <i>et al.</i> , 1996
		-	-	0,70 ^s Tr ^f	1,34 ^s 0,33 ^f	0,25 ^s 0,11 ^f	2,30 ^s 0,44 ^f	Cavallaro <i>et al.</i> , 1996
	Aceite	-	-	0,03	0,01	-	0,04	Castro <i>et al.</i> , 2001a
Atún	Aceite	-	-	0,17-0,19	0,57-0,14	-	-	Castro <i>et al.</i> , 2001b
	Agua	-	-	0,37-0,16	1,39-1,50	-	1,77-2,73	
Patatas prefritas	-	-	-	-	-	32,8-42,8	Ratnayake <i>et al.</i> , 1993	
	-	-	-	-	-	20,90	San Juan, 1996, 2000	
	< 0,01	< 0,01	19,7-29,5	4,61-6,7	-	26,4-34,1	Fritsche y Steinhart, 1997	
Croquetas	-	-	0,01-40,1	-	-	0,28-41,5	Aro <i>et al.</i> , 1998 b	
	-	-	24,39	-	-	25,77		
Caldos	-	-	-	-	-	15,40	Fernández San Juan, 1995	
	-	-	6,69-18,42	-	-	7,61-19,13	Aro <i>et al.</i> , 1998 b	
Sopas y cremas	-	-	2,30-27,7	0,1-0,9	-	2,90-34,9	Pfalzgraf <i>et al.</i> , 1994	
	-	-	-	-	-	15,40	Fernández San Juan, 1995 1996	
	-	-	-	-	-	> 9,00	Henninger y Ulberth, 1997	
-	-	6,18-40,2	-	-	6,57-41,3	Aro <i>et al.</i> , 1998 b		

Muestras analizadas en: ^s Septiembre ^f Febrero

Tabla 6
Contenido en ácidos grasos *trans* registrados en Salsas y Misceláneo

Muestra	C14:1t	C16:1t	C18:1t	C18:2t	Trans totales	Referencia
Salsa Mayonesa	-	-	-	-	0,34	Slover <i>et al.</i> , 1980
	-	-	0,00-3,30	-	-	Enig <i>et al.</i> , 1983
	< 0,01	< 0,01	5,03	0,95	5,98	Fritsche y Steinhart, 1997
	-	-	ND	-	-	Tavella <i>et al.</i> , 2000
Salsa tártara	-	-	17,62	-	18,69	
	-	-	0,04	-	0,48	Aro <i>et al.</i> , 1998 b
Tomate frito	-	-	13,80	-	15,27	
Misceláneo de distintos tipos	-	-	0,4-30,4	-	-	Enig <i>et al.</i> , 1983
	-	-	0,00-14,90	Tr-6,60	Tr-20,20	Pfalzgraf <i>et al.</i> , 1994
	< 0,01	< 0,01-0,03	0,41-15,85	0,25-6,16	1,22-22,01	Fritsche y Steinhart, 1997
	-	-	0,02-10,35	-	0,47-14,45	Aro <i>et al.</i> , 1998 b
	-	-	3,74	-	-	Tavella <i>et al.</i> , 2000
	-	-	-	-	0,50-16,00	Wagner <i>et al.</i> , 2000
	-	-	0,10	ND	0,10	Fdez San Juan, 2000
Patatas fritas	-	-	0,50-17,30	0,00-1,60	-	Zegarska y Borejszo, 2001
	-	-	nd-23,2	-	-	Enig <i>et al.</i> , 1983
	-	-	-	-	29,70-39,70	Ratnayake <i>et al.</i> , 1993
	-	-	-	-	0,60	Fernández San Juan, 1996
	ND	ND	0,20	0,30	0,50	Lake <i>et al.</i> , 1996
	-	-	-	-	3,4-21,1	Santana <i>et al.</i> , 1999
	-	-	0,60	0,30	0,90	Fdez San Juan, 2000
-	-	0,30	-	-	Tavella <i>et al.</i> , 2000	

1994) y 41,3% (Aro *et al.*, 1998 b). La elevada cantidad de ácidos *trans* monoinsaturados es debida al proceso de hidrogenación a que son sometidos los aceites para endurecerlos (Slover *et al.*, 1985). Por su parte, los *trans* poliinsaturados aparecen durante los tratamientos con calor (Berdeaux *et al.*, 1996; Sèbèdio *et al.*, 1987), ya que estos productos hierven mucho tiempo durante su elaboración, para deshidratarlos.

