



FIROFOTO

# Ácido linoleico conjugado

*Un nuevo ingrediente funcional*

El ingente mercado de alimentos funcionales recibe casi diariamente nuevas incorporaciones que contribuyen, sin duda, a su diversificación con objeto de prevenir las enfermedades más prevalentes en la población de los países desarrollados, enfermedades que en su mayoría guardan una estrecha relación con los excesos alimenticios que caracterizan a estas poblaciones. Uno de esos compuestos funcionales es el ácido linoleico conjugado, cuyas principales características se revisan en el presente artículo.

---

ADELA-EMILIA GÓMEZ AYALA

DOCTORA EN FARMACIA Y DIPLOMADA EN NUTRICIÓN.

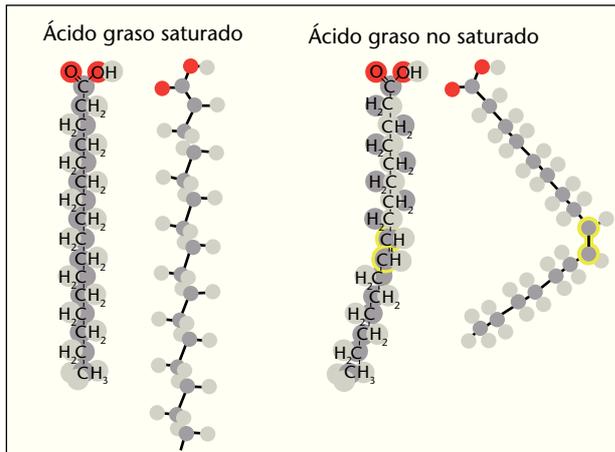


Fig. 1. Estructura general de los ácidos grasos.

**E**l ácido linoleico conjugado se incluye entre los numerosos ácidos grasos que componen la dieta de los animales superiores y del hombre. Dichos ácidos grasos representan la principal fuente energética, ya que su aporte calórico duplica el de las proteínas y el de los hidratos de carbono. Además, forman parte de las membranas celulares y desempeñan importantes funciones metabólicas tales como el transporte de vitaminas liposolubles.

Algunos de esos ácidos grasos son esenciales, lo que implica que el organismo los necesita para su funcionamiento, pero no puede sintetizarlos, por lo que debe adquirirlos a través de la dieta.

Estos ácidos grasos esenciales incluyen los ácidos linoleico y alfa-linoléico.

Los ácidos grasos forman parte de los triglicéridos, de los lípidos complejos y también pueden esterificar el colesterol. Los ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados y estos últimos, en función del número de dobles enlaces que contienen, pueden ser monoinsaturados o poliinsaturados (figs. 1 y 2).

Los ácidos grasos poliinsaturados se agrupan en dos grandes familias: los ácidos grasos poliinsaturados n-6 u omega-6 y los ácidos grasos poliinsaturados n-3 u omega-3. El principal ácido graso poliinsaturado de la serie omega-6 es el ácido linoleico, mientras que el principal representante de

los poliinsaturados de la serie omega-3 es el ácido linoléico.

Químicamente, la isomería geométrica de los ácidos grasos en términos nutricionales tiene una gran relevancia. La mayoría de los ácidos grasos tienen isomería cis, aunque también en la dieta habitual se consumen una pequeña cantidad de ácidos grasos de isomería trans, que proceden de manipulaciones tecnológicas a las que se someten algunos alimentos para adaptarlos al consumo humano.

## Ácidos grasos conjugados

Los ácidos grasos poliinsaturados naturales tienen los dobles enlaces dispuestos de una forma característica. Si el ácido graso tiene dos dobles enlaces, éstos se sitúan de forma que en medio quede un carbono que no participa de la insaturación. Sería esta una estructura «no conjugada». A veces, fruto de las manipulaciones tecnológicas, desaparece el carbono metilénico intermedio, con lo que se obtiene una estructura «conjugada». A su vez, ese ácido graso conjugado puede tener los dos dobles enlaces en posición cis o en posición trans, o incluso uno con isomería cis y otro con isomería trans (figs. 3 y 4).

