

# LÍPIDOS: ASPECTOS TECNOLÓGICOS Y ABORDAJE NUTRICIONAL EN LA SALUD Y EN LA ENFERMEDAD

Escuela de Nutrición y Dietética  
Facultad de Medicina  
Universidad de la República

Teresa Pagano  
Estela Fernández  
(compiladoras)

COMISIÓN SECTORIAL DE EDUCACIÓN PERMANENTE



EDUCACION PERMANENTE  
Universidad de la República



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA

ÁREA SALUD

SD

# LÍPIDOS: ASPECTOS TECNOLÓGICOS Y ABORDAJE NUTRICIONAL EN LA SALUD Y EN LA ENFERMEDAD

---

Teresa Pagano  
Estela Fernández  
(compiladoras)

Curso de Actualización

Centro de Posgrado  
Escuela de Nutrición y Dietética

Universidad de la República

---



ISBN: 978-9974-0-0664-5

**DIAGRAMACIÓN:**

EQUIPO DE LA UNIDAD DE COMUNICACIÓN  
DE LA UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (UCUR),  
SOBRE DISEÑO GRÁFICO DE C. ESPINOSA, A. FOLGA  
Y R. RODRÍGUEZ

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

SEPTIEMBRE 2010

**CANTIDAD DE EJEMPLARES:**

500

ESTA PUBLICACIÓN FUE FINANCIADA POR LA COMISIÓN  
SECTORIAL DE EDUCACIÓN PERMANENTE (CSEP) DE LA  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

# CONTENIDO

Glosario: siglas relacionadas	7
Prólogo	9
Las grasas en la alimentación humana	11
Transición demográfica, epidemiológica y nutricional en Uruguay	17
Puesta a punto sobre estructura y propiedades de lípidos	29
Fuentes y bases de datos de composición química de lípidos en los alimentos	41
Metas de ingesta de grasas para la población uruguaya	55
Características fisicoquímicas de las grasas alimentarias	65
Producción, disponibilidad y variabilidad de composición de las oleaginosas producidas en el uruguay	69
Tecnologías de obtención de grasas, aceites y emulsiones grasas	79
Nuevas tecnologías para dar respuestas a requerimientos nutricionales	91
Propiedades y funciones de grasas y aceites en el diseño de alimentos y productos alimenticios	101
Cocción y absorción de alimentos por cuerpos grasos	117
Sustitutos de grasas	133
Origen y obtención de sustitutos de grasas	147
Normativa vigente: rotulación nutricional	159
Normativa vigente: específica de grasas y aceites	167
La importancia de los lípidos en el organismo humano	173
Digestión y absorción de los lípidos	175
Metabolismo extracelular de lípidos	185
Metabolismo intracelular de lípidos	193
Eicosanoides	203
Ácidos grasos y lípidos con funciones especiales	211
Los lípidos y sus funciones en el organismo	223
Las grasas en patologías de alta prevalencia	233
Grasas y obesidad	237
Grasas en el síndrome metabólico y diabetes	247
Grasas y enfermedad cardiovascular	253
Efectos de los distintos tipos de ácidos grasos en el cáncer	263
Efectos de los distintos tipos de ácidos grasos en enfermedades neurológicas	277
Ácido linoleico conjugado (CLA), sus efectos benéficos como un alimento funcional	291
Fitoesteroles y fitoesteroles, agentes hipocolesterolémicos de origen natural	315

# GLOSARIO: SIGLAS RELACIONADAS

AA	Ácido araquidónico
ADN	Ácido diribonucleico
AG	Ácido graso
AGI	Ácido graso insaturado
AGCL	Ácido graso de cadena larga
AGCC	Ácido graso de cadena corta
AGM	Ácido graso monoinsaturado
AGP	Ácido graso poliinsaturado
AGS	Ácido graso saturado
AGt	Ácido graso trans
ALA	Ácido alfa linoleico
ANEP	Administración Nacional de Educación Pública
ARN	Ácido ribonucleico
ASAGA	Asociación Argentina de Grasas y Aceites
AUDYN	Asociación Uruguaya de Dietistas y Nutricionistas
BMI	Body Mass Index
CAIF	Centro de Atención a la Infancia y la Familia
CDC	Center for Diseases Control and Prevention
CLA	Ácido linoleico conjugado
CMC	Carboximetilcelulosa
DG	Diglicérido
DHA	Ácido docosahexaenoico
DI	Datos insuficientes
DNA	Ácido desoxirribonucleico
ECA	Ensayos clínicos aleatorizados
ECNT	Enfermedades crónicas no transmisibles
ECV	Enfermedades cardiovasculares
EGIH	Encuesta Nacional de Gastos e Ingresos de los Hogares
ENYD	Escuela de Nutrición y Dietética
EPA	Ácido eicosapentaenoico
ETA	Enfermedades transmitidas por alimentos
FAO	Organización para la alimentación y la Agricultura
FDA	Foods and Drogas Asociation
GABA	Guía alimentaria basada en alimentos
GLA	Ácido gama linoleico

