

Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre el riesgo asociado a la presencia de ácidos grasos *trans* en alimentos

Miembros del Comité Científico

Andreu Palou Oliver, Juan José Badiola Díez, Arturo Anadón Navarro, Albert Bosch Navarro, Juan Francisco Cacho Palomar, Ana María Cameán Fernández, Alberto Cepeda Sáez, Lucas Domínguez Rodríguez, Rosaura Farré Rovira, Manuela Juárez Iglesias, Francisco Martín Bermudo, Manuel Martín Esteban, Albert Más Barón, Teresa Ortega Hernández-Agero, Andrés Otero Carballeira, Perfecto Paseiro Losada, Daniel Ramón Vidal, Elías Rodríguez Ferrí, M^a Carmen Vidal Carou, Gonzalo Zurera Cosano

Secretario

Jesús Campos Amado

Número de referencia: AESAN-2010-005

Documento aprobado por el Comité Científico en su sesión plenaria de 19 de mayo de 2010

Grupo de Trabajo

Manuela Juárez Iglesias (Coordinadora)
Arturo Anadón Navarro
Alberto Cepeda Sáez
Rosaura Farré Rovira
Andreu Palou Oliver
M^a Carmen Vidal Carou
Concepción Becerril Moral (AESAN)

Resumen

Las recomendaciones nutricionales incluyen la disminución de la ingesta de los ácidos grasos saturados y ácidos grasos *trans* (AGt) ya que existe suficiente evidencia de su relación con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares. No existe consenso en la definición de AGt. La Organización Mundial de la Salud (OMS) excluye a los isómeros del ácido linoleico conjugado de la definición de AGt mientras que algunos países y/o agencias los suelen incluir. Los AGt se pueden producir de forma natural y pueden formarse por hidrogenación catalítica de los aceites vegetales (AGtHC). La hidrogenación permite obtener grasas semisólidas de interés tecnológico para la elaboración de distintos alimentos, pero los AGt también se encuentran de forma natural en la carne y la leche procedentes de los rumiantes. Actualmente se admite que los efectos adversos debidos a la ingesta de AGt se inician mediante cambios en el perfil de las lipoproteínas séricas, aunque también se pueden afectar la respuesta inflamatoria y la función endotelial. No se ha llegado a conclusiones definitivas respecto a la concentración umbral de AGt por encima de la cual se producen efectos adversos. El riesgo asociado al consumo de AGt depende de los alimentos que forman la dieta, de su contenido en AGt y principalmente, de la cantidad consumida por el individuo o la población. La Comisión Europea financió en 1995 el proyecto "TRANSFAIR study: Intake of trans fatty acids in Western Europe with emphasis on *trans* fatty acids" cuyo objetivo fue valorar el consumo de AGt en 14 países europeos. Los valores medios variaron entre los diferentes países (1,5 a 5,4 g/día) y el estudio concluía que en general el consumo de AGt en Europa no era preocupante. En España la ingesta de AGt se situó entonces en 2,1 g/día. También se constataron las diferencias en el contenido de AGt incluso en un mismo tipo de alimento, debidas fundamentalmente al proceso industrial, pero también variaba dependiendo del método analítico utilizado. En los últimos años, el contenido de AGt en los alimentos en Europa ha disminuido, debido a las modificaciones realizadas en los procesos tecnológicos de hidrogenación de aceites y a las recomendaciones hechas por los diferentes organismos

competentes. En nuestro país en estudios recientes realizados por el Centro Nacional de Alimentación perteneciente a la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, en los que se determinó el perfil de ácidos grasos de productos de bollería, cereales, aperitivos, patatas fritas, galletas, chocolates, cremas de cacao, margarinas, paté y embutidos entre otros, se detectaron contenidos de AGt en general inferiores al 1% del total de ácidos grasos, en línea con la disminución de los contenidos de AGtHC de las grasas hidrogenadas documentado en otros países. En productos analizados de origen animal como mantequilla y preparados con carne de rumiantes, los contenidos en AGt oscilaron entre el 2-3% del total de ácidos grasos. No obstante, ahora está bien establecido que la ingesta de AGtHC se asocia a un incremento de riesgos cardiovasculares, pero ese efecto no está demostrado en AGt de origen natural. En base a datos de la dieta española y los contenidos de AGt actuales en alimentos se puede señalar que las ingestas estimadas de AGtHC son inferiores a las mencionadas en el proyecto europeo TRANSFAIR.

La Organización Mundial de la Salud recomienda que el consumo de AGt no supere el 1% de la ingesta energética total, la *Food and Drug Administration* (FDA) recomienda una ingesta en AGt tan baja como sea posible y en Europa algunos países como los nórdicos han dado sus propias normas y recomendaciones (un máximo de 2% de AGtHC en aceites y alimentos procesados).

Palabras clave

Alimentos, grasas, ácidos grasos *trans*, riesgo cardiovascular, recomendaciones de ingesta.

Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) on the risk associated with the presence of *trans* fatty acids in foodstuffs.

Abstract

Nutritional recommendations include a reduction in the intake of saturated fatty acids and *trans* fatty acids (TFA) as there is sufficient evidence of their relationship with the development of cardiovascular disease. There is not yet any consensus on the definition of TFA. The World Health Organization excludes isomers of conjugated linoleic acid from the definition of TFA whereas some countries and/or agencies usually include them. TFA may occur naturally and can be formed by the catalytic hydrogenation of vegetable oils (CH TFA). Hydrogenation allows semi-solid fats of technological interest to be obtained for the production of various foodstuffs, but TFA are also found naturally in meat and in milk from ruminant animals.

It is currently accepted that the adverse effects due to the intake of TFA begin with changes in the profile of serum lipoproteins, although the inflammatory response and the endothelial functions may also be affected. No definitive conclusions have been reached with respect to the threshold concentration of TFA above which adverse effects occur. The risk associated with the consumption of TFA depends on the foods contained in the diet, their TFA content and, mainly, the amount consumed by the individual or the population.

In 1995, the European Commission funded the project for the "TRANSFAIR study: Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on TFA" with the aim of assessing the consumption of TFA in

14 European countries. The mean values varied between the different countries (1.5 to 5.4 g/day) and the study concluded that, in general, the consumption of TFA in Europe was not a cause for concern.

In Spain, the intake of TFA was then set at 2.1 g/day. Differences in TFA content were also confirmed even in a single food type, basically due to the industrial process, but also varied depending on the analytical method used. In recent years, the TFA content in foods in Europe has come down, due to modifications in the technological processes for the hydrogenation of oils and the recommendations made by the various competent bodies. Recent studies in our country by the National Food Centre of the Spanish Food Safety Authority to determine the profile of fatty acids in industrial bakery products, cereals, pickles, crisps, biscuits, chocolates, cocoa creams, margarines, pate and stuffed sausages, among others, detected TFA contents generally lower than 1% of the total of fatty acids, in line with the reduction in CH TFA contents in hydrogenated fats as documented in other countries. In products of animal origin analyzed, such as butter and meals prepared with the meat of ruminants, the TFA contents varied between 2% and 3% of the total of fatty acids. Nonetheless, it has now been well established that the intake of CH TFA is associated with an increase in cardiovascular risks, but this effect has not been demonstrated in TFA of natural origin. On the basis of data about Spanish diet and the current TFA contents in food, it can be said that the estimated intakes of CH TFA are lower than those mentioned in the European TRANSFAIR project.

The World Health Organization recommends that consumption of TFA should not exceed 1% of the total energy intake; the Food and Drug Administration recommends the lowest possible intake of TFA; and in Europe, some countries in Scandinavia have established their own rules and recommendations (a maximum of 2% of CH TFA in oils and processed foods).

Key words

Food, fats, *trans* fatty acids, cardiovascular risk, intake recommendations.

Introducción

El papel de las grasas y aceites en la nutrición humana es una de las áreas de interés e investigación en el campo de la ciencia de la nutrición. Los resultados de estas investigaciones tienen consecuencias de amplio alcance para los consumidores, para los responsables de la salud y educadores nutricionales, así como para los productores, elaboradores y distribuidores de alimentos.