## Ácido linoleico conjugado: estructura química

El ácido linoleico es un ácido graso esencial de la serie omega-6, que responde a la fórmula química

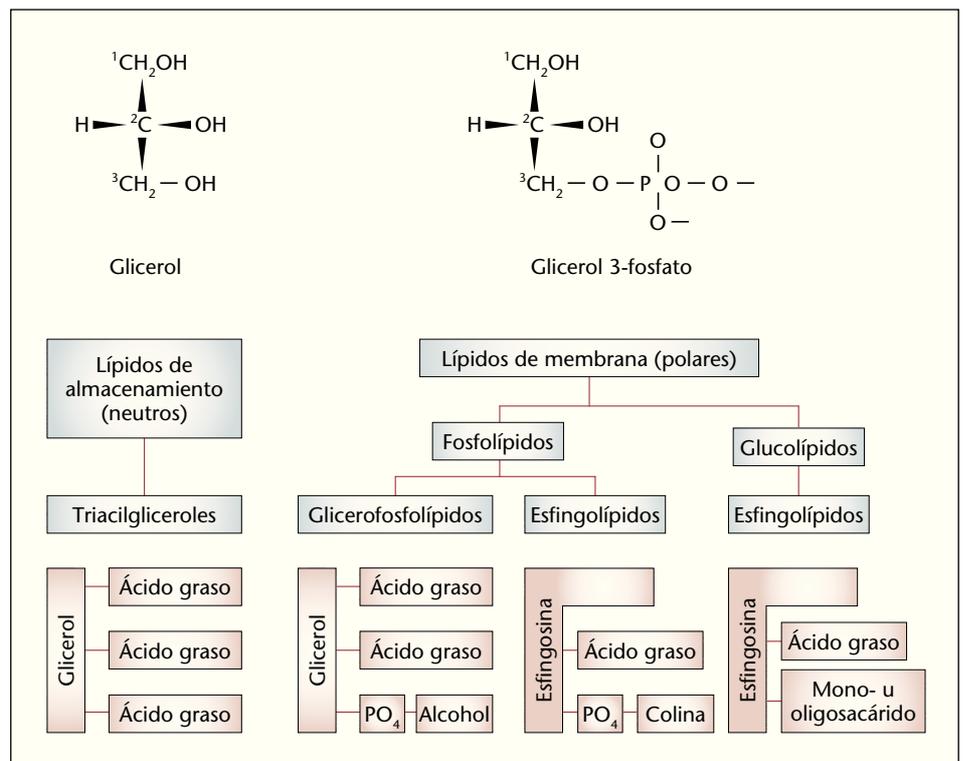


Fig. 2. Estructura de los lípidos.

Fuente: García MD, Aguilera García CM, Gil Hernández A. Efectos saludables de los lípidos de la dieta. Alimentación, Nutrición y Salud 2007; 14 (1): 12-26.

18:2, 9c-12c. En la denominación de ácido linoleico conjugado se incluye una serie de isómeros del ácido linoleico, caracterizados por tener sus dobles enlaces en posición conjugada o contigua (fig. 5). Estos dobles enlaces pueden tener configuración cis o trans, y pueden estar en las posiciones 8 y 10, 9 y 11, 10 y 12 o 13 y 14.

El isómero 9cis – 11trans es el más abundante y constituye aproximadamente el 80% del total de ácido linoleico conjugado presente en los alimentos.

### Ácido linoleico conjugado: fuentes alimentarias

Los isómeros del ácido linoleico conjugado aparecen como componentes minoritarios de la fracción lipídica, fundamentalmente en la carne de ovino y bovino, así como en la leche procedente de estos animales, y pueden representar en estos productos el 0,65% de los lípidos totales.