---

GMC	Grupo Mercado Común
GRAS	Generally Recognized as Safe
GT	Grasa total
HDL	Lipoproteína de alta densidad
IMC	Índice de masa corporal
INASE	Instituto Nacional de Semilla
INCAP	Instituto de Nutrición de Centro América y el Caribe
INDA	Instituto Nacional de Alimentación
INE	Instituto Nacional de Estadística
INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
IP	Índice de Peróxido
IpA	Índice de para anisidina
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
LDL	Lipoproteína de baja densidad
MC	Metilcelulosa
MG	Monoglicérido
MSP	Ministerio de Salud Pública
MTSS	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización Naciones Unidas
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PF	Punto de fusión
RBN	Reglamento Bromatológico Nacional
RC	Relación conveniente
RPO	Relación posible
RPR	Relación probable
SRA	Servicio de Regulación Alimentaria
TBA	Ácido tio barbitúrico
TG (ó TAG)	Triglicérido
UV	Ultra Violeta
VLDL	Lipoproteína de muy baja densidad
$\omega$ 3	Omega 3
$\omega$ 6	Omega 6
$\omega$ 9	Omega 9

---

# PRÓLOGO

---

Este libro es el resultado del curso de Lípidos realizado en agosto y setiembre del año 2008 en la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de la República.

Organizado por el Centro de Posgrado de la Escuela y en el marco de las Actividades de Educación Permanente de la Universidad Estatal.

Esta publicación, concentra conocimientos de distintas disciplinas como producción, normativa, tecnología y nutrición humana.

Pretende ser una síntesis de los últimos avances en composición físico-química como se brinda en la naturaleza y los cambios que han experimentado a través del manejo en la producción agrícola e industrial así como su influencia en el organismo humano en estado de salud y enfermedad.

Los estudios epidemiológicos muestran permanentemente la correlación estadística entre la frecuencia de enfermedades y la alimentación poblacional en cuanto a calidad y cantidad de grasas, influenciando en los cambios de modelo de atención nutricional, así como son insumos fundamentales para la modificación de productos industrializados que resulten "saludables". Por otra parte, como la legislación a debido realizar cambios que posibiliten brindar mayor información.

Los autores de cada capítulo son docentes de la Escuela de Nutrición y Dietética de los Departamentos de Alimentos, Nutrición Básica, Social y Clínica.

---

Cuenta con valiosísimos aportes realizados por tres invitados externos: el Dr. Valenzuela procedente de Chile y la Dra. Melgarejo de Argentina, referentes indiscutidos en bioquímica y tecnología de lípidos y del Dr. Vázquez del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

La actualización y jerarquía científica de las "fuentes" mencionadas nos hace pensar que resultará de gran utilidad a estudiantes y profesionales del área salud, agraria y científico tecnológica.

M Sc.Lic.Nut. Estela Fernández

Prof. Dpto de Alimentos

Escuela de Nutrición y Dietética

Universidad de la República

# LAS GRASAS EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA

---

Ruben M. Salazar  
Prof. Adj. de Nutrición Social

## ANÁLISIS EN LAS DIFERENTES ETAPAS HISTÓRICAS

Las grasas... a modo de introducirnos en el tema podemos decir que estas, como los aceites están presentes en todo momento de nuestra vida cotidiana. Las utilizamos en nuestra alimentación, en nuestra higiene, y en innumerables productos y objetos que consumimos y utilizamos diariamente.

La palabra grasa tiene un origen latín que significa grueso, sucio, sin embargo, si recurrimos al idioma griego la palabra lípido significa grasas para alimentarse o para unciones religiosas.

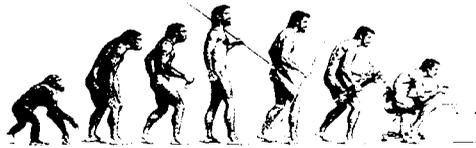
Desde los orígenes de nuestra especie, en tiempos prehistóricos, el ser humano ha estado en contacto con las grasas. Vivía en grupos pequeños de veinte personas, en forma nómada, es decir trasladándose de un sitio a otro para obtener su alimentación, que lograba a través de la caza, la pesca y la recolección.

En este período las grasas fueron utilizadas como parte de la alimentación, protección y combustible. Existen pruebas que el hombre del Paleolítico protegía su cuerpo con grasa, además de utilizarla en el fuego de las cuevas para mejorar la calefacción e iluminación y finalmente

---

en la fabricación de las pinturas que luego plasmó en las paredes de las cuevas como por ejemplo Lascaux en Francia.

La segunda etapa prehistórica es el período neolítico, y en él encontramos el descubrimiento y desarrollo de la ganadería, permitiendo acceder a cantidades de grasa en forma segura y constante, redundando en una mejor calidad de vida.



Con el transcurso de los tiempos la vida humana evolucionó alcanzando un importante desarrollo, y entre los logros a recordar mencionaremos el comienzo de la vida urbana, la producción de alimentos en grandes cantidades y el comienzo de la escritura, que señala el comienzo de una nueva etapa en la historia de la Humanidad, la Antigüedad.

El mundo antiguo tiene sus inicios en el Cercano Oriente, Egipto y Mesopotamia, entre otros y llega hasta la civilización greco-romana, siendo el mar Mediterráneo el eje de este período, y este mundo antiguo manejó la trilogía alimenticia trigo, vid y olivo como constante permanente.