En la literatura científica, surgen constantemente pruebas nuevas relacionadas con los beneficios y riesgos asociados a determinados aspectos del consumo de grasas de la alimentación. Los objetivos formulados por la OMS y la FAO (*Food and Agriculture Organization*) relativos a la ingesta de nutrientes para la prevención de enfermedades crónicas relacionadas con la dieta proponen que la contribución de la grasa al aporte energético total debe estar comprendida entre el 15 y el 30%, la correspondiente a los ácidos grasos saturados (AGS) inferior al 10%, los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de un 6 a un 10% y el resto en ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) (OMS, 2003).

El contenido en AGS de la grasa de leche es alto (~65%). No obstante, en base a la información científica disponible, se puede indicar que solo un tercio de los ácidos grasos presentes en la leche, correspondiente a la concentración de los AGS C12, C14 y C16, podrían considerarse desfavorables, si se produce un consumo excesivo (Legrand, 2008).

Los programas nutricionales desarrollados en las últimas décadas han hecho especial hincapié en la disminución de la ingesta de algunos tipos de ácidos grasos ya que existe suficiente evidencia científica de su relación con el desarrollo de diferentes enfermedades degenerativas (OMS, 1990). En este sentido los ácidos grasos *trans* (AGt) presentes en algunos alimentos, son objeto de gran preocupación e interés científico (Uauy et al., 2009).

1. Generalidades de los ácidos grasos. Nomenclatura e isomería

Los ácidos grasos (AG) constituyen la fuente más importante de lípidos en nuestra dieta. En la naturaleza se encuentran principalmente unidos al glicerol formando triglicéridos. Constan de una cadena alquílica con un grupo carboxílico terminal y los más abundantes presentan cadenas lineales con un número par de átomos de carbono. La longitud de la cadena de los AG varía ampliamente, desde 4 a 30 átomos de carbono presentes en algunos aceites de pescado. Sin embargo, los mayoritarios son los de 18 átomos de carbono.

En función de las uniones entre los átomos de carbono, los AG pueden ser saturados o insaturados y estos a su vez, según tengan uno o más dobles enlaces, en monoinsaturados o poliinsaturados.

Existen diferentes formas de denominar los AG insaturados.

- Nomenclatura normalizada de química orgánica. Los AG se denominan a partir del radical alquilo correspondiente, la estructura de la cadena carbonada (naturaleza de los enlaces, número, posición y configuración de los dobles o triples enlaces, si los hubiera) y la naturaleza de la función (ácido). Así el ácido 9-*cis*, 12-*cis* octadecadienoico, es un ácido (terminación -oico) de 18 átomos de carbono (octadeca) con 2 (di) dobles enlaces (eno) en los carbonos 9 y 12, a contar a partir del grupo carboxilo (ácido) y de configuración geométrica *cis*.
- El nombre común. Es el que designa a menudo los principales AG según criterios arbitrarios. Así, el ácido 9-*cis*, 12-*cis* octadecadienoico es conocido comúnmente como ácido linoleico.

- De forma abreviada se puede designar a un ácido graso por su número de carbonos, el número de dobles enlaces y la posición y la geometría de dichos enlaces. Así el ácido 9-*cis*, 12-*cis* octadecadienoico se puede denominar $\Delta 9_{cis}$, $\Delta 12_{cis}$ 18:2 o más a menudo 9c, 12c 18:2. Existe una variante de esta nomenclatura que consiste en numerar los átomos de carbono a partir del metilo terminal en lugar del carboxilo. El ácido linoleico se convierte en 18:2 n-6, lugar donde se encuentra el doble enlace contado a partir del metilo terminal. A veces se encuentra la nomenclatura antigua utilizando la "ω". Esta nomenclatura hace resaltar la noción de "familia" de AG n-6 (ω6) y n-3 (ω3), refiriéndose respectivamente al ácido linoleico y al ácido linolénico (o ácido 9*cis*, 12*cis*, 15*cis* octadecatrienoico, abreviado como 9c, 12c, 15c 18:3 o 18:3 n-3 (ω3)).

Los AG insaturados presentan dos tipos de isomería: isomería geométrica e isomería posicional.

- Isomería geométrica. Los dobles enlaces entre los carbonos presentan dos posibles configuraciones: configuración *cis*, la más frecuente en la naturaleza, en la que, los dos átomos de hidrógeno están situados en el mismo plano del doble enlace y configuración *trans* en la cual, los átomos de hidrógeno están a ambos lados del plano del doble enlace.
- Isomería posicional. En función de la posición del doble enlace en la cadena hidrocarbonada. Aunque teóricamente, el doble enlace puede situarse en diferentes lugares de la cadena, existen posiciones favorecidas por la naturaleza.

Así, el doble enlace de los AGMI puede ser de geometría *cis* o *trans* y situarse en diferentes lugares de la cadena. El ácido oleico (9c 18:1), por ejemplo, tiene como isómero geométrico el ácido eláidico (9t 18:1) y por isómero posicional y geométrico el ácido vacénico (11t 18:1).

Los distintos dobles o triples dobles enlaces de los AGPI pueden ser totalmente *cis* o *trans* o bien una combinación de ambos. Así, el ácido linoleico (9c, 12c 18:2) tiene tres isómeros geométricos (9c, 12t; 9t, 12c; 9t, 12t) y un número elevado de isómeros posicionales.

Una familia de gran interés son los isómeros del ácido linoleico conjugado (CLA), isómeros cuyos dobles enlaces están conjugados, separados entre sí por un único enlace sencillo, de configuración *cis/trans*, *trans/cis*, *trans/trans* y *cis/cis*. Hasta el momento se han identificado una veintena de ellos en los alimentos (AFSSA, 2005).

2. Definición de AG *trans*. Propiedades

Desde un punto de vista químico, los AG *t* son aquellos que poseen, al menos, un doble enlace de configuración geométrica *trans*. Las definiciones de AG *t* efectuadas por los diferentes organismos, presentan algunos matices. Algunos países como Estados Unidos, Canadá y Dinamarca, restringen la definición de los ácidos grasos *trans* haciendo abstracción de los isómeros del ácido linoleico conjugado (CLA) de configuración *cis/trans*, *trans/cis* y *trans/trans*, cualquiera que sea la posición de los dobles enlaces. Así, la Comisión Mixta FAO/OMS del *Codex Alimentarius* los define como "ácidos grasos insaturados que contienen uno o varios dobles enlaces aislados (no conjugados) en una configuración *trans*" (OMS, 2004). Sin embargo, EFSA (*European Food Safety Authority*) los define como "todos aquellos ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados que tengan al menos un doble enlace en configuración *trans*" (EFSA, 2005).

Los isómeros geométricos *cis*, *trans* difieren en sus propiedades físico-químicas. La presencia de la configuración *trans* aumenta el punto de fusión, cambia la polaridad y modifica las propiedades espectrométricas (absorción UV, infrarroja, etc.) de los AG. Los dobles enlaces *cis* provocan la curvatura de las cadenas carbonadas mientras que los *trans* la mantienen rígida, influyendo por tanto, sobre las propiedades bioquímicas y fisiológicas de los AG. Así, la incorporación de los AGt a los fosfolípidos de las membranas celulares pueden dar lugar a una reducción significativa de la fluidez de la misma y afectar a las actividades enzimáticas asociadas a ella (Leal, 2005).

Los AGt presentan la misma cinética y utilizan las mismas vías metabólicas que los AG: betaoxidación, bioconversión y acilación. Su conversión a energía se da en la misma proporción que en los AGS.

Desde la segunda mitad del siglo XX la industria alimentaria ha incrementado la utilización de las grasas hidrogenadas. Las margarinas hechas con grasas parcialmente hidrogenadas fueron recomendadas como sustitutos saludables de las grasas animales que potencialmente incrementaban el colesterol sérico. La mayor ingesta de AGt en la población, despertó el interés de los investigadores por conocer los aspectos nutricionales y metabólicos de estas grasas y sus efectos sobre la salud.

Numerosos estudios epidemiológicos realizados desde la década de los 90 han proporcionado evidencias de una relación positiva entre ingesta de AGtHC y el incremento del riesgo de sufrir una enfermedad cardiovascular, mientras que los efectos de las grasas que incluyen AGt de origen natural están aún a debate con datos indicativos a favor de éstas, por diferencias en el perfil de los ácidos *trans*-monoinsaturados (Mensink et al., 2003) (Weggemans et al., 2004) (Pfeuffer y Schrezenmeir, 2006) (Mozaffarian et al., 2006) (Gebauer et al., 2007) (Chardigny et al., 2008) (Jakobsen et al., 2008) (Mozaffarian et al., 2009) (Anadón et al., 2010) (EFSA, 2010). Desde entonces, los diferentes países de la Unión Europea han financiado proyectos de investigación para conocer el contenido de AGt en los alimentos, niveles de consumo y los efectos en la población, al objeto de limitar su ingesta.