Si bien este ácido se encuentra mayoritariamente en alimentos de origen animal, también puede encontrarse, aunque en proporciones muy inferiores, en aceites vegetales.

El ácido linoleico conjugado se produce in vivo como un intermediario durante la biohidrogenación parcial del linoleato por la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* de la flora bacteriana de los rumiantes. En animales no rumiantes como la rata, el ácido linoleico conjugado se genera también a partir del linoleato libre por la acción de las bacterias de la flora intestinal.

El organismo humano, aunque también incluye la bacteria *B. fibrisolvens* entre su flora intestinal, no puede convertir el ácido linoleico contenido en el aceite de girasol en su isómero conjugado. No obstante, se ha comprobado que en el hombre el ácido linoleico conjugado puede formarse a partir de los ácidos grasos trans de la dieta.

La carne de res contiene entre 2,9 y 4,3 mg de ácido linoleico conjugado por gramo de grasa. En los quesos, el contenido oscila entre 2,9 y 7,1 mg por gramo de grasa. La leche de vaca contiene 5,5 mg de ácido linoleico conjugado por gramo de grasa, aunque esta cifra puede modificarse por diversos factores:

Si bien el ácido linoleico conjugado se encuentra mayoritariamente en alimentos de origen animal, también puede encontrarse, aunque en proporciones muy inferiores, en aceites vegetales

localización geográfica, estacionalidad, alimentación del animal, etc. Tales factores también condicionan la cantidad de ácido linoleico conjugado presente en los quesos elaborados con esta leche.

En lo que respecta a la procedencia de la leche, se ha comprobado que los mayores niveles de ácido linoleico conjugado se encuentran en la leche de oveja, le sigue la de vaca y, finalmente, la de cabra.

El calentamiento de estos alimentos a elevadas temperaturas incrementa los niveles de este ácido.

A modo de ejemplo, puede citarse la fritura de las carnes o la pasteurización de los productos lácteos.

En una dieta mixta promedio occidental se estima que el consumo de ácido linoleico conjugado puede alcanzar la cantidad de 1,5 g por día, aunque esta cifra varía mucho dependiendo de los hábitos culinarios de cada país, así como del porcentaje de ácido linoleico conjugado aportado por las carnes de los animales rumiantes.

Además de las fuentes naturales de ácido linoleico conjugado (carnes de res y leche), la industria alimentaria también puede proporcionarnos productos elaborados que contienen dicho ácido. Este es el caso de las margarinas, que se obtienen por procesos de hidrogenación parcial.

### Ácido linoleico conjugado: efectos saludables

El interés suscitado por el ácido linoleico conjugado durante los últimos años es debido a sus propiedades beneficiosas en el ámbito cardiovascular, así como a su efecto anticancerígeno.

Otras propiedades favorables que también se le han atribuido a este compuesto son las siguientes: modulación del sistema inmunitario, acción antidiabética, favorecedor de la mineralización ósea y reductor de la grasa corporal.

### Efecto hipolipemiante y antiaterogénico

Utilizando modelos animales de hipercolesterolemia, se ha comprobado que el ácido linoleico conjugado normaliza los niveles plasmáticos de colesterol y reduce la

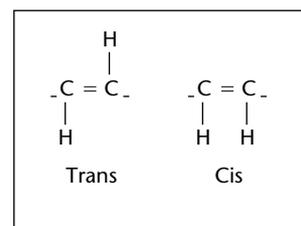


Fig. 3. Configuración de los ácidos grasos.

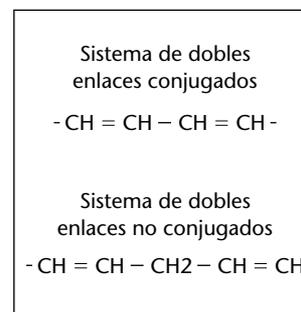


Fig. 4. Dobles enlaces.



placa ateromatosa, aunque la respuesta es muy similar a la obtenida con los ácidos grasos omega-3, si bien este ácido no pertenece a este grupo de compuestos.