2.10. Salsas y misceláneo

Además de los alimentos mencionados anteriormente, los ácidos grasos *trans* pueden encontrarse en cantidades considerables y muy variables en otros alimentos como: salsas, donde dichos ácidos grasos oscilan entre 0,34% (Slover *et al.*, 1980) y 18,69% (Aro *et al.*, 1998 b); patatas fritas: 0,50% - 39,70% (Lake *et al.*, 1996; Ratnayake *et al.*, 1993) y snacks: entre 0,10% (Fernández San Juan, 2000) y 22,01% (Fritshe y Steinhart, 1997) (Tabla 6).

La variabilidad observada en este tipo de ácidos grasos es debida a que estos productos contienen una mezcla de aceites vegetales parcialmente hidrogenados de diferente origen (soja, maíz, girasol, etc.). Las proporciones de aceites hidrogenados y no hidrogenados en estos alimentos son variables para obtener las propiedades físicas deseadas.

La mayoría de los autores consideran mayoritario al isómero *trans* octadecenoico, argumentando que aparece debido al uso de aceites hidrogenados (Fritsche y Steinhart, 1997), mientras que otros no lo detectan, como ocurre en las muestras de salsa mayonesa (n=3) analizadas por Tavella *et al.*, (2000). Por su parte, Enig *et al.* (1983) sólo lo detectan en una de las cuatro muestras de dicho alimento analizadas, todas elaboradas con aceite de soja, aunque sólo la que tiene el aceite hidrogenado presenta este isómero y en una sola de las 6 muestras de patatas fritas analizadas. Otros autores (Aro *et al.*, 1998 b) probablemente no lo consideren como tal, ya que para la salsa tártara lo fijan en 0,04%, siendo el total de *trans* 0,48 %, por lo que los mayoritarios serían el C18:2t y C18:3t. Probablemente esto se deba al aceite de soja o girasol utilizado en la elaboración de dicho alimento, ya que dichos isómeros son originados durante las elevadas temperaturas a que se somete el aceite para su refinación o desodorización (Ackman *et al.*, 1974; Duchateau *et al.*, 1996).

En definitiva, los ácidos grasos *trans* aparecen en cantidades variables en la mayoría de los alimentos de consumo habitual. Los niveles más altos corresponden a aquellos alimentos sometidos a un proceso industrial de hidrogenación o refinación y los niveles más bajos a los alimentos no procesados. La variabilidad en los niveles detectados en un mismo tipo de alimento por diversos autores puede deberse a factores relacionados con el propio alimento, con el tipo de procesado y con los métodos analíticos empleados.