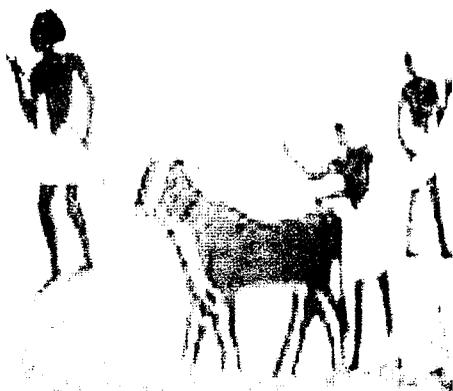
Este mundo antiguo usó de manera muy variada el aceite, principalmente de oliva, en este sentido sabemos que

fue usado con fines cosméticos, culinarios, deportivos, iluminación y alimentación. Los atletas griegos, como los gladiadores romanos los usaban en su cuerpo para mantener la hidratación. Las mujeres le encontraron un uso muy eficaz en la cosmética siendo muy buen disolvente en pigmentos utilizados para colorear ojos, rostros, etc.

Sin embargo los innumerables restos de vasijas con aceite en las cocinas marcan la preponderancia culinaria sobre la cosmética.

En el siglo II aC Roma contaba con pequeñas fábricas de aceite de oliva para cubrir sus necesidades cada vez mayores.

Con la caída de Roma a manos de los pueblos germánicos llegados del norte de Europa, el mundo antiguo da paso al Medioevo.



El mundo Medieval es considerado un período de retraso cultural en términos generales, sin embargo allí se encuentran las raíces de la Europa moderna.

Las permanentes guerras llevaron a la fragmentación de Europa y al establecimiento de un mundo feudal, es decir con mucha fuerza en los localismos.

La estructura social estaba marcada por fuertes diferencias, donde las clases privilegiadas (nobleza y clero) fueron las grandes consumidoras de carnes y grasas, no ocurriendo lo mismo con el resto de la sociedad.



La apertura de las rutas oceánicas, el descubrimiento de nuevos mundos señaló el comienzo de una nueva época, la Edad Moderna. La modernidad comenzó a presentar cambios importantes, en el siglo XVII dC la Revolución Científica desarrolló una nueva mentalidad y una serie de instrumentos que permitieron investigar con criterio metodológico. Miguel Eugenio Chevreul (1789-1889) comenzó a estudiar la estructura química de las grasas y aceites, Antonio Lavoisier se convertirá en el padre de la nutrición, entre otros científicos.



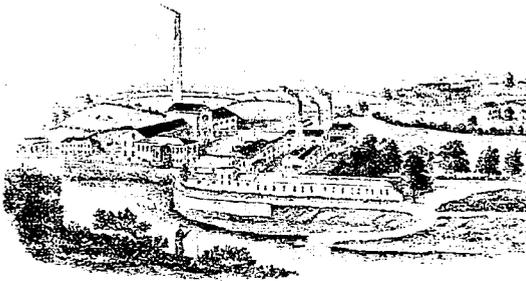
En la época contemporánea nos encontramos con la Revolución Industrial que significó un salto cuantitativo en el conocimiento de las grasas. A los estudios realizados por Chevreul se sumaron los de J. B. Dumas en Francia y Liebig en Alemania.

La producción de aceite pasa de una etapa artesanal a otra industrial, provocando un abaratamiento de la oferta

y aumentado el acceso del producto por las clases sociales más bajas.

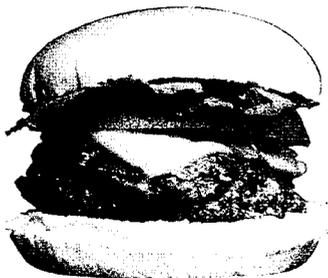
De este período se recuerda como anécdota el impulso que dio el emperador Napoleón III cuando llamó a concurso para lograr un producto que reemplazara la manteca que tenía un costo muy elevado, nació de esta forma la margarina con bajo costo y accesible a las clases populares.

El mundo contemporáneo marcó, además, los nuevos tiempos de comida y el comer fuera de casa.



El siglo XX presenta un aumento importante en el consumo de grasas y en las últimas décadas una preocupación por este consumo. Este siglo y lo que va transcurriendo del siglo XXI ha multiplicado la oferta de alimentos vehiculizados a través de las grasas y aceites.

Actualmente la posmodernidad modificó muchos de nuestros hábitos, incluyendo a los alimentarios, es cotidiano encontrarnos comiendo en la vía pública, y los lípidos juegan allí un factor clave.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, R. *et al.*, *La alimentación mediterránea*, Barcelona, Romanya, 1996.
- Cunquero, A., *La cocina cristiana de occidente*, Barcelona, Tusquets Editores, 1981
- Flandrin, J., *Historia de la Alimentación*, Lisboa, Estación Libertad, 1996
- Gilles, F. *et al.*, *Atlas Mundial de Cocina y Gastronomía*, Madrid, Akal, 2004.
- Salazar, R.; Soria, S. y Nari, M., *Acercándonos a la alimentación a través de los tiempos*, Montevideo, Dourteau, 2007.