En animales (hámsteres) se ha comprobado que los niveles de colesterol LDL (cLDL) se reducen progresivamente en función del contenido de ácido linoleico conjugado de la dieta. Este efecto no se ha comprobado para el cHDL. El efecto antiaterogénico de este ácido graso parece ser debido a su acción hipocolesterolémica e hipotrigliceridémica.

Algunos autores han planteado la hipótesis de que los efectos del ácido linoleico conjugado sobre el metabolismo lipídico podrían estar mediados por la activación de factores de transcripción como los receptores activados por el proliferador de peroxisomas (PPAR), teoría esta que se fundamenta en el hecho de que los PPAR desempeñan un importante papel en la regulación de la expresión de genes relacionados con los procesos que se ven modificados por el ácido linoleico conjugado. Estos procesos incluyen la proliferación celular, la apoptosis y diversos procesos integrantes del metabolismo lipídico. Los isómeros del ácido linoleico conjugado pueden activar estos factores de transcripción.

### Efecto antidiabético

En relación con el supuesto efecto antidiabético del ácido linoleico conjugado, se ha comprobado en diversos estudios realizados con animales que este ácido ejerce una actividad similar a la de las tiazolidinedionas, un grupo de compuestos que actúan como antidiabéticos orales. Al parecer, y según se desprende de los resultados obtenidos en animales, el ácido linoleico conjugado mejora la sensibilidad a la insulina, normaliza la tolerancia a la glucosa y disminuye los niveles circulantes de ácidos grasos libres.

Los estudios realizados en pacientes con diabetes tipo 2 a los que se les ha suministrado ácido linoleico conjugado han demostrado que tiene lugar una importante disminución de la glucosa en ayunas, la leptina, el índice de masa corporal y el peso.

### Efecto antiadipogénico

Actualmente existen numerosos estudios realizados en animales de experimentación, en animales de producción y en humanos, que han demostrado que el ácido linoleico conjugado reduce la grasa corporal. Esta reducción de peso abre la puerta a la posible explotación comercial de este ácido graso como producto útil en la prevención y en el tratamiento de la obesidad.

No obstante, el efecto antiadipogénico del ácido linoleico conjugado en humanos no está exento de controversias, habiéndose comprobado que este efecto guarda relación con la adiposidad preexistente, de

modo que, cuando ha sido administrado a sujetos no obesos, no se han observado cambios significativos en la grasa corporal, el peso y el índice de masa corporal. Por el contrario, cuando este ácido ha sido suministrado a personas con sobrepeso u obesidad, se ha apreciado una reducción en el diámetro sagital abdominal y en la grasa corporal sin afectación de la masa corporal libre de grasa. Este efecto antiadipogénico ha resultado ser más evidente en mujeres que en varones.

Algo que sí se ha demostrado actualmente es que el efecto antiadipogénico del ácido linoleico conjugado no es igual para todos los isómeros, siendo el más efectivo el isómero 10trans – 12cis, isómero este que no es precisamente el que más abunda en los alimentos.

El efecto del ácido linoleico conjugado sobre la cantidad de grasa corporal parece explicarse a partir de una modificación del balance energético: parece ser que este ácido graso podría disminuir la ingesta de alimento, incrementar el gasto energético o incluso originar ambos fenómenos a la vez.