BIBLIOGRAFÍA

- Ackman, G.G., Hooper, S.N., Hooper, D.L. 1974. Linoleic acid artifacts from deodorization of oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **51**, 42-49.
- Ackman, P.G., Eaton, C.A., Sipos, J.C., Crews, N.F. 1981. Origin of *cis*-9, *trans*-11 and *trans*-9, *trans*-11 octadecadienoic acids in the depot fat of primates fed a diet rich in lard and corn oil and implications for the human diet. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* **14**, 103-108.
- Ali, H.H., Angyal, G., Weaver, C.M., Rader, J. 1997. Comparison of capillary column gas chromatographic and AOAC gravimetric procedures for total fat and distribution of fatty acids in foods. *Food Chem.* **58**, 149-160.
- Alonso, L., Fraga, M.J., Juárez, M., Carmona, P. 2002. Fatty acid composition of Spanish shortenings with special emphasis on *trans* unsaturation content as determined by Fourier transform infrared spectroscopy and gas chromatography. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **79**, 1-6.
- Anon. 2005. Trans fatty acids-EFSA Panel reviews dietary intakes and health effects. *Ernahrungs-umschau* **54**, 240-246.
- Aro, A., Antoine, J., Pizzoferrato, L., Reydal, O., van Poppel, G. 1998a. *Trans* fatty acids in dairy and meat products from 14 european countries: the TRANSFAIR study. *J. Food Comp. Anal.* **11**, 150-160.
- Aro, A., Amaral, E., Kesteloot, H., Rimestad, A., Thamm, M., van Poppel, G. 1998b. *Trans* fatty acids in french fries, soups, and snacks from 14 european countries: the TRANSFAIR study. *J. Food Comp. Anal.* **11**, 170-177.
- Aro, A., Kardinaal, A., Salminen, I., Kard, J.D., Riemersma, R.A., Delgado Rodríguez, M., Gomez Aracena, J., Huttunen, J.K., Kohlmeier, B.L., Martin, B.C., Martin Moreno, J.M., Mazaev, V.P., Ringstad, J., Thamm, M., van't Veer, P., Kok, F.J. 1995. Adipose tissue isomeric *trans* fatty acids and risk of myocardial infarction in nine countries: the EURAMIC study. *The Lancet* **345**, 273-279.
- Aro, A., van Amelsvoort, J., Becker, W., van Erp-Baart, M. A., Kafatos, A., Leth, T., van Poppel, G. 1998c. *Trans* fatty acids in dietary fats and oils from 14 european countries: the TRANSFAIR study. *J. Food Comp. Anal.* **11**, 137-149.
- Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. 2004. Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on Trans fatty acids in foods and the effect on human health of the consumption of trans fatty acids. www.efsa.eu.int
- Bayard, C., Wolff, L. 1995. *Trans* 18:1 acids in french tub margarines and shortenings: recent trends. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **72**, 1485-1489.
- Berdeaux, O., Sèbèdio, J., Chardigny, J., Blond, J.P., Mairrot, T., Vatéle, J.M.P.D., Noël, J.P. 1996. Effects of *trans* n-6 fatty acids on the fatty acid profile of tissues and liver microsomal desaturation in the rat. *Grasas y Aceites* **47**, 86-99.
- Bhanger, M.I., Anwar, F. 2004. Fatty acid (FA) composition and contents of trans unsaturated FA in hydrogenated vegetable oils and blended fats from Pakistan. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **81**, 129-134.
- Boatella, J., Rafecas, M., Codony, R. 1993. Isomeric *trans* fatty acids in the Spanish diet and their relationships with changes in fat intake patterns. *Eur. J. Clin. Nutr.* **47**, S62-S65.
- Castro González, M. I., Montaña Benavides, S., Pérez-Gil Romo, F. 2001a. Ácidos grasos en sardina en sal-