Proceso de formación de los ácidos grasos *trans*

Se han descrito tres fuentes principales de AGt en los alimentos: biohidrogenación "ruminal", hidrogenación industrial y tratamientos térmicos.

1. Biohidrogenación "ruminal"

Se produce en el rumen de las especies animales poligástricas. Es el resultado de la acción de enzimas de la flora ruminal sobre los AG de la dieta de los rumiantes que transforman los AG insaturados en AG saturados y los AGt son intermediarios en esos procesos. Parte de los ácidos grasos *trans* monoinsaturados formados en el rumen pueden posteriormente transformarse en la glándula mamaria en CLA por desaturación. Las 2 vías de transformación más estudiadas son las que parten de los ácidos linoleico y α -linolénico (Figura 1).

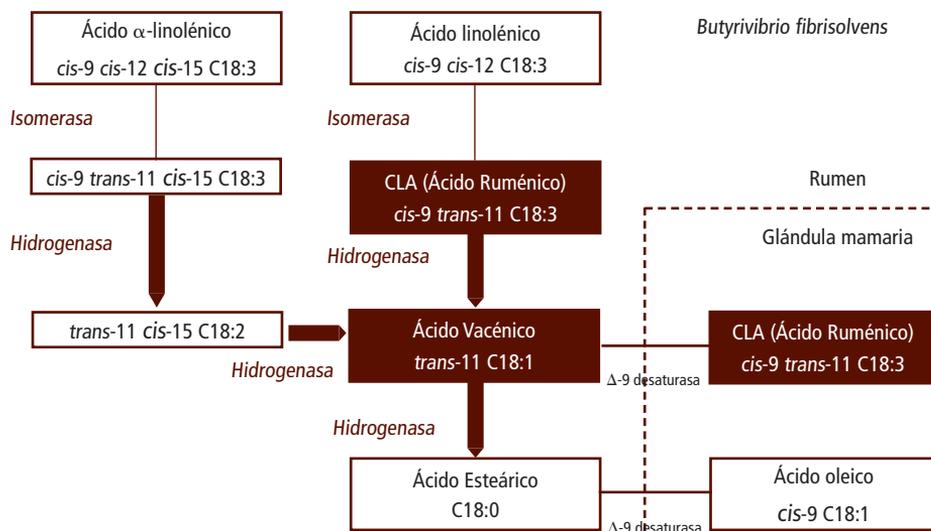


Figura 1. Vías de transformación de los AG insaturados de la dieta en los rumiantes. **Fuente:** (Bauman y Lock, 2006).

El contenido de AGt en los productos lácteos varía según el periodo estacional y la región geográfica, que incide en la alimentación del ganado. Oscila entre 2-6% del total de AG, siendo el *trans*-11 C18:1 o ácido vacénico (VA) el isómero cuantitativamente más importante constituyendo del 30 al 50% de los *trans*-18:1 totales. En menor proporción están los isómeros 9t a 16t 18:1 (EFSA, 2004). Por el contrario, las grasas comestibles de origen industrial obtenidas por hidrogenación pueden presentar contenidos mayores de AGt y además un perfil isomérico diferente, con contenidos similares de los isómeros t11, t10 y t9 C18:1 (Figura 2).

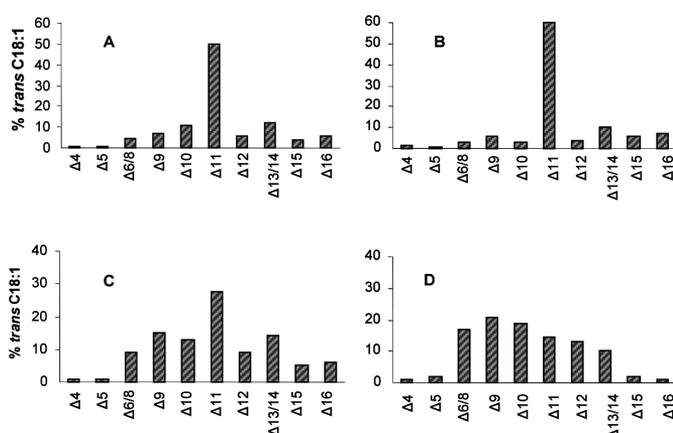


Figura 2. Distribución de los isómeros *trans* C18:1 en grasa láctea de (A) cabra, (B) vaca, (C) mujer y (D) vegetal hidrogenada. El eje de abscisas muestra la posición del doble enlace en la cadena hidrocarbonada. **Fuente:** (Shingfield et al., 2008).

La composición de los AGt C18:1 en la leche de mujer (Figura 2C) simula una mezcla de ambos perfiles, probablemente como consecuencia de la ingesta de grasas procedentes de rumiantes o de alimentos que contienen ingredientes de origen industrial.

Los AGt producidos por efecto del metabolismo ruminal se absorben en todas las etapas de las vías metabólicas, se distribuyen en el tejido mamario entre otros y se excretan finalmente a través de la leche.

Otro grupo de AG que se encuentran de forma natural en la grasa de la leche y en la carne de los rumiantes y que ha suscitado un interés creciente en las últimas décadas es el CLA. El acrónimo CLA es un término que engloba una mezcla de isómeros posicionales y geométricos del ácido linoleico con los dobles enlaces conjugados en distintas posiciones de la molécula. Numerosos estudios han demostrado la existencia de una gran variedad de moléculas de CLA en grasa láctea fruto de las distintas combinaciones de isómeros posicionales (6-8, 7-9, 8-10, 9-11, 10-12, 11-13, 12-14, 13-15) y geométricos (*cis-trans*, *trans-cis*, *cis-cis*, *trans-trans*). La mayoría de estos isómeros se encuentran, de forma natural y en pequeñas cantidades, en la grasa de alimentos procedente de los rumiantes, fundamentalmente en los productos lácteos (Parodi, 2003) (Cruz-Hernández et al., 2006). En la leche, más del 70% del contenido en CLA se corresponde con el ácido graso *cis-9, trans-11* C18:2, ácido ruménico, al que se le atribuyen la mayoría de sus propiedades biológicas (AFSSA, 2005).

2. Hidrogenación industrial

Esta técnica se utiliza para la obtención de grasas más plásticas. Mediante este proceso los AG insaturados de los aceites vegetales se hidrogenan parcial o totalmente para producir grasas sólidas o semisólidas menos susceptibles a la oxidación.

La técnica se desarrolló en los años 30 y consiste en introducir gas hidrógeno en el aceite vegetal bajo ciertas condiciones de presión y temperatura y la presencia de un metal como catalizador. En este proceso, el doble enlace del AG puede pasar de la configuración *cis* a *trans* o cambiar de posición dentro de la cadena hidrocarbonada.

Los contenidos de AGt y de isómeros formados en las margarinas son muy variables y dependen de parámetros tales como del tipo de AG insaturados en los aceites, la naturaleza del catalizador utilizado, y de las condiciones de hidrogenación (temperatura, presión, agitación), entre otros (OMS, 1997). Los isómeros formados son, principalmente, isómeros geométricos y posicionales del ácido oleico 9c 18:1. Su perfil isomérico sigue una distribución tipo gaussiana con los contenidos más elevados para los isómeros *trans-9*, *trans-10*, *trans-11* y *trans-12* C18:1. El más abundante es el ácido eláidico 18:1 9t con un punto de fusión más elevado (43,7 °C) que el del oleico.

La formación de isómeros *trans* a partir de los AGPI, en el curso de la hidrogenación catalítica es baja, siendo los más abundantes el 9c, 12t y 9t, 12c 18:2.

Cabe destacar que como se ha indicado anteriormente los perfiles de los AGt en las grasas de las especies de animales rumiantes y en los aceites vegetales parcialmente hidrogenados guardan considerables similitudes e isómeros *trans* comunes, pero en diferentes proporciones (Tabla 1).