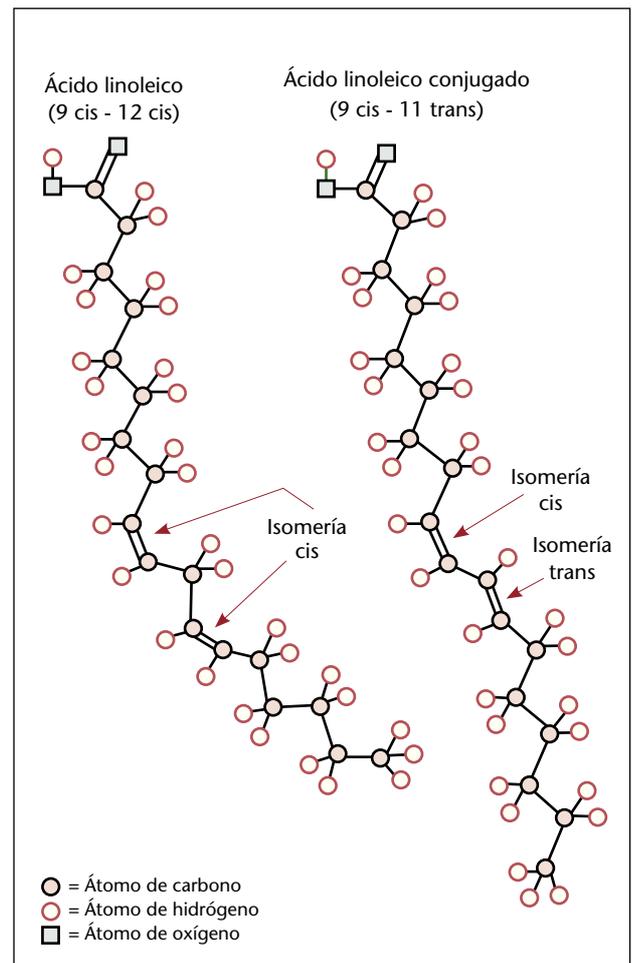


Fig. 5. Estructura química del ácido linoleico (9cis – 12cis) y de uno de los isómeros del ácido linoleico conjugado (9cis – 11trans).

Fuente: Sanhueza J, Nieto S, Valenzuela A. Acido linoleico conjugado: un ácido graso con isomería TRANS potencialmente beneficioso. Revista Chilena de Nutrición. 2002;2:98-105.

Se ha propuesto que el ácido linoleico conjugado también pueda modificar algunos de los procesos integrantes del metabolismo lipídico en el tejido adiposo y en el músculo esquelético. En este sentido ha empezado a estudiarse su efecto sobre la lipogénesis de novo, la captación de lípidos desde el torrente sanguíneo, la lipólisis, la oxidación de lípidos y la apoptosis de los adipocitos.

### Efecto sobre el sistema inmunitario

El efecto del ácido linoleico conjugado sobre el sistema inmunitario es uno de los más novedosos, por lo que aún no está muy estudiado. Este efecto estaría mediado por determinadas citoquinas como la interleucina 1, la interleucina 6 y el factor de necrosis tumoral alfa, compuestos implicados en el metabolismo lipídico.

Hasta el momento se ha comprobado que el ácido linoleico conjugado estimula la síntesis de IgA, IgG, IgM y disminuye significativamente los niveles de IgE. Estos resultados han permitido vislumbrar la utilidad de este ácido graso en la prevención y tratamiento de algunas alergias alimentarias.

### Efecto anticarcinogénico

El efecto anticarcinogénico del ácido linoleico conjugado es uno de los mejor estudiados. No sólo hay estudios experimentales, sino también en humanos, al igual que ocurre con otro de sus efectos más significativos, tanto desde la perspectiva sanitaria como económica: el efecto antiadipogénico.

Dicho efecto anticarcinogénico ha sido estudiado en diferentes tumores: próstata, colon, pulmón y mama, habiéndose obtenido los resultados más prometedores sobre este último. Los resultados obtenidos en relación con la prevención del cáncer mamario han sido superiores al comparar el ácido linoleico conjugado con

Hasta el momento se ha comprobado que el ácido linoleico conjugado estimula la síntesis de IgA, IgG, IgM y disminuye significativamente los niveles de IgE. Estos resultados han permitido vislumbrar la utilidad de este ácido graso en la prevención y tratamiento de algunas alergias alimentarias.

otros compuestos similares: ácido oleico y ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega-3.