- sa de tomate de diferentes zonas pesqueras del Pacífico mexicano. *ALAN* **51**, 400-406.
- Castro González, M. I., Montañó Benavides, S., Pérez-Gil Romo, F. 2001b. Ácidos grasos del atún diferentes zonas pesqueras del Pacífico mexicano, en aceite de yagua. *ALAN* **51**, 407-413.
- Cavallaro, A., Bizzozero, N., Carnelli, L., Renon, P. 1996. Composizione acidica e *trans* insaturazione dell'olio di copertura di sardine conservate in scatola. *Industria Alimentari* **35**, 801-805.
- Cetin, M., Yildirim, A., Sahin, A. 2003. Determination of fatty acids and some undesirable fatty acid isomers in selected Turkish margarines. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* **105**
- Colonello, A., Rossi, M., Amelotti, G. 1996. Applicazione della fase cianopropilsilossano per la valutazione in GLC degli acidi grassi di *Sardina pilchardus*. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse* **73**, 545-549.
- Coll Hellín, L., Gutiérrez Ruiz, M. L. 1989. Determinación de ácidos grasos *trans*-insaturados en margarinas y mantequillas. *Anales de Bromatología* **XLI**, 115-128.
- Craig-Schmidt, M.C. 2001. Isomeric fatty acids: Evaluating status and implications for maternal and child health. *Lipids* **36**, 997-1006.
- Cuadrado, C., Carbajal, A., Núñez, C., Ruiz Roso, B., Moreira, O. 1998. Contribución española a la creación de una base de datos analítica europea de ácidos grasos *trans*. *Nutrición Hospitalaria* **13**, 21-27.
- Chen, Y., Pelletier, R., Hollywood, R., Ratnayake, W. 1995. *Trans* fatty acid isomers in Canadian human milk. *Lipids* **30**, 15-21.
- Daglioglu, O., Tasan, M., Tuncel, B. 2000. Determination of fatty acid composition and total *trans* fatty acids of Turkish biscuits by capillary gas-chromatography. *Eur. Food Res. Technol.* **211**, 41-44.
- Daglioglu, O., Tasan, M. 2003. Fatty acid composition of traditional fermented and unfermented Turkish corn bread with the emphasis on *trans* fatty acids. *Eur. Food Res. Technol.* **217**, 125-127.
- Demmelmair, H., Festl, B., Wolfram, G., Koletzko, B. 1996. *Trans* fatty acid contents in spreads and cold cuts usually consumed by children. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft* **35**, 235-240.
- de Roos, N. M., Bots, M. L., Katan, M. B. 2001. Replacement of dietary saturated fatty acids by *trans* fatty acids lowers serum HDL cholesterol and impairs endothelial function in healthy men and women. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* **21**, 1233-1237.
- Dlouhy, P., Tvřizicka, E., Stankova, B., Vecka, M., Zak, A., Straka, Z., Fanta, J., Pachel, J., Kubisova, D., Rambouskova, J., Bilkova, D., Andel, M. 2003. Higher content of 18:1 *trans* fatty acids in subcutaneous fat of persons with coronarographically documented atherosclerosis of the coronary arteries. *Ann. Nutr. Metab.* **47**, 302-305.
- Duchateau, G., van Oosten, H., Vasconcellos, M. 1996. Analysis of cis and *trans* fatty acid isomers in hydrogenated and refined vegetable oils by capillary gas liquid chromatography. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **73**, 275-282.
- Enig, M., Pallansch, L., Sampugna, J., Keeney, M. 1983. Fatty acid composition of the fat in selected food items with emphasis on *trans* components. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **60**, 1788-1795.
- Fernández San Juan, P.M. 1995. Efectos producidos por la hidrogenación sobre los aceites y grasas comestibles. Ácidos grasos *trans*insaturados. Contenido en los alimentos. *Alimentaria* **93**, 93-98.