Tabla 1. Proporciones de isómeros *trans* 18:1 (% del total de isómeros 18:1 *trans*) en rumiantes y en grasas hidrogenadas industrialmente a partir de alimentos de consumo habitual

Isomero 18:1 <i>trans</i> n-x posición del doble enlace	Posición del doble enlace	Grasa de leche de cabra	Grasa de leche de oveja	Grasa de leche de vaca	Grasa de hidrogenadas industriales
n-2	16	10	8	6-8	1
n-3	15	6	6	4-6	2
n-4	14	9	8	8	-
n-5	13	8	7	6-7	9-12 ^a
n-6	12	9	7	6-10	8-13
n-7 (ác. vacénico)	11	37	47	30-50	10-20
n-8	10	10	9	6-13	10-20
n-9 (ác. elaidico)	9	6	5	5-10	20-30
n-10 a n-12	6-8	3	2	2-9	14-18
n-13	5	<1	<1	<1	2
n-14	4	<1	<1	<1	1

a=suma de isómeros n-4 y n-5.

Fuente: (EFSA, 2009).

3. Tratamientos térmicos

Los procesos de desodorización, tras el refinado de aceites vegetales o de pescado, o el calentamiento y fritura de los aceites a altas temperaturas, generan también AGt. Los tratamientos térmicos producen sobre todo isómeros geométricos y pocos isómeros posicionales.

La literatura científica menciona principalmente el efecto del calor sobre el ácido linoleico 9c, 12c 18:2 y el ácido (n-3) α -linoléico 9c, 12c, 15c 18:3. Las modificaciones dependen de la temperatura y del tiempo de exposición. En un estudio donde se evaluaron los efectos de la temperatura y el tiempo en la formación de isómeros *trans*, se observó, que a 150 °C se iniciaba la formación de AGt y se incrementaba significativamente a temperaturas superiores a 220 °C con el 5% y 25% de isomerización de 18:3 n-3 después de 2 y 12 horas de calentamiento, respectivamente (EFSA, 2009). Algunos países europeos han establecido que la temperatura de fritura no debe superar los 180 °C (Clayton et al., 2007).

El ácido α -linoléico es más sensible a la isomerización que el ácido linoleico y la posibilidad de formación de isómeros geométricos 18:3-*trans* es de 12 a 14 veces superior a la de 18:2-*trans*. Las tasas más elevadas se han detectado en los aceites de colza y soja (EFSA, 2005).

El calentamiento de las carnes puede también inducir la formación de AGt.

Contenido en los alimentos

El riesgo asociado al consumo de AGt depende de los alimentos que forman la dieta, de su contenido en AGt y, principalmente, de la cantidad consumida por el individuo o la población.

Hasta hace unos años, los contenidos más altos de AGt correspondían a los alimentos elaborados con grasas hidrogenadas (margarinas, *shortening* -término genérico utilizado para describir grasas y aceites

usados en la preparación de alimentos-, productos comerciales de pastelería, platos precocinados, hamburguesas, patatas fritas “de bolsa”, aperitivos o *snacks*, entre otros) y los contenidos más bajos a la carne y productos lácteos (leche, queso y yogur). EFSA (2009) señala que los AGt de origen animal de la grasa de los rumiantes se encuentran a concentraciones del 4 al 6%, mientras que los AGt producidos por medios industriales pueden presentarse en una concentración mayor. No obstante, en los últimos años, las industrias elaboradoras de grasas hidrogenadas han mejorado los procesos tecnológicos y los niveles de AGt que pueden ser bajos.

Los contenidos de AGt de los alimentos de consumo habitual son muy variables. Esta variabilidad depende, fundamentalmente, del tipo de alimento pero también, del país donde se comercializa e incluso, aunque en menor medida, pueden verse afectados por los métodos analíticos utilizados.

Respecto a la variabilidad en función del tipo de alimento los datos procedentes de una revisión realizada por Griguol et al. (2007) aportan valores de AGt en diferentes productos que llegan para algunos alimentos a cifras superiores al 20% del total de AG. No obstante, la mayor parte de las referencias de los trabajos son de la década de los 90, a partir de la cual se han producido cambios en los procesos tecnológicos de hidrogenación que han dado lugar a grasas con contenidos muy bajos de AGt (L'Abbé et al., 2009).

Con objeto de aportar datos que respondan a los contenidos actuales del consumo de AGS y AGt de la población española, el CNA realizó un estudio sobre el perfil lipídico en un total de 99 muestras distribuidas dentro de una amplia variedad de productos procesados agrupados en 12 tipos (bollería infantil, bollería industrial, cereales con chocolate, chocolates, cremas de cacao, galletas con relleno de chocolate, galletas tipo “María”, margarinas, patatas fritas, pates, aperitivos y carne y productos cárnicos) que podrían aportar a la dieta cantidades significativas de AGS y AGt. Los resultados muestran un amplio margen de variación en los niveles de grasa y en los contenidos de AGS, AGMI y AGPI, en cada grupo de productos analizados. Sin embargo, respecto al contenido de AGt el estudio concluye que su “proporción no resulta elevada”, ya que solo un 15% presentaron valores superiores a 0,5 g/100 g de grasa y un 6% valores superiores a 1 g/100 g de grasa. Un índice, a menudo utilizado para estimar el potencial grado de aterogenicidad de las muestras, que relaciona los contenidos en la suma de AGS más AGt dividido por la suma de AGMI más AGPI, se mantiene en siete de los 12 grupos analizados en valores inferiores a uno, alcanzando los niveles más altos en galletas rellenas de chocolate, bollería infantil y cereales con chocolate (Burdaspal et al., 2010).

Los contenidos de AGt en leche de vaca oscilan en general entre 1,5 y 5% del total de AG. El contenido en los distintos productos lácteos depende de la materia prima y de la cantidad de grasa en el producto, pues no se han evidenciado aumentos durante los procesos tecnológicos convencionales (Luna et al., 2004, 2005, 2007).

La carne de rumiantes presenta, en general, contenidos de AGt inferiores a los de la grasa de leche, mientras que los de preparados para cocinar, hamburguesas/carne picada, pueden depender del tipo de grasa que incluyan.

El método analítico utilizado en la determinación de AGt puede ser otra fuente de variabilidad del contenido de AGt en un alimento. La heterogeneidad de las matrices alimentarias, la naturaleza de los lípidos y la diversidad de AG, reducen las posibilidades de utilizar una única metodología analítica. Se han

propuesto varias técnicas analíticas para evaluar los AGt en matrices alimentarias. La elección de uno u otro método depende fundamentalmente de la matriz alimentaria, de la complejidad de su composición en AG y en AGt. Otro factor muy importante a tener en cuenta es la precisión y exactitud que se desee obtener. El método más utilizado para determinar el contenido total de AGt es la espectroscopía infrarroja y en segundo lugar las técnicas cromatográficas, sobre todo la cromatografía de gases. La espectroscopía infrarroja con transformada de *Fourier* parece ser la técnica más sensible para la determinación del contenido total de AGt en los alimentos. Para estimar el perfil de isómeros de AGt la cromatografía de gases es la técnica idónea, con la utilización complementaria de otra técnica de separación previa como la extracción en fase sólida o cromatografía en capa fina, ambas con impregnación de Ag⁺.

No obstante, estos métodos analíticos no permiten determinar el origen de los distintos isómeros, aunque el perfil de AGt presentes en un alimento puede ser indicativo de la presencia de grasas de origen animal o vegetales hidrogenadas.

Efectos sobre la salud. Evidencias científicas

El conocimiento del contenido de AGt en muestras de tejidos humanos y sus efectos ha dado lugar a un gran número de publicaciones. En Reino Unido, un trabajo realizado con 231 muestras de tejido adiposo humano reveló que el 5% de los AG eran *trans*. Contenidos que se atribuyeron principalmente a aceites de pescado hidrogenados que se utilizaban en altas concentraciones en la fabricación de ciertas margarinas habitualmente consumidas por esas fechas en ese país (Thomas et al., 1981).

Los AGt monoinsaturados han sido detectados en hígado, corazón, glóbulos rojos y plasma (Ohlrogge et al., 1982) y los AGt poliinsaturados (isómeros de *trans* 18:3) se han descrito en el suero humano y en la leche materna (Rocquelin et al., 1989) (Chen et al., 1995). Asimismo, se ha detectado la presencia de isómeros *trans* del ácido eicosapentaenoico en plaquetas (Chardigny et al., 1993).