# TRANSICIÓN DEMOGRÁFICA, EPIDEMIOLOGICA Y NUTRICIONAL EN URUGUAY

---

Lic. Nut. Ana Paula Della Santa

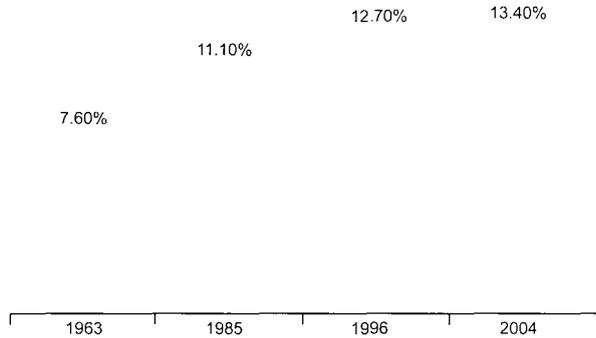
## INTRODUCCIÓN

Abordar el tema de los lípidos desde la perspectiva de la Nutrición Poblacional comprende conocer los procesos de transición demográfica, epidemiológica y nutricional producto de la urbanización, del desarrollo tecnológico y científico, de la industrialización, la globalización del mercado y de las transformaciones socioeconómicas en nuestro país.

## TRANSICIÓN DEMOGRÁFICA

Nuestra sociedad culminó el proceso *de transición demográfica*, siendo la característica más significativa en término de estructura el *envejecimiento* de la población, con un aumento sostenido de las personas mayores de 65 años y con una esperanza de vida al nacer de 75 años para ambos sexos.

---

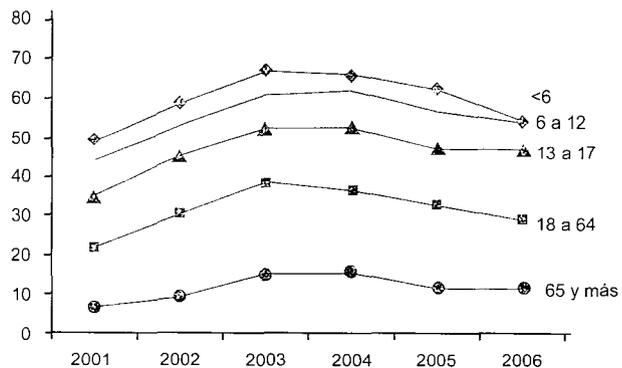


Fuente: Censo 2004, Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Esto se asocia a un lento crecimiento demográfico resultante de la baja natalidad (14,6/mil) y una baja mortalidad general (9.4 por mil): Estadísticas del MSP, 2006.

Paralelamente, se agregan flujos migratorios importantes a finales de la década del 70 y en 2002-2003; fenómeno que ha afectado especialmente el tramo de población joven, entre los 20 y 30 años con mayor nivel educativo, modificando la estructura económica del país.

Otro aspecto relevante es la infantilización de la pobreza; a pesar que desde 2005 las cifras de pobreza e indigencia evidencian una tendencia descendente, aún es significativa la proporción de niños y adolescentes que nacen y viven en condiciones de pobreza.



Fuente: INE

## TRANSICIÓN EPIDEMIOLÓGICA

Conjuntamente con la transición demográfica se ha producido una *transición epidemiológica* caracterizada por el desplazamiento de las enfermedades infecciosas y parasitarias como principales causas de morbimortalidad, hacia una situación en que prevalecen enfermedades crónicas degenerativas, con un corrimiento de la morbimortalidad a los grupos de edad más avanzada.

A fines del siglo XIX el 40% de las defunciones ocurría entre los menores de 5 años de edad. En cuanto a las causas de mortalidad: las muertes por enfermedades infecciosas representaban el 40%, las cardiovasculares un 10% y los tumores un 5%. Es a partir de 1915 que la mortalidad de causa infecciosa en la población joven comienza a descender rápidamente y en forma sostenida, fundamentalmente primero a través del progreso socioeconómico y en una etapa posterior por la introducción de las inmunizaciones y los antibióticos.

Desde 1975 se ha estabilizado la estructura de la mortalidad por causa; siendo las principales causas de mortalidad las enfermedades cardiovasculares (33.8%) y los tumores malignos (22.6%), que ocupan el primer y segundo lugar respectivamente (Estadísticas del MSP-2006).

Las enfermedades crónicas son causantes además de una elevada discapacidad que aumentan sus necesidades de atención. El 60% de los costos de atención médica corresponden a su tratamiento y rehabilitación.

## TRANSICIÓN NUTRICIONAL

En estrecha relación e interdependencia con las transiciones demográfica y epidemiológica, se produce la *transición nutricional*, que se refiere a cambios en el perfil nutricional de la población, como consecuencia de modificaciones en los patrones de alimentación y de actividad física que ocurren en la sociedad.

La dieta se caracteriza por cambios cuantitativos (dieta con alta densidad energética) y cualitativos (ricas en grasas saturadas y azúcares simples y baja en fibra)

Estas modificaciones en la alimentación se combinan con cambios del modo de vida, que reflejan una reducción de la actividad física en el trabajo y durante las horas de ocio o esparcimiento.

Estos cambios se han expresado en un aumento de sobrepeso y obesidad, que coexisten con déficits nutricionales, ya que hay ciertos sectores de la población que no disponen de alimentos suficientes.

Nos enfrentamos a un escenario en el que muchas de las muertes prematuras y discapacidad de los adultos en nuestro país son debidas a las Enfermedades Crónicas no Transmisibles (ECNT) relacionadas a estilos de vida no saludables (enfermedades cardiovasculares, cáncer, obesidad, diabetes) que en gran medida son factibles de modificar mediante una prevención efectiva.

## PREVALENCIA DE LOS PRINCIPALES FACTORES DE RIESGO DE ECNT EN URUGUAY

Diversos estudios epidemiológicos han brindado información fundamental sobre la identificación de factores de riesgo y sobre las intervenciones implementadas en países desarrollados que han tenido éxito en el descenso de las ECNT especialmente en las cardiovasculares (Freamingham y North Karelia).