- Fernández San Juan, P.M. 1996. Study of isomeric *trans* fatty acids content in the commercial Spanish foods. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **47**, 399-403.
- Fernández San Juan, P.M. 2000. Fatty acid composition of commercial Spanish fast food and snack food. *J. Food Comp. Anal.* **13**, 275-281.
- Fritsche, J., Steinhart, H. 1997. Contents of *trans* fatty acids (TFA) in German foods and estimation of daily intake. *Feet/Lipid* **9**, 314-318.
- Fritsche, J., Steinhart, H. 1998. Analysis, occurrence, and physiological properties of *trans* fatty acids (TFA) with particular emphasis on conjugated linoleic acid (CLA)- a review. *Feet/Lipid* **100**, 190-210.
- Griguol, V., Vicario, I.M., León, M. 2003. Contenido en isómeros geométricos de los ácidos grasos en helados comerciales españoles. *Grasas y Aceites* **54**, 19-23.
- Griguol, V., León, M., Vicario, I.M., 2006. Contenido en ácidos grasos *trans* de las margarinas: evolución en las últimas décadas y tendencias actuales. *ALAN* **55**, 367-373.
- Henninger, M., Ulberth, F. 1996. *Trans* fatty acids in margarines and shortenings marketed in Austria. *Z Lebensm Unters Forsch* **203**, 210-215.
- Henninger, M., Ulberth, F. 1997. Content of *trans* fatty acids in convenience food. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft* **36**, 161-168.
- Hernández, N., Codony, R., Rafecas, M., Boatella, J. 1991. Contenidos de isómeros *trans* de los ácidos grasos en productos cárnicos. (I) Embutidos. *Grasas y Aceites* **42**, 143-147.
- Hu, F. B., Stampfer, M. J., Manson, J. 1997. Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. *N. Engl. J. Med.* **337**, 1491-1499.
- Hulshof, P., van Erp-Baart, M.A., Anttolainen, M., Becker, W., Couet, C., Hermann-Kunz, E., Kesteloot, H., Leth, T., Martins I., Moreira, O., Moschandreas, J., Pizzoferrato, L., Rimestad, A., Thorgeisdottir, H., Amelsoort, J.M., Aro, A., Kafatos, A., Lanzmann-Petithory, D., van Poppel, G. 1999. Intake of fatty acids in western Europe with emphasis on *trans* fatty acids: the TRANSFAIR study. *Eur. J. Clin. Nutr.* **53**, 143-157.
- Hyvönen, L., Lampi, A., Varo, P., Koivistoinen, P. 1993. Fatty acid analysis, TAG equivalentes as net fat value, and nutritional attributes of commercial fats and oils. *J. Food Comp. Anal.* **6**, 24-40.
- Innis, S.M., Green, T.J., Halsey, T.K. 1999. Variability in the *trans* fatty acid content of foods within a food category: implications for estimation of dietary *trans* fatty acid intakes. *J. Am. Coll. Nutr.* **18**, 255-260.
- Kummerow, F.A., Zhou, Q., Mahfouz, M.M., Smiricky, M.R., Grieshop, C.M., Schaeffer, D.J. 2004. *Trans* fatty acids in hydrogenated fat inhibited the synthesis of the polyunsaturated fatty acids in the phospholipid of arterial cells *Life Sci.* **134**, 874-879.
- Lake, R., Thomson, B., Devane, G., Scholes, P. 1996. *Trans* fatty acid content of selected New Zealand foods. *J. Food Comp. Anal.* **9**, 365-374.
- Larqué, E., Garaulet, M., Pérez-Llamas, F., Zamora, S., Tebar, J. 2003. Composición en ácidos grasos de las margarinas de mayor consumo en España y su importancia nutricional. *Grasas y Aceites* **54**, 65-70.
- Laryea, M.D., Biggemann, B., Funke, M., Lombeck, I., Bremer, H.J. 1988. *Trans* fatty acid content of selected brands of West German nut-nougat cream. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft* **27**, 266-271.
- Leth, T., Ovinsen, L., Hansen, K. 1998. Fatty acid composition of meat from ruminants, with special emphasis on *trans* fatty acids. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **75**, 1001-1005.