Las primeras evidencias de los efectos adversos de los AGt sobre la salud se publicaron en la década de los 90 cuando estudios en humanos mostraron que su ingesta aumentaba el riesgo de padecer alteraciones cardíacas tanto o más que los AG saturados (Mensink y Katan, 1990) (Hulshof et al., 1999). Desde entonces se han llevado a cabo numerosos estudios (European Parliament, 2008), sin que hasta el momento, se haya llegado a conclusiones definitivas respecto a la concentración umbral de AGt por encima de la cual se producen efectos adversos (Zaloga et al., 2006) (Destailats et al., 2009) (EFSA, 2009). El panel de Productos Dietéticos, Nutrición y alergias de la EFSA (2010) indica que la reducción del contenido de AGt sin comprometer la adecuación a la ingesta de nutrientes esenciales tiene un límite, por lo que concluyen que la ingesta de AGt debe mantenerse lo más baja posible en el contexto de una dieta nutricionalmente adecuada.

Sin embargo, en opinión de EFSA (2010) no existe una evidencia clara de que ninguno de los isómeros CLA presentes en la dieta juegue un papel en la prevención o promoción de enfermedades relacionadas con la alimentación.

1. Efecto sobre el desarrollo fetal

Los AGt cruzan la barrera placentaria y pueden afectar al desarrollo intrauterino del feto. Algunos estudios señalan que el plasma umbilical tiene, en relación con el materno, menos 18:1 t y más 18:2 t.

Un estudio reciente muestra que los CLA atraviesan la barrera placentaria y su concentración plasmática fetal alcanzada es el doble que la concentración plasmática materna. Además los contenidos de CLA y de ácido eláidico en los triacilglicérols plasmáticos están inversamente relacionadas con la duración de la gestación, con el peso y la talla del recién nacido (Elias e Innis, 2002).

2. Efectos sobre el sistema inmune y la inflamación

Los trabajos llevados a cabo sobre el efecto de los AGt en el sistema inmune han sido poco concluyentes y se han enfocado, la mayor parte de ellos, hacia el ácido eláidico. Los resultados no han mostrado ningún tipo de efecto favorable ni adverso.

Estudios epidemiológicos han sugerido que algunos efectos adversos de los AGt procedentes de grasas hidrogenadas, estaban relacionados con algunos marcadores de inflamación (Gebauner et al., 2007).

No hay evidencias de estudios en humanos que las ingestas usuales de CLA tengan efectos beneficiosos o negativos sobre los procesos inflamatorios o sobre el sistema inmune (EFSA, 2010).

3. Efectos sobre el sistema cardiovascular

Se ha estudiado extensamente la relación entre el consumo de AGt y el riesgo cardiovascular, concluyendo, que existe una alta correlación entre ambos factores (EFSA, 2004).

Se ha sugerido que una ingesta diaria de AGt superior al 2% de la energía total ingerida incrementa significativamente la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Mozaffarian et al., 2006). El incremento del riesgo es directamente proporcional a la cantidad de AGt ingerida en un amplio inter-valor de ingesta, desde 1,3 a 16,1 g/día.

Por otra parte, se ha comprobado que los AGt monoinsaturados incrementan los niveles de lipoproteínas de baja densidad (LDL-C) de forma similar a la de los AG saturados (ácido palmítico, mirístico, láurico) y reducen los niveles séricos de lipoproteínas de alta densidad (HDL-C). Un meta-análisis de 60 estudios (Mensink et al., 2003) señala que los AGt monoinsaturados incrementan la relación entre el contenido de colesterol total y el HDL-C y su ingesta aumenta el riesgo cardiovascular más que la de los AGS. Se desconocen los mecanismos que explicarían estos efectos y se ha sugerido la implicación de las proteínas que se unen a los esteres del colesterol y a ciertos receptores hepáticos.

Aunque hay algunos datos que indican que los AGt procedentes de los rumiantes pueden tener efectos adversos sobre las lipoproteínas y lípidos de la sangre similares a las de origen industrial, el conocimiento actual es insuficiente para establecer si ante una misma ingesta el riesgo cardiovascular es el mismo (EFSA, 2010). Existen estudios que apuntan que el consumo de cantidades moderadas de AGt procedentes de la grasa de leche podría no contribuir a aumentar los riesgos cardiovasculares (Chardigny et al., 2008). Un estudio de la Universidad de Oslo (Biong, 2008), sugería que los productos lácteos podían proteger frente al infarto de miocardio por mecanismos no relacionados con los niveles séricos de colesterol total. Sjogren et al. (2004) encontraron que la ingesta de AG como los de los productos lácteos se asoció con un perfil LDL favorable, con descenso de partículas LDL pequeñas y densas, y cuya acumulación había mostrado relación con riesgo cardiovascular (St-Pierre et al., 2005).

De hecho, dado que el ácido vacénico es precursor fisiológico del isómero mayoritario del CLA presente en la grasa de leche, 9-*cis*, 11-*trans* C18:2 (ácido ruménico) y puede transformarse no solo en la glándula mamaria sino en otros tejidos, hay estudios que concluyen que la inclusión de grasa láctea en una dieta equilibrada podría resultar más beneficiosa que perjudicial. Así, se han asociado a leches enriquecidas en ácido vacénico y ruménico efectos potencialmente positivos para la salud (Lock et al., 2005a) (Bauman y Lock, 2006) (Shingfield et al., 2008). Por otra parte, Tyburczy et al. (2009) demostraron en modelos animales (hámsters) que la incorporación de ácido vacénico y *trans*-9 C18:1 a la dieta no influye de forma desfavorable sobre los parámetros hipercolesterolémicos. Sin embargo, trabajos recientes en modelos animales han evidenciado que grasas ricas en ácidos *trans*-10 18:1, podrían favorecer el aumento de triacilglicérols en plasma, mientras que la presencia de ácido vacénico y ruménico en grasa de leche podría incidir de forma positiva en ese parámetro (Anadón et al., 2010).

Por otra parte, se han revisado por EFSA (2004, 2010) los efectos de los AGt a partir de fuentes hidrogenadas, sobre la función hemostática y se ha concluido que los estudios realizados no proporcionan evidencias suficientes de que esos aceites hidrogenados tengan impacto sobre esa función.

En esta misma línea, un estudio realizado sobre 17 mujeres voluntarias a las que se les suministró durante 63 días una dieta enriquecida con una mezcla de 3,9 g de isómeros CLA no afectó el tiempo de coagulación *in vivo*, la agregación plaquetaria *in vitro*, el tiempo de protrombina, tiempo de tromboplastina parcial activado y los niveles de antitrombina III en comparación al aceite de girasol. Los isómeros más abundantes en la mezcla suministrada fueron los CLA 9c, 11t (17,5%), 8t, 10c (16,6%), 11c, 13t (23,5%) y 10t, 12c (22,6% del total) (Benito et al., 2001).

4. Efectos sobre diabetes mellitus tipo 2

En el *Nurse Health Study* se observó una relación positiva entre la ingesta de AGt y el riesgo de desarrollo de diabetes tipo 2. Dicho efecto se observó fundamentalmente en mujeres obesas, lo que podría explicarse por el hecho de presentar mayor resistencia a la insulina al inicio del estudio en comparación con las mujeres no obesas (Salmerón et al., 2001). Sin embargo en otros estudios no se mencionan estas relaciones (Meyer et al., 2001) (Van Dam et al., 2002).

5. Efectos sobre cáncer

Aunque en los países industrializados un porcentaje alto de riesgo de cáncer se ha asociado a factores dietéticos y un trabajo reciente relaciona la ingesta de AGt con riesgo de cáncer de mama (Chajes et al., 2008), se puede concluir que no hay aún evidencias científicas que permitan una relación directa entre la ingesta de AGt y el incremento del riesgo de desarrollar cáncer.

El efecto de los CLA se ha estudiado en animales, principalmente en tumores mamarios de rata, en los que se ha visto que el isómero 9c 11t C18:2 ejercería un efecto inhibitorio en la aparición y el desarrollo de estos tumores (Ip et al., 2003) (Parodi, 2006) (Lock et al., 2009). No obstante, los efectos antitumorales se han obtenido para ingestas muy altas y prolongadas y los estudios en humanos son muy limitados y no se han evidenciado efectos similares.