Disminuciones relativamente pequeñas de las grasas saturadas y de la ingesta de sal podrían tener un efecto sustancial en la reducción de la carga de las enfermedades cardiovasculares. Los estudios de intervención han demostrado que un 10% de la reducción en el colesterol total disminuye el riesgo de cardiopatía coronaria en un 30% y que el aumento del consumo de frutas y verduras, de una a dos, puede disminuir el riesgo hasta en un 30%.

La Primera Encuesta Nacional de Factores de Riesgo de ECNT realizada en nuestro país por el Ministerio de Salud Pública en 2006; estudió en una muestra representativa de personas de 25 a 64 años del área urbana, la prevalencia de 8 Factores de Riesgo de las ECNT: consumo de tabaco, consumo perjudicial de alcohol, dieta inadecuada, sedentarismo, sobrepeso/obesidad, presión arterial elevada, hipercolesterolemia, glucemia elevada.

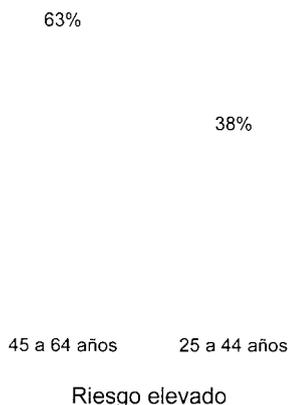
### Prevalencia de Factores de Riesgo de ECNT en población adulta del Uruguay

Factores de riesgo	% población adulta
Sobrepeso y obesidad (BMI $\geq$ 25)	60
Obesidad (BMI $\geq$ 30)	24
Bajo consumo frutas y verduras (< 5 Porciones por día )	85
Presión arterial elevada (Pas $\geq$ 140 y/o pad $\geq$ 90 mmhg o en tratamiento medicamentoso por hipertensión arterial)	34
Glucemia en ayunas elevada ( $\geq$ 126 mg/dl o en tratamiento por glicemia elevada)	7
Colesterol total elevado ( $\geq$ 200 mg/dl)	33
Sedentarismo Nivel de actividad física bajo	38
Consumo de tabaco diario	31
Consumo de alcohol	8% mujeres bebieron 4 vasos o + en la última semana
	16% hombres bebieron 5 vasos o + en la última semana

Los resultados expresan que además del hábito de fumar los factores de riesgo más importantes residían en el sobrepeso/obesidad, la alimentación y la inactividad física.

Asimismo, el resumen de los factores de riesgo combinados mostró que solo el **1%** de los adultos tenían bajo riesgo de desarrollar ECNT, es decir que no presentaron ninguno de los factores de riesgo.

En tanto el riesgo elevado se presentó según tramos de edad como lo muestra el siguiente gráfico:



Consideramos relevante ampliar la información a nivel nacional sobre dos factores de riesgo de las ECNT que nos competen desde nuestra disciplina: *la obesidad y la dieta inadecuada*.

En Uruguay los adultos son los más afectados por el *sobrepeso y la obesidad* pero preocupa el aumento progresivo de la obesidad en la niñez particularmente en los sectores más pobres.

Además la obesidad y los déficit nutricionales coexisten en la misma comunidad, en la misma familia (madre obesa e hijo desnutrido) y aún en el mismo individuo (obeso con retraso de talla o déficit de micronutrientes)

Los datos provenientes del Sistema de Vigilancia del Estado Nutricional del MSP, referidos a la obesidad en niños de 2 a 4 años provenientes de hogares indigentes o en situación de pobreza muestran un incremento del 48% entre 1996 y 2004.

Otros estudios realizados en preescolares y escolares advierten sobre la prevalencia de sobrepeso y obesidad:

- La 3ª evaluación del plan CAIF realizada en 1997 mostró que en 6125 preescolares, según el criterio peso/talla ( $>+2DS$ ), el 5.9% de los niños eran obesos, es decir, el doble de lo esperado según la población de referencia del NCHS/1977.
- En 2003, se estudió una muestra aleatoria de 1457 niños que asistían a primer grado en las escuelas públicas del país, encontrándose un 7.9% de los niños con obesidad cuando lo que se espera es un 2.3% (peso/talla  $>+2DS$ ).
- Los resultados de la encuesta sobre situación nutricional en escolares de primer grado realizada en las escuelas públicas del país en el año 2004, muestran que el 20% de la población estudiada presentaba problemas de sobrepeso y obesidad ( $\geq 85 P$ , NCHS/1977).

Un estudio diagnóstico sobre el estado nutricional realizado en 2007 por la ENYD de la UDELAR, en una muestra aleatoria de 2445 preescolares de 4 y 5 años que asistían a centros de educación inicial de la ciudad de Montevideo, puso de manifiesto la magnitud del sobrepeso y obesidad en edades tempranas. El 13.8% presentaban sobrepeso ( $\geq 85 P$  y  $< 95P$ ) y el 11.5% obesidad ( $\geq 95P$ ); el indicador empleado fue el IMC/edad y los patrones de referencia fueron OMS 2005 y CDC 2000. Lo esperado en relación a la población de referencia sería un 10% de niños con sobrepeso y un 5% con obesidad.