- Lichtenstein, A.H. 1998. *Trans* fatty acids and blood lipid levels, Lp(a), parameters of cholesterol metabolism, and hemostatic factors. *J. Nutr. Biochem.* **9**, 244-248.
- Lin, K.C., Marchello, M.J., Fischer, A.G. 1984. Determination of the amount of *trans*-octadecenoate and *trans*-9,*trans*-12-octadecadienoate in fresh lean and fatty tissues of pork and beef. *J. Food Sci.* **49**, 1521-1524.
- Lluch, M.C., Roca de Vinyals, M., Parcerisa, J., Guardiola, F., Codony, R., Rafecas, M., Boatella, J. 1993a. Contenidos de isómeros *trans* de los ácidos grasos en productos cárnicos. (III) Tejido adiposo y grasa intramuscular de vacuno. *Grasas y Aceites* **44**, 195-200.
- Lluch, M.C., Pascual, J., Parcerisa, J., Guardiola, F., Codony, R., Rafecas, M., Boatella, J. 1993b. Contenidos de isómeros *trans* de los ácidos grasos en productos cárnicos. (II) Tejido adiposo y grasa intramuscular del cerdo. *Grasas y Aceites* **44**, 97-100.
- Martin, C.A., Carapelli, R., Visantainer, J.V., Matsushita, M., de Sousa, A.E. 2005. *Trans* fatty acid content of Brazilian biscuits. *Food Chem.* **258**, 153-165.
- Matsuzaki, H., Baba, A., Maruyama, T., Niiya, I., Yanagita, T., Sugano, M. 1998a. Study of *trans* fatty acid content in commercial foods in Japan. III. Meats and meat products. *J. Japan Oil Chem. Soc.* **47**, 495-499.
- Matsuzaki, H., Takahashi, M., Baba, A., Maruyama, T., Niiya, I., Sugano, M. 1998b. Study of *trans* fatty acid content in commercial foods in Japan. I. Domestic cow milk. *J. Japan Oil Chem. Soc.* **47**, 227-282.
- Matsuzaki, H., Baba, A., Maruyama, T., Niiya, I., Yanagita, T., Sugano, M. 1998c. Study of *trans* fatty acid content in commercial foods in Japan. II. Butter, cheese, and other dairy products. *J. Japan Oil Chem. Soc.* **47**, 345-349.
- Molkentin, J. and Precht, D. 1996. Isomeric distribution and rapid determination of *trans* - octadecenoic acids in German brands of partially hydrogenated edible fats. *Nahrung* **40**, 397-304.
- Morgado, N., Sanhueza, J., Galleguillos, A., Nieto, S., Valenzuela, A. 1999. Effect of dietary hydrogenated fish oil on the plasma lipoprotein profile and on the fatty acid composition of different tissues on the rat. *Annals of Nutrition and Metabolism* **43**, 310-318.
- Nestle, P. 1999. Saturated and *trans* fatty acids and coronary heart disease. *Eur. Heart J.* **1**, S19-S23.
- Ochoa, J.J., Baró, L., Planells, E., Mataix, J. 1998. Importancia del lugar de elaboración de un producto de bollería de alto consumo sobre su composición grasa. *Ars. Pharmaceutica* **39**, 137-140.
- Okamoto, T., Matsuzaki, H., Maruyama, T., Niiya, I., Sugano, M. 2001. *Trans* fatty acid contents of margarines and baked confectioneries produced in the United States. *J. Oleo Sci.* **50**, 137-142.
- O'Keefe, S., Wiley, V., Wright, D. 1993. Effect of temperature on linolenic acid loss and 18:3 9 *cis*, 12 *cis*, 15 *trans* formation in soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **70**, 915-917.
- Oomen, C.M., Ocke, M.C., Feskens, E.J., van Erp-Baart, M.A., Kok, F.J., Kromhout, D. 2001. Association between *trans* fatty acid intake and 10-year risk of coronary heart disease in the Zutphen Elderly Study, a prospective population-based study. *The Lancet* **10**, 746-751.
- Ovensen, L., Leth, T., Hansen, K. 1998. Fatty acid composition and contents of *trans* monounsaturated fatty acids in frying fats, and in margarines and shortenings in Denmark. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **75**, 1079-1083.