En la actualidad, hay coincidencia en la comunidad científica en admitir que los efectos adversos debidos a la ingesta de AGt se inician mediante cambios en el perfil de las lipoproteínas séricas aunque la respuesta inflamatoria y la función endotelial pueden verse también afectadas (SACN, 2007).

Por último cabe destacar que, hay cada vez más evidencias científicas de que la potencial incidencia en la salud de los AGt es dependiente de la composición isomérica, en particular del isómero *trans* C18:1 presente en el alimento (Lock et al., 2005b) (Malpuech-Brugère et al., 2009).

Datos de consumo

A comienzos de los 90 la ingesta de AGt en Europa se estimaba comprendida entre 2 y 17 g/día. Para conocer con precisión el contenido en AGt en los países europeos, la Comisión Europea financió el proyecto TRANSFAIR study: *Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on trans fatty acids* (Hulshof et al., 1999). Su objetivo fue valorar el consumo de AGt en 14 países europeos occidentales durante los años 1995 y 1996.

Los valores de la ingesta media diaria obtenida en el estudio, variaron entre los distintos países (Tabla 2). Los valores más elevados, 5,4 g/día de AGt (2,0% de la energía total ingerida) se encontraron en Islandia y los más bajos 1,5 g/día (0,5%) en Grecia e Italia. En el caso de España, la ingesta media de AGt se situaba, como se ha citado, en 2,1 g/día (0,7% del aporte total de energía) (Camacho, 2003).

El estudio concluía que, en general, el consumo de AGt en Europa occidental no era preocupante, aunque se recomendaba reducir la ingesta de ácidos grasos que afectan a la colesterolemia incluidos los AGt (Hulshof et al., 1999).

En Estados Unidos, las ingestas diarias estimadas mediante un cuestionario de frecuencias de consumo fueron de 3-4 g/día y por extrapolación de los datos de leche humana superiores a 10 g/persona (Craig-Schmidt, 2006).

País	Edades	AGt % Energía	AGt g/d
Alemania	19-64	0,8	2,2
Bélgica	18-63	1,4	4,1
Dinamarca	19-64	1,0	2,6
España	0-70	0,7	2,1
Finlandia	25-64	0,9	2,1
Francia	19-64	1,2	2,3
Grecia	23-64	0,6	1,4
Islandia	19-64	2,0	5,4
Holanda	19-64	1,6	4,3
Italia	1-80	0,5	1,6
Noruega	19-64	1,5	4,0
Portugal	38	0,6	1,6
Reino Unido	0-75	1,3	2,8
Suecia	19-64	1,1	2,6

Fuente: (Camacho, 2003) (Craig-Schmidt, 2006).

Desde la publicación de los resultados del proyecto TRANSFAIR, muchos países han realizado estudios sobre los contenidos de AGt en los alimentos de uso habitual y la industria ha comenzado a utilizar nuevas tecnologías que disminuyen su formación:

- Modificación de las condiciones del proceso de hidrogenación, presión, temperatura y naturaleza del catalizador.
- Interesterificación: proceso que implica la distribución al azar de los ácidos grasos en la molécula del glicerol en presencia de un catalizador químico, tal como metóxido de sodio o una enzima.
- Fraccionamiento: uso de fracciones de grasas de origen tropical ricas en AG saturados que permiten obtener la correspondiente de alto punto de fusión que aporta mejor estructura y plasticidad.
- Combinación de tecnologías, interesterificación, hidrogenación y fraccionamiento.

Estado actual de la legislación y otras medidas de gestión

Los diferentes organismos y agencias internacionales han emitido recomendaciones sobre la ingesta de AGt pero no existen normativas europeas al respecto.

En la Unión Europea solo están regulados en los preparados para lactantes y de continuación mediante la Directiva 141/2006/CE en la que se establece que "el contenido en AGt no será superior al 3% del contenido total en materia grasa".

La OMS (2003) recomienda que el consumo de AGt no supere el 1% del aporte energético total (2,2 g/día para una dieta de 2.000 kcal) y propone que, en su lugar, se aumenten los aportes dietéticos de AGMI y AGPI.

Los primeros en aplicar en Europa una normativa fueron las autoridades danesas que en 2003 elaboraron una regulación que entró en vigor en enero de 2004, donde se establecían límites sobre los niveles de AGt en aceites y en alimentos procesados, prohibiendo la presencia de más de un 2% del total de AGtHC. Las grasas y aceites de origen animal se excluyeron de esta legislación (Danish Veterinary and Food Administration, 2008). Suiza ha seguido la iniciativa de Dinamarca con legislación restrictiva para el uso de AGtHC (The Federal Authorities Swiss Confederation, 2008).

Desde entonces algunos países europeos han dado las siguientes recomendaciones de ingesta de AGt (EFSA, 2009).

- Países Nórdicos (Noruega, Finlandia, Suecia, Dinamarca e Islandia): un máximo del 10% de AGS y AGt del consumo energético total y recomienda dosis más bajas para las personas con hipercolesterolemia. Asimismo, señalan que para niños entre 6-11 meses la ingesta debe ser tan baja como sea posible.
- En el Reino Unido: un consumo del 10% de la ingesta energética total ó un máximo de 5 g/día de AGS y AGt.
- Francia recomienda no superar el 2% de la energía total ingerida (AFSSA, 2005).
- Alemania, Austria y Suiza: un consumo inferior al 1% del aporte energético total.

En Canadá en 2006, se ha recomendado el límite de 2% de AGt para los aceites vegetales y margarinas y un 5% para todos los otros alimentos, con excepción de los de origen animal procedentes de rumiantes (Health Canada, 2006). En Estados Unidos, la FDA recomienda mantener la ingesta de AGt tan baja como sea posible y, desde enero del 2006, estableció que se recoja en una línea separada

del etiquetado el contenido en AGt. La ciudad de Nueva York y el estado de California han sido los primeros en controlar el consumo de AGt en los alimentos, recomendando la disminución de AGt en los aceites y margarinas utilizadas para untar y freír: los productos servidos en los restaurantes desde el 2010 deben contener menos de 0,5 g de AGtHC por ración/porción y en productos de bollería se controlará a partir de 2011.

Recientemente se ha presentado una propuesta al Parlamento Europeo en la que se solicita que la Comisión limite el contenido máximo permisible de los AGt producidos industrialmente en todos los ingredientes destinados a productos alimenticios para consumo humano en la UE a un máximo del 2% del contenido total de grasas, como ya se aplica en Dinamarca.

En el futuro cabe esperar que se mantengan los contenidos bajos de AGtHC en los alimentos gracias a los cambios en el perfil de AG de las grasas disponibles comercialmente, conseguidos por la modificación de los procesos tecnológicos, y al impacto de los cambios en la legislación restrictiva para el uso de AGtHC en los alimentos.

Conclusiones del Comité Científico

Dada la potencial incidencia para la salud de AGtHC, sobre todo en relación con enfermedades cardiovasculares, se han realizado numerosos estudios para conocer sus contenidos en los distintos alimentos, así como para aportar evidencias científicas respecto a los posibles efectos adversos.

La revisión de los trabajos realizados sobre los dos aspectos de interés citados aporta datos que se resumen a continuación:

- 1) De las investigaciones realizadas se concluye que los AGt pueden incidir en riesgos cardiovasculares de forma similar o superior a los AGS. La influencia en otras enfermedades no cuenta con evidencias científicas aún contrastadas. Por el momento no se dispone de información suficiente que permita determinar si los AGt de fuentes distintas (origen animal y vegetal) difieren en sus efectos sobre el riesgo de enfermedad. Sin embargo, no se han aportado datos que permitan concluir sobre el riesgo del consumo de los AGt en alimentos de origen animal y la información también es limitada en cuanto a los efectos individuales de las distintas especies químicas de AGt.
- 2) En Europa, los contenidos de AGt en los alimentos se han reducido con respecto a los obtenidos en el informe TRANSFAIR (financiado por la UE), principalmente, gracias a la legislación establecida en distintos países en relación a los AGt, que ha conllevado cambios en los procesos tecnológicos de obtención de aceites vegetales hidrogenados.
- 3) En el informe TRANSFAIR se mencionan para España estimaciones de la ingesta de AGt de 2,1 g/día (0,7% del aporte total de energía). Datos recientes de los contenidos de AGt en distintos alimentos aportan valores muy bajos (<1% del total de AG en la mayoría de los alimentos estudiados, sin incluir los de origen animal), por lo que la ingesta de AGt se puede estimar que ha disminuido. No obstante, sería interesante concretar el valor actual de consumo de AGt en base a datos de la dieta española.