En cuanto a *la dieta* de los uruguayos, los datos disponibles de encuestas a nivel nacional ponen en evidencia que ésta tiene características particulares que la convierten en un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas.

Según la información proveniente de la *Encuesta de Gastos e Ingresos de 2005-2006*, en Uruguay existe un consumo medio (aparente) de calorías elevado, tanto en Montevideo

como en el interior que supera el requerimiento promedio de la población estudiada (2125 kcal/per cápita/día).

Uno de los factores más importantes que influyen en el patrón de consumo son los ingresos familiares, a medida que aumenta el ingreso aumenta la disponibilidad de alimentos en los hogares.

En el nivel alto de ingresos, los valores de ingesta de calorías superan en un 47% las necesidades estimadas para la población. En tanto en los hogares más pobres el consumo aparente de energía no alcanza la necesidad promedio, lo cual advierte de posibles déficit calóricos para este grupo.

Los alimentos adquiridos por los hogares, contienen una elevada cantidad de grasas (sobrepasando los límites máximos recomendados 30%), particularmente de grasa saturada y de colesterol ya que el 40% de ellas son de origen animal (aportadas por carnes, embutidos y lácteos).

También a medida que aumenta el ingreso de los hogares, se incrementa la proporción de calorías provenientes de las grasas; con mayor ingesta de grasas saturadas y de colesterol.

Región geográfica	Calorías	% cal. grasas	Coolest. (mg)	Carnes (fiambres y embutidos) (gr)	Pescado (gr)	Frutas y Verduras (gr)
Montevideo	2414	35	347	136	11	272
Interior Loc. Gdes.	2447	33	336	144	5	231
Interior Loc. Peg.	2448	33	324	136	4	204
Niveles de ingreso	Calorías	% cal. grasas	Coolest. (mg)	Carnes fiambres y embutidos (gr)	Pescado (gr)	Frutas y Verduras (gr)
5% más pobres	1558	26	194	58	2	95
20% más pobres	1796	29	233	75	2	114
Ingreso medio	2411	33	338	150	5	236
20% mayores ingresos	3123	38	455	186	16	398
5% mayores ingresos	3271	38	476	184	19	352

Consumo aparente y valoración nutricional de la alimentación según región geográfica y niveles de ingresos de los hogares (por persona/día): EGIH 2006-INE

Estudios clínicos sugieren en forma convincente que dietas con alta densidad de ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos trans influyen de sobremanera en el riesgo de las Enfermedades Cardiovasculares (ECV) como la cardiopatía coronaria y el accidente cerebrovascular debido a sus efectos en los lípidos sanguíneos

Existe también evidencia que plantea un posible efecto de las grasas saturadas en incrementar el riesgo de padecer cáncer de pulmón, de colon, de mama y próstata)

Acompañando a estos factores de riesgo se suma la escasa cantidad de frutas, verduras y pescado que adquieren los hogares; alimentos que son considerados como factores protectores de las ECNT.

Las recomendaciones sobre el consumo de frutas y verduras para la población son de 400 g/día. Se ha demostrado en forma convincente que un consumo suficiente tiene efectos en la prevención de la Obesidad, ECV y probablemente en algunos tipos de cánceres.

Los hogares de Montevideo disponen de casi un 25% más de frutas y verduras que las localidades del interior. A medida que disminuye el ingreso se acentúa el escaso consumo aparente de estos alimentos.

En los hogares con mayor poder adquisitivo se observa una mayor consumo de frutas y verduras, acordes con las recomendaciones; sin embargo la alimentación contiene exceso de grasa y más del doble de colesterol que la de los de menores ingresos, lo que significa riesgos para la salud.

El consumo aparente de pescado es muy bajo en todos los hogares y se incrementa con el ingreso, solo en los hogares de mayores ingresos se alcanza a cubrir una porción pequeña por semana. Los pescados especialmente los grasos que contienen ácidos grasos  $\omega 3$ , son escasos en la dieta uruguaya.

En la 1º Encuesta de Factores de Riesgo ECNT además del consumo de frutas y verduras se estudiaron ciertos

### Proyecto de intervención con base comunitaria en Finlandia

North Karelia demostró que una intervención con base comunitaria bien planeada e integrada puede tener un impacto substancial en los estilos de vida y factores de riesgo, y que tal desarrollo conduce a índices reducidos de enfermedades en la comunidad.

Es un modelo de intervención experimental que derivó en una actividad de nivel nacional, con 25 años de experiencias y resultados en la prevención de las ECNT.

Su objetivo fue combatir los principales factores de riesgo coronario: tabaquismo, hipertensión arterial e hipercolesterolemia; y para lograr su objetivo requirió de distintas estrategias de intervención poblacional. Como consecuencia de este proyecto, la prevalencia de enfermedad coronaria y de los factores de riesgo cardiovascular se redujeron drásticamente.

En un período de 25 años, entre la población masculina los hábitos alimentarios cambiaron notablemente, llevando a 15% de reducción en el nivel medio de colesterol sérico en la población. Ha aumentado la actividad física el tiempo libre y el tabaquismo se ha reducido ampliamente. El índice anual de mortalidad por infarto coronario en la población masculina de mediana edad (65 años) se ha reducido más del 50%.