El efecto anticarcinogénico del ácido linoleico conjugado ha resultado ser dosis-dependiente, habiéndose estudiado ingestas que oscilan entre un 0,05% y un 2%. El efecto antioxidante, el incremento de la respuesta inmunitaria, la inhibición de la angiogénesis y la metástasis, unidos al incremento de la apoptosis, podrían ser los mecanismos del efecto antitumoral.

### Efecto favorecedor de la mineralización ósea

Finalmente, también hay estudios que evidencian la posible utilidad del ácido linoleico conjugado en enfermedades tan prevalentes, a partir de ciertas edades, como la sarcopenia y la osteoporosis.

En este sentido, estudios experimentales han demostrado que el ácido linoleico conjugado, concretamente el isómero 10trans – 12cis estimula la síntesis proteica muscular, al tiempo que aumenta la tasa de transporte de calcio en células Caco 2.

Simultáneamente también se han llevado a cabo otros estudios experimentales que han demostrado el efecto antiinflamatorio del ácido linoleico conjugado sobre el cartilago articular.

En definitiva, si los estudios en humanos confirman los resultados preliminares obtenidos en animales, se estaría ante una nueva utilidad del ácido linoleico conjugado, que podría resultar beneficioso en la prevención de la patología cartilaginosa en las articulaciones de sobrecarga en el deporte.

Así pues, se requiere la realización de ensayos en humanos para confirmar el efecto benéfico del ácido linoleico conjugado en enfermedades que afectan al aparato locomotor.

## Ácido linoleico conjugado en productos lácteos: presencia y modificación

El nivel de ácido linoleico conjugado en los productos lácteos está condicionado por los siguientes factores:

- Fisiológicos o genéticos, que obviamente son atribuibles al animal.
- Composición de la dieta que recibe el animal.
- Procesos tecnológicos a los que se somete la leche tras el ordeño.

### Factores fisiológicos o genéticos

El contenido de ácido linoleico conjugado presente en el ganado vacuno está condicionado por la cantidad de este compuesto producida por la flora del rumen, así como por la actividad de la enzima



Además de las fuentes naturales de ácido linoleico conjugado (carne de res y leche), la industria alimentaria también puede proporcionarnos productos elaborados que contienen dicho ácido, como las margarinas

desaturasa delta-9 presente en las glándulas mamarias y en otros tejidos.

La actividad de la desaturasa delta-9 varía enormemente de un animal a otro dentro de un mismo rebaño, lo que obviamente se traduce en amplias variaciones en el contenido de ácido linoleico conjugado en la leche de diferentes animales. Al parecer, la alimentación que recibe el rumiante condiciona una mayor o menor actividad enzimática, aunque este punto no está totalmente confirmado.

Otro factor que también condiciona el contenido de este ácido graso en la leche es la raza del animal, habiéndose comprobado que la vaca de la raza Orlando se caracteriza por una leche más rica en ácido linoleico conjugado en relación con la leche de vaca de raza Jersey.

### Factores relacionados con la dieta

Actualmente está totalmente admitido que el tipo de alimentación que recibe el animal condiciona enormemente la cantidad de ácido linoleico conjugado presente en su carne y en su leche. En este sentido, se ha comprobado que las vacas que se alimentan a base de forraje verde aumentan considerablemente la ingesta de ácido linoléico, lo que se traduce finalmente en la producción de leche con unos niveles de ácido linoleico conjugado del orden de 10-20 g por kg de grasa láctea. El empleo de hierba madura o forraje conservado tiene menos influencia en el nivel de ácido linoleico conjugado presente en la leche.