Referencias

AFSSA (2005). Agence Francaise de Securite Sanitaire des Aliments. Risques et bénéfiques, pour la santé des acides gras trans apportés par les aliments. Recommandations.

- Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M.R., Martínez, M.A., Ares, I., Ramos, E., Gómez-Cortés, P., Juárez, M. y De la Fuente, M.A. (2010). Acute oral safety study of dairy fat rich in trans-10 C18:1 versus vaccenic plus conjugated linoleic acid in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 48, pp: 591-598.
- Bauman, D.E. y Lock, A.L. (2006). Conjugated Linoleic Acid: biosynthesis and nutritional significance. En: *Advanced Dairy Chemistry*, 2, pp: 93-136. *Lipids*, 3ª edición, Ed. Springer, Estados Unidos.
- Benito, P., Nelson, G.J., Kelley, D.S., Bartolini, G., Schmidt, P.C. y Simon, V. (2001). The effect of conjugated linoleic acid on plasma lipoproteins and tissue fatty acid composition in humans. *Lipids*, 36, pp: 229-236.
- Biong, A.S., Rebnord, H.M., Fimreite, R.L., Kerstin, U.T., Ringstad, J., Thelle, D.S. y Pedersen, J.I. (2008). Intake of dairy fat and dairy products and risk of myocardial infarction: a case-control study. *International Journal of Food Sciences Nutrition*, 59, pp 155-165.
- Burdaspal, P.A., Ledgarda, T.M., Corrales, M.L., Delgado, P. y Marcos, V. (2010). Analisis de la composición grasa de diversos alimentos comercializados en España. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 11, pp: 69-80.
- Camacho, L. (2003). Contenido en ácidos grasos trans en alimentos, niveles de ingesta e influencia sobre la salud. *Vox Paediatrica*, 11, pp: 43-45.
- Chajes, V., Thiebaut, A.C., Rotival, M., Gauthier, E., Maillard, V., Boutron-Ruault, M.C., Joulin, V., Lenoir, G.M. y Clavel-Chapelon, F. (2008). Association between serum trans-monounsaturated unsaturated fatty acids and breast cancer risk in the E3NPEC Study. *American Journal of Epidemiology*, 167, pp: 1312-1320.
- Chardigny, J.M., Destailats, L., Malpuech-Brugère, C., Moulin, J., Bauman, D.E., Lock, A.L., Barbano, D.M., Mensink, R.P., Bezelgues, J.B., Chaumont, P., Combe, N., Cristiani, I., Joffre, F., German, J.B., Dionisi, F., Boirie, Y. y Sébédio, Y.L. (2008). Do trans fatty acids from industrially produced sources and from natural sources have the same effect on cardiovascular disease risk factors in healthy subjects? Results from the trans fatty acids collaboration (TRANSFACT) study. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 87, pp: 558-566.
- Chardigny, D., Sébédio, J.L., Juanéda, P., Vatelé, J.M. y Grandgirard, A. (1993). Occurrence of n-3 trans polyunsaturated fatty acids in human platelets. *Nutrition Research*, 13, pp: 1105-1111.
- Chen, Z.Y., Pelletier, G., Hollywood, R. y Ratnayake, W.M.N. (1995). Trans fatty acid isomers in canadian human milk. *Lipids*, 30, pp: 15-21.
- Clayton, A., Martin, M., Milinsk, J., Visentainer, V., Matsushita, M. y de-Souza, N. (2007). Trans fatty acid-forming processes in foods: a review. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 79, pp: 343-350.
- Craig-Schmidt, M.C. (2006). World-wide consumption of trans fatty acids. *Atherosclerosis Supplement*, 7, pp: 1-4.
- Cruz-Hernández, C., Kramer, J.K.G., Kraft, J., Santercole, V., Or-Rashid, M., Deng, Z., Dugan, M.E.R., Delmonte, P. y Yurawecz, M.P. (2006). Systematic analysis of trans and conjugated linoleic acids in the milk and meat of ruminants. *Advances in CLA Research*, 3, pp. 45-93. AOCS Press, Estados Unidos.
- Danish Veterinary and Food Administration (2008). Order on the content of trans fatty acids in oils and fats etc. Disponible en: www.uk.foedevarestyrelsen.dk/Food1Safety/Transfatty_acid/forside.htm [acceso: 25-8-2008].
- Destailats, F., Sébédio, J.L., Dioniso, F. y Chardigny, J.M. (2009). Thans fatty acids in human nutrition. *The Oil Press*. Reino Unido.
- Directiva 2006/141/CE de la Comisión de 22 de diciembre de 2006 relativa a los preparados para lactantes y preparados de continuación y por la que se modifica la Directiva 1999/21/CE. DO L 40 de 30 de diciembre de 2006, pp: 1.
- EFSA (2004). European Food Safety Authority. Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the presence of trans fatty acids and the effect on human health of the consumption of trans fatty acids. *The EFSA Journal*, 81, pp: 1-49.
- EFSA (2005). Opinión del Comité Científico de Productos Dietéticos, Nutrición y Alergias relativa a la propuesta de la Comisión Europea sobre Alegaciones Nutricionales de ácidos grasos omega-3, grasa monoinsaturada, insaturada y poliinsaturada. *The EFSA Journal*, 253, pp: 1-29.
- EFSA (2009). Draft Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from

- the Commission related to dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, *trans* fatty acids, and cholesterol. Request N° EFSA-Q-2008-466.
- EFSA (2010). EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, *trans* fatty acids, and cholesterol. *The EFSA Journal*, 8, pp: 1461.
- Elias, S.L. e Innis, S.M. (2002). Bakery foods are the major dietary source of *trans*-fatty acids among pregnant women with diets providing 30 percent energy from fat. *Journal of the American Dietetic Association*, 102, pp: 46-51.
- European Parliament (2008). Policy Department Economic and Scientific Policy. *Trans Fatty Acids and Health: A Review of Health Hazards and Existing Legislation* IP/A/ENVI/ST/2008-19 PE 408.584.
- FDA (2006). Food and Drug Administration. Food labeling: *trans* fatty acids in nutrition labelling, nutrient content claims and health claims. Disponible en: www.cfsan.fda.gov/~acrobat/fr03711a.pdf [acceso: 25-8-2008].
- Gebauer, S.K., Psota, T.L. y Kris Etherton, P.M. (2007). The diversity of health effects of individual *trans* fatty acid isomers. *Lipids*, 42, pp: 787-799.
- Griguol, V., León-Camacho, M. y Vicario, I.M. (2007). Revisión de los niveles de ácidos grasos *trans* encontrados en distintos tipos de alimentos. *Grasas y aceites*, 58, pp: 87-98.
- Health Canada, (2006). "TRANSforming the food supply: Report of the Trans Fat Task Force Submitted to the Minister of Health," June 2006, Health Canada.
- Hulshof, K.F., van Erp-Baart, M.A., Anttolainen, M., Becker, W., Church, S.M., Couet, C., Hermann-Kunz, E., Kesteloot, H., Leth, T., Martins, I., Moreiras, O., Moschandreas, J., Pizzoferrato, L., Rimestad, A.H., Thorgeirsdottir, H., van Amelsvoort, J.M., Aro, A., Kafatos, A.G., Lanzmann-Petithory, D. y van Poppel, G. (1999). Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on *trans* fatty acids: the TRANSFAIR study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53, pp: 143-157.
- Ip, M.M., Masso-Welch, P.A. e Ip, C. (2003). Prevention of mammary cancer with conjugated linoleic acid: role of stroma and the epithelium. *Journal Mammary Gland Neoplasia*, 8, pp: 103-118.
- Jakobsen, M.U., Overvad, K., Dyerberg, J. y Heitmann, B.L. (2008). Intake of ruminant *trans* fatty acids and risk of coronary heart disease. *International Journal of Epidemiology*, 37, pp: 173-182.
- L'Abbe, M.R., Stender, S., Skeaff, M., Ghafoorunissa y Tavella, M. (2009). Approaches to removing *trans* fats from the food supply in industrialized and developing countries. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63, pp: S50-S67.
- Leal, A.O. (2005). Ácidos grasos *trans*, *cis* y *lipo*: evidencia actual de su influencia sobre la salud infantil. *Acta Pediátrica Española*, 63, pp: 22-26.
- Legrand, P. (2008). Intérêt nutritionnel des principaux acides gras des lipides laitiers. *Sciences des Aliments*. 28, pp: 34-43.
- Lock, A.L., Horne, C.A.M., Bauman D.E. y Salter, A.M. (2005a). Butter naturally enriched in conjugated linoleic acid and vaccenic acid alters tissue fatty acids and improves the plasma lipoprotein profile in cholesterol-fed hamsters. *Journal of Nutrition*, 135, pp: 1934-1939.
- Lock, A.L., Parodi, P.W. y Bauman, D.E. (2005b). The biology of *trans* fatty acids: Implications for human health and the dairy industry. *Australian Journal of Dairy Technology*, 60, pp: 134-142.
- Lock, A.L., Kraft, L., Rice, B.H., Dale, E. y Bauman, D.E. (2009). Biosynthesis and biological activity of ruminic acid: a natural CLA isomer. En: *Trans Fatty A in Human Nutrition*, pp: 195-230, 2ª Edición. The Oil Press, Reino Unido.
- Luna, P., Martín-Diana, A.B., Alonso, L., Fontecha, J., De La Fuente, M.A., Requena, T. y Juárez, M. (2004). Effects of milk fat replacement by PUFA enriched fats on n-3 fatty acids, conjugated dienes and volatile compounds of fermented milks. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106, pp: 417-423.
- Luna, P., Fontecha, J., Juárez, M. y De la Fuente, M.A. (2005). Conjugated linoleic acid in ewe milk fat. *Journal of Dairy Research*, 72, pp: 415-424.
- Luna, P., Juárez, M. y De la Fuente, M.A. (2007). Conjugated linoleic acid content and isomer distribution during ripening in three varieties of cheeses protected with designation of origin. *Food and Chemical*, 103, pp: 1465-1472.