Los resultados empíricos del modelo de North Karelia confirman que los hábitos alimentarios pueden cambiarse por medio de un bien concebido programa educativo y que esto conduce a un marcado descenso en los niveles de colesterol, en las lipoproteínas de baja intensidad y, subsecuentemente, una reducción en la prevalencia de hipertensión y en la incidencia de enfermedad isquémica del corazón.

aspectos del consumo de grasas cuyos resultados preliminares nos muestran que:

- el consumo de *preparaciones fritas* ( $\geq 3$  días) es de 26% en la población estudiada siendo mayor en los hombres; proporción que disminuye en el tramo de 55 a 64 años
- las *preparaciones elaboradas* fundamentalmente a base de *shortening*, margarinas o aceites hidrogenados (alto contenido de grasas trans) son consumidas con una frecuencia  $\geq 3$  días en el 52.5% de la población adulta, esta proporción es mayor en las mujeres y en el tramo de 25 a 34 años

## PREVENCIÓN DE LAS ECNT

Específicamente el objetivo de la prevención de las ECNT es reducir la prevalencia de los factores de riesgo, mediante estrategias enmarcadas en la Prevención Primaria.

*Las intervenciones con base comunitaria* han demostrado ser exitosas en reducir en la población los factores de riesgo de las ECNT relacionados con la dieta, el sedentarismo en conjunto con los otros factores de riesgo (tabaco).

Algunas de las características más relevantes al momento de definir las acciones estratégicas son:

- estar destinadas a cambios en los estilos de vida, a características ambientales y socioeconómicas de la población que conduzcan a una mejor calidad de vida de la población.
- basarse en el concepto de una nutrición óptima a través del ciclo de vida. Hoy día se dispone de evidencia científica que sugiere que la posibilidad de una intervención temprana, a partir de la concepción del embrión y en diversos momentos críticos del curso de la vida, puede tener consecuencias muchos años mas

tarde en término de prevalencia de enfermedades crónicas.

A modo de ejemplo, una mala nutrición materna durante el embarazo se traduce en un menor crecimiento fetal y un menor peso de nacimiento el cual está asociado a su vez a un mayor riesgo de desarrollar durante la edad adulta enfermedades como la diabetes, hipertensión arterial y la obesidad.

- lograr la participación intersectorial, con trabajo en redes, mediante la colaboración y asociación de organismos gubernamentales, no gubernamentales, instituciones académicas y de investigación

El modelo de proyecto de intervención con base comunitaria de North Karelia inspiró la elaboración de la *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud*, aprobada en mayo de 2004 por la OMS.



Logo de la Campaña de la OPS en los países de la región, para promover mejores hábitos alimentarios e incrementar la actividad física

***A comer sano, a vivir bien y a moverse América!***

## BIBLIOGRAFÍA

- Albalá, C.; Olivares, S.; Salinas, J. y Vio, F., *Bases, Prioridades y Desafíos de la Promoción de la Salud*, Santiago de Chile, Universidad de Chile-Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, 2004.
- Arroyo, A.; Venette, L. y Retamoso, A., *Observatorio de los derechos de la infancia y la adolescencia en Uruguay 2006*, Montevideo, UNICEF Uruguay, 2007.
- Bowman, B. y Russell, R. M., *Conocimientos actuales de nutrición*, 8ª ed, Publicación Científica y Técnica N°592, Washington DC, OPS/OMS- International Life Sciences Institute, 2003.
- Etchevarne, L. y col., *Medicina Preventiva y Social*, Montevideo, Oficina del Libro, 2001.
- Framingham, "North Karelia: pequeño paraíso de la buena salud", en *Revista del Colegio de Nutricionistas*, Año I, N°1, Santiago de Chile, agosto de 2005.
- MSP, *Manual para la promoción de Prácticas Saludables de Alimentación en la Población Uruguaya*, Montevideo, Programa Nacional de Nutrición-MSP, 2005.
- OMS, *Dieta, Nutrición y prevención de Enfermedades Crónicas. Informe de una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO*, Ginebra, 2003.
- OPS/OMS, *Noticiero Mensual del Programa de Enfermedades Crónicas*, OPS/OMS, Vol. 1; N°4, 2007 disponible en: <www.paho.org>.
- Piédrola, G., *Medicina Preventiva y Salud Pública*, 10ª ed., Barcelona, Masson, 2001.
- Serra Majem, L., Aranceta, J., Mataix Verdú, J., *Nutrición y Salud Pública*, Barcelona, Masson, 2001.
- Uauy, R., "Conferencia Desafíos de la nutrición del siglo XXI", en *Perspectivas en Nutrición Humana*, ISSN 0124-4108 Separata, Medellín, Universidad de Antioquia, agosto de 2006, pp. 15-34.
- Valenzuela, A., Sanhuesa, J., Nieto, S., "¿Cuál es el mejor aceite?", en *Revista A & G magazine*, Tomo XIII, N°1, Buenos Aires, 2003.

# PUESTA A PUNTO SOBRE ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LÍPIDOS

---

Dra. en Cs. Bs. en Bioquímica y  
Biología Molecular Laura Barreiro Parillo  
Prof. Adj. de Nutrición Básica

Los lípidos son moléculas orgánicas compuestas por Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y en algunos también como Fósforo y Nitrógeno entre otros.

Estos compuestos cumplen numerosas funciones, tales como:

- Ser componentes de las membranas celulares. Por ejemplo: fosfolípidos, colesterol.
- Principal reserva energética en los tejidos como por ejemplo los triacilglicéridos.
- Vehiculizan vitaminas liposolubles en los mecanismos de absorción.
- Tienen notable actividad biológica como cofactores, pigmentos, transportadores, hormonas, mensajeros, etc.