- Parcerisa, J., Codony, R., Boatella, J., Rafecas, M. 1999. Fatty acids including *trans* content of commercial bakery products manufactured in Spain. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 2040-2043.
- Parodi, P.W. 1976. Distribution of isomeric octadecanoic fatty acids in milk fat. *J. Dairy Sci.* **59**, 1870-1873.
- Petrauskaite, V., De Greyt, W., Kellens, M., Huygebaert, A. 1998. Physical and chemical properties of *trans* free fats produced by chemical interesterification of vegetable oil blends. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **75**, 489-493.
- Pfalzgraf, A., Timm, M., Steinhart, H. 1994. Content of *trans* fatty acids in food. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft* **33**, 24-43.
- Precht, D., Molkentin, J. 1995. *Trans* fatty acids: Implications for health, analytical methods, incidence in edible fats and intake. *Die Nahrung* **39**, 343-374.
- Precht, D., Molkentin, J. 2000. Recent trends in the fatty acid composition of German sunflower margarines, shortenings and cooking fats with emphasis on individual C16:1, C18:1, C18:2, C18:3 and C20:1 *trans* isomers. *Nahrung* **44**, 222-228.
- Pudel, F., Denecke, P. 1997. Influences on the formation of *trans* fatty acids during deodorization of rapeseed oil. *OHMI und Ernährungsforschung* **4**, 58-61.
- Ratnayake, W., Hollywood, R., Pelletier, R. 1993. Fatty acids in some common food items in Canada. *J. Am. Coll. Nutr.* **12**, 651-660.
- Ratnayake, W., Pelletier, R. 1992. Positional and geometrical isomers of linoleic acid in partially hydrogenated oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **69**, 95-105.
- Ratnayake, W., Pelletier, R., Hollywood, R., Bacler, S., Leyte, D. 1998. *Trans* fatty acids in canadian margarines: recent trends. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **75**, 1587-1594.
- Romero, A., Cuesta, C., Sánchez Muñoz, F. 2000. *Trans* fatty acid production in deep fat frying of frozen foods with different oils and frying modalities. *Nutr. Res.* **20**, 599-608.
- Santana, D.M.N., Marques, M.M.R.C.A.R. 1999. Fatty acid composition and *trans*-oleic percentage in some brands of chip potato by capillary gas chromatography. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos* **33**, 64-69.
- Sèbèdio, J., Grandgirard, A., Septier, C., Prevost, J. 1987. Etat d'alteration de quelques huiles de friture prelevées en restauration. *Rev. Fr. Corp. Gras* **34**, 15-18.
- Slover, H., Lanza, E., Thompson, R. 1980. Lipids in fast foods. *J. Food Sci.* **45**, 1583-1591.
- Slover, H., Thompson, R., Davis, C., Merola, G. 1985. Lipids in margarines and margarine-like foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **62**, 775-786.
- Sommerfield, M. 1983. *Trans* unsaturated fatty acids in natural products and processed foods. *Lipid Res.* **22**, 221-233.
- Stachowska, E., Chlubek, D., Ciechanowski, K. 2001. *Trans* isomers of unsaturated fatty acids-metabolic action and clinical effects. *Pol. Mekurisz. Lek.* **10**, 173-176.
- Tavani, A., Negri, E., D'Avanzo, B., La Vecchia, C. 1997. Margarine intake and risk of nonfatal acute myocardial infarction in Italian women. *Eur. J. Clin. Nutr.* **51**, 30-32.
- Tavella, M., Peterson, G., Espeche, M., Cavallero, E., Cipolla, L., Perego, L., Caballero, B. 2000. *Trans* fatty acids content of a selection of foods in Argentina. *Food Chem.* **69**, 209-213.
- Tekin, A., Cizmeci, M., Karabacak, H., Callan, M. 2002. *Trans* fatty acids and solid fat contents of margarines marketed in Turkey. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **79**, 443-445.