- Malpuech-Brugère, C., Morio, B. y Mensink, R.P. (2009). Dietary *trans* fatty acids and cardiovascular disease risk. *Trans Fatty Acids in Human Nutrition*, pp: 307-318. The Oily Press, Reino Unido.
- Mensink, R.P. y Katan, M.B. (1990). Effect of dietary *trans* fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *The New England Journal of Medicine*, 323, pp: 439-445.
- Mensink, R.P., Zock, P.L., Kester, A.D. y Katan, M.B. (2003). Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta-analysis of 60 controlled trials. *American Journal Clinical Nutrition*, 77, pp: 1146-1155.
- Meyer, K.A., Kushi, L.H., Jacobs, D.R. y Folsom, A.R. (2001). Dietary fat and incidence of type 2 diabetes in older Iowa women. *Diabetes Care*, 24, pp: 1528-1535.
- Mozaffarian, D., Aro, A. y Willett, W.C. (2009). Health effects of *trans*-fatty acids: experimental and observational evidence. *European Journal Clinical Nutrition*, 63, pp: 55-521.
- Mozaffarian, D., Katan, M.B., Ascherio, A., Stampfer, M.J. y Willett, W.C. (2006). *Trans* fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 354, pp: 1601-1613.
- Ohlogge, J.B., Gulley, R.M. y Emken, E.A. (1982). Occurrence of octadecenoic fatty acid isomers from hydrogenated fats in human tissue lipid classes. *Lipids*, 17, pp: 551-557.
- OMS (1990). Organización Mundial de la Salud. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO Technical Report Series 797. Ginebra, 1990.
- OMS (1997). Grasas y aceites en la alimentación humana. Consulta FAO/OMS de expertos. Estudio FAO Alimentación y Nutrición, 56.
- OMS (2003). Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Informe de una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO Serie de Informes Técnicos 916. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/AC911E/AC911E00.HTM> [acceso: 23-10-09].
- OMS (2004). Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del codex sobre nutrición y alimentos para regímenes especiales. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/codex/ccnfsdu26/nf26_11s.pdf [acceso: 24-10-09].
- Orden Ejecutiva N° 160 de 11 marzo 2003. Contenido en ácidos grasos *trans* en aceites y grasas. Dinamarca.
- Parodi, P.W. (2006). Nutrition Significance of milk lipids. *En: Advances Dairy Chemistry, 2, Lipids*, pp: 601-63. Ed. Springer, Estados Unidos.
- Parodi, P.W. (2003). Conjugated linoleic acid in food. *Advances in CLA Research*, 2, pp: 101-122. AOCS Press, Estados Unidos.
- Pfeuffer, M. y Schrezenmeir, J. (2006). Impact of *trans* fatty acids of ruminant origin compared with those from partially hydrogenated vegetable oils on CHD risk. *International Dairy Journal*, 16, pp: 1383-1388.
- Rocquelin, G., Guenot, L., Astorg, P.O. y David, M. (1989). Phospholipid content and fatty acid composition of human heart. *Lipids*, 24, pp: 775-780.
- SACN (2007). Scientific Advisory Committee on Nutrition. Update on transfatty acids. Position statement by the Scientific Advisory Committee on Nutrition Disponible en: http://www.sacn.gov.uk/pdfs/sacn_trans_fatty_acids_report.pdf [acceso: 1-05-2010].
- Salmerón, J., Hu, F., Manson, J., Stampfer, M., Graham, A., Colditz, H., Rimm, E. y Willett, W. (2001). Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73, pp: 1019-1026.
- Shingfield, K.J., Chilliard, Y., Toivonen, V., Kairenius, P. y Givens, D.I. (2008). *Trans* fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 606, pp: 3-65.
- Sjogren, P., Rosell, M., Skoglund-Andersson, C., Zdravkovic, S., Vessby, B., De, F.U., Hamsten, A., Hellenius, M.L. y Fisher, R.M. (2004). Milk-derived fatty acids are associated with a more favourable LDL particle size distribution in healthy men. *Journal of Nutrition*, 134, pp: 1729-1735.
- St-Pierre, A.C., Cantin, B., Dagenais, G.R., Mauriege, P., Bernard, P.M., Despres, J.P. y Lamarche, B. (2005). Low density lipoprotein subfractions and the long-term risk of ischemic heart disease in men: 13-year follow-up data from the Quebec Cardiovascular Study. *Arteriosclerosis Thrombosis and Vascular Biology*, 25, pp: 553-559.

- The Federal Authorities Swiss Confederation (2008). Verordnung des EDI über Speiseöl, Speisefett und daraus hergestellte Erzeugnisse. 817.022.105. Disponible en: <http://www.admin.ch/ch/d/sr/8/817.022.105.de.pdf> [acceso: 25-8-2008].
- Thomas, L.H., Jones, P.R., Winter, J.A. y Smith, H. (1981). Hydrogenated oils and fats: the presence of chemically-modified fatty acids in human adipose tissue. *American Journal Clinical Nutrition*, 34, pp: 877-886.
- Tyburczy, C., Major, C., Lock, A.L., Destailats, F., Lawrence, P., Brenna, J.T., Salter, A.M. y Bauman, D.E. (2009). Individual *trans* octadecenoic acids and partially hydrogenated vegetable oil differentially affect hepatic lipid and lipoprotein metabolism in golden syrian hamsters. *Journal of Nutrition*, 139, pp: 257-263.
- Uauy, R., Aro, A., Clarke, R., Ghafoorunissa, R., L'Abbe, M., Mozaffarian, D., Skeaff, M., Stender, S. y Tavella, M. (2009). WHO Scientific Update on *trans* fatty acids: summary and conclusions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63, pp: S68-S75.
- Van Dam, R.M., Willett, W.C., Rimm, E.B., Stampfer, M.J. y Hu, F.B. (2002). Dietary fat and meat intake in relation to risk of type 2 diabetes in men. *Diabetes Care*, 25, pp: 417-424.
- Weggemans, R.M., Rudrum, M. y Trautwein, E.A. (2004). Intake of ruminant versus industrial *trans* fatty acids and risk of coronary heart disease-what is the evidence? *European Journal Lipid SciencesTechnology*, 106, pp: 390-397.
- Zaloga, G.P., Harvey, K.A., Stillwell, W. y Siddiqui, R. (2006). *Trans* fatty acids and coronary heart disease. *Nutrition in Clinical Practice*, 21, pp: 505-512.