Otra opción para modificar los niveles de ácido linoleico conjugado presente en la leche es adicionar diferentes aceites a la dieta del animal y comparar posteriormente con las características de la leche de animales alimentados sólo con pasto. En tales estudios se ha comprobado que los rumiantes que habían recibido una dieta conteniendo aceite de girasol, cuyo ácido graso mayoritario es el ácido linoleico, producían la leche con mayores niveles de ácido linoleico conjugado en comparación con la leche procedente de animales que habían recibido otra alimentación.

También se han realizado estudios en los que los rumiantes han recibido dietas que contenían aceites de

pescado o algas marinas. Tales estudios han demostrado que la leche procedente de estos rumiantes contenía importantes cantidades de ácido linoleico conjugado, cantidad que en algunos estudios llegaba a multiplicarse por 6 en comparación con la leche procedente de animales control.

### Factores asociados a procesos tecnológicos

La cantidad de ácido linoleico conjugado en la leche y en sus derivados puede verse influenciada también por los diversos procesos tecnológicos a los que se somete la leche para la obtención de tales derivados.

En este sentido, el factor temperatura y los procesos de oxidación de los ácidos linoleico y alfa-linolénico que tienen lugar durante el procesado y la maduración de los productos lácteos incrementan el contenido de ácido linoleico conjugado en tales productos.

Otras opciones, como la incorporación de proteína durante el proceso de elaboración de productos lácteos, han ofrecido resultados contradictorios respecto a su papel para incrementar los niveles de ácido linoleico conjugado en los derivados lácteos.

Algo que sí está totalmente aceptado por la comunidad científica es que la cantidad de ácido linoleico conjugado en la leche cruda debe ser elevada, si se quiere que los derivados lácteos sean ricos en este ácido graso. ■

### Bibliografía general

- De Blas C. Cambios en el perfil de ácidos grasos en productos animales en relación con la alimentación, animal y humana. Importancia del ácido linoleico conjugado. 1. Rumiantes. XX Curso de especialización FEDNA 2004, (consultado el 28 de junio de 2008). Disponible en: [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/04CAP\\_5.PDF](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/04CAP_5.PDF)
- De la Fuente MA, Juárez M. El ácido linoleico conjugado en la leche y los productos lácteos. Alimentación, Nutrición y Salud. 2004;4:100-12.
- Fernández-Quintela A, Rodríguez VM, Portillo MP. Ácido linoleico conjugado y grasa corporal. Revista Española de Obesidad. 2004;2:71-9.
- Gómez AE. Los productos cárnicos como alimentos funcionales. El Farmacéutico. 2008;404: 44-54.
- Gómez AE. Salud y alimentos funcionales. Las Palmas de Gran Canaria: Consulting Dovall; 2007.
- Lama RA, Morais A. Las grasas en la alimentación infantil. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados. Anales de Pediatría (monográfico). 2005;1:16-23.
- Mesa MD, Aguilera CM, Gil A. Efectos saludables de los lípidos de la dieta. Alimentación, Nutrición y Salud. 2007;1:12-26.
- Moya SY. Alimentos funcionales de origen animal: el ácido linoleico conjugado de la carne y de los productos lácteos. Nutrición Clínica. 2002;3:194-9.
- Recio I, López-Fandiño R. Efectos en la salud de los ingredientes lácteos funcionales. Alimentación, Nutrición y Salud. 2005;4:121-31.
- Sanhueza J, Nieto S, Valenzuela A. Ácido linoleico conjugado: un ácido graso con isomería trans potencialmente beneficioso. Revista Chilena de Nutrición. 2002;2:98-105.
- Villegas JA. Acciones del ácido linoleico conjugado en relación con la actividad física y deportiva, (consultado el 28 de junio de 2008). Disponible en: [http://www.inversalia.com/descargas/Publicaciones/CLA\\_CAPSA.pdf](http://www.inversalia.com/descargas/Publicaciones/CLA_CAPSA.pdf)