- Torres, D., Casal, S., Oliveira, M. B. P. P. 2002. Fatty acid composition of Portuguese spreadable fats with emphasis on *trans* isomers. *Eur. Food Res. Technol.* **21**, 108-111.
- Troisi, R., Willett, W., Weiss, S. 1992. *Trans* fatty acids intake in relation to serum lipid concentrations in adult men. *Am. J. Clin. Nutr.* **56**, 1019-1024.
- Triantafillou, D., Zografos, V., Katsikas, H. 2003. Fatty acid content of margarines in the Greek market (including *trans*-fatty acids): a contribution to improving consumers' information. *Int. J. Food. Sci. Nutr.* **54**, 135-141.
- Tsai, C.J., Leitzmann, M.F., Willett, W., Giovannucci, E.L. 2005. Long-term intake of *trans*-fatty acids and risk of gallstone disease in men. *Arch. Int. Med.* **57**, 234-234.
- Valenzuela, A., King, J., Nieto, S. 1995. *Trans* fatty acid isomers from hydrogenated fats: the controversy about health implications. *Grasas y Aceites* **46**, 369-375.
- van de Vijver, L.P., Kardinaal, A., Couet, C., Aro, A., Kafatos, A., Stengrimsdottir, L., Amorim, C.J.A., Moreiras, O., Becker, W., van Amelsvoort, J., Vidal-Jessel S., Salminen, I., Moschandreas, J., Sigfus Martins, I., Carbajal, A., Ytterfors, A., van Poppel, G. 2000. Association between *trans* fatty acid intake and cardiovascular factors in Europe: the TRANSFAIR study. *Eur. J. Clin. Nutr.* **54**, 126-135.
- van Erp-Baart, M. A., Cuadrado, C., Kafatos, A., Stanley, J., van Poppel, G. 1998. *Trans* fatty acids in Bakery products from European countries: the TRANSFAIR study. *J. Food Comp. Anal.* **11**, 161-169.
- Vicario I.M., Griguol, V., León-Camacho, M. Multivariate characterization of the fatty acid profile of Spanish cookies and bakery products. 2003. *J. Agric. Food Chem.* **51**, 134-139.
- Wagner, K. H., Auer, E., Elmadfa, I. 2000. Content of *trans* fatty acids in margarines, plant oils, fried products and chocolate spreads in Austria. *Eur. Food Res. Technol.* **210**, 237-241.
- Willett, W., Stampfer, M., Manson, J., Colditz, G., Speizer, F., Rosner, B., Sampson, L., Hennekens, Ch. 1993. Intake of *trans* fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *The Lancet* **341**, 581-585.
- Wilkening, V. 2001. Proposed changes in U.S.A. regulations for food labeling. *J. Food Comp. Anal.* **14**, 309-314.
- Wilson, R., Lyall, K., Payne, J.A., Riemersma, R.A. 2000. Quantitative analysis of long-chain *trans*-monoenes originating from hydrogenated marine oil. *Lipids* **35**, 681-687.
- Wolff, L. 1992. *Trans* polyunsaturated fatty acids in French edible rapeseed and soybean oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **69**, 106-110.
- Wolff, L. 1994. Contribution of *trans* 18:1 acids from dairy fat to European diets. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **71**, 277-283.
- Wolff, L. 1995. Content and distribution of *trans*-18:1 acids in ruminant milk and meat fats. Their importance in European diets and their effect on human milk. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **72**, 259-272.
- Wolff, L., Precht, D., Molkentin, J. 1998. Occurrence and distribution profiles of *trans* 18:1 acids in edible fats of natural origin in *Trans fatty acids in human nutrition* (Sèbèdio, J.L. y Christie, W.W.) The Oily Press, Dundee, 1-34.
- Zapalena, M., Aquerreta, Y., Astiasarán, I., Bello, J. 1995. Composición en ácidos grasos de productos de bollería elaborados con diferentes tipos de grasas. *Alimentaria* Abril, 99-102.
- Zegarska, Z., Paszczyk, B., Borejszo, Z. 1996. *Trans* fatty acids in milk fat. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* **5**, 89-97.
- Zegarska, Z., Borejszo, Z. 2001. *Trans* fatty acid content of some food products in Poland. *J. Food Lipids* **8**, 271-279.

Recibido: Enero 2006
Aceptado: Noviembre 2006