Se debe tener en cuenta que cada gramo de lípido genera 9 kcal de energía para el individuo. Más del doble de lo que las proteínas y carbohidratos generan de energía (4 kcal/g en cualquier caso). Además de ser una fuente concentrada de calorías, algunos lípidos son muy importantes desde el punto de vista nutricional ya que resultan esenciales para el organismo.

Dentro de los lípidos encontramos los que habitualmente se denominan grasas y aceites. Se considera en general,

---

la denominación de grasas para los lípidos sólidos a temperatura ambiente y los aceites para los lípidos líquidos a esa temperatura.

## CLASIFICACIÓN

Muchos son los compuestos considerados lípidos por lo que se han publicado numerosas clasificaciones dependiendo de qué aspecto se esté considerando para clasificar, como por ejemplo: según origen animal o vegetal, según la polaridad de la molécula, de acuerdo a la presencia o no de glicerol en la molécula o de acuerdo a la complejidad de las moléculas, clasificándose entonces, en lípidos simples, complejos y sustancias asociadas a lípidos.

Comenzaremos estudiando a los *ácidos grasos* (AG) debido a que son las moléculas presentes en la composición de la mayor parte de los lípidos y de las cuales dependen muchas de las propiedades de los mismos.

## ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son moléculas monocarboxílicas, generalmente lineales, en su mayoría tienen número par de carbonos, pueden tener todos simples enlaces C-C (AGS), o presentar dobles enlaces C=C (AGI).

- Ejemplo de ácido graso saturado: ácido palmítico.
- Ejemplo de ácido graso insaturado: ácido oleico.

Los ácidos grasos que comúnmente se encuentran en los alimentos, por lo general esterificados, integrando los triacilglicéridos, en raras ocasiones en estado libre. Son ácidos monocarboxílicos de cadena lineal, con un número par de carbonos ya que su ruta de generación en el metabolismo celular es mediante la adición de una molécula de dos carbonos.

Existen dos clasificaciones que tienen en cuenta el número de carbonos, una que es usada generalmente en

la bibliografía relacionada con alimentos (A) y la otra es utilizada frecuentemente en el ámbito de la nutrición humana (B).

Clasificación	A	B
	No. Carbonos	No. Carbonos
Ácido Graso Cadena Corta (AGCC)	4 a 8	4 a 10
Ácido Graso Cadena Media (AGCM)	10 a 12	12 a 14
Ácido Graso Cadena Larga (AGCL)	14 a 24	16 a 24*
* También se puede encontrar otra forma de clasificar los AG de 16 a 24 carbonos como, AGCL de 16 a 18 C y AGCML (ácido graso de cadena muy larga) de 20 a 24 carbonos.		

## Nomenclatura de ácidos grasos

Respecto a la nomenclatura de los ácidos grasos, se pueden encontrar nombrados de diferentes maneras:

- nombre común;
- nombre sistemático o científico;
- notación simplificada;
- notación  $\omega$ .

### *Nombre común*

Nombre con el que se conoce habitualmente al ácido graso. No todos los AG tienen nombre común o trivial.

Ejemplos: ácido caproico, ácido palmítico, ácido oleico, ácido araquidónico.

### *Nombre sistemático o científico*

Nombre dado por la IUPAC para sistematizar los AG.

El nombre IUPAC se compone de:

- *ácido* + nombre con sufijo *oico*.

El ácido graso puede ser saturado o insaturado por lo que del nombre ya se deduce.

Si es ácido graso saturado, el sufijo será *anoico*.

- Ejemplo: ácido hexanoico, ácido eicosanoico

Si el ácido graso es insaturado el nombre tendrá en cuenta el número de dobles enlaces (mono, di, tri) + *enoico* y a su vez, se explicita la posición de los dobles enlaces así como qué tipo de isomería geométrica (*cis* o *trans*) presenta.

- Ejemplo: ácido *cis*-9, *cis*-12- octadecadienoico.

*Notación simplificada:*

En ésta notación se indica el número de carbonos y número de dobles enlaces y posiciones de los mismos, que presenta la molécula.

- Ejemplos: 16:0, 18:1(9), 18.2(9,12).

*Notación  $\omega$ :*

Esta notación se utiliza cuando existen dobles enlaces en la molécula, ya que indica la posición del primer doble enlace considerando desde el  $C_{\omega}$  (C más alejado del extremo carboxiterminal).

- Ejemplo: 18:1 $\omega$ 9, 18:3  $\omega$ 3

## **Propiedades químicas y físicas de los ácidos grasos**

Para facilitar el estudio de las propiedades de los ácidos grasos, se realizará una división en dos grandes grupos, los saturados y los insaturados.

### **Ácidos grasos saturados**

El Punto de Fusión aumenta a medida que aumenta el largo de la cadena alifática. Por ejemplo: Punto de fusión de los ácidos mirístico, palmítico y esteárico es 54.4°C, 63°C y 69.4°C respectivamente. Respecto a la solubilidad

en agua, la misma es inversamente proporcional al peso molecular del ácido graso.

## Ácidos grasos insaturados

Gracias a la presencia de dobles enlaces en la molécula, la reactividad química de los ácidos grasos insaturados es mayor que la de los saturados. Es decir, los ácidos grasos insaturados son más propensos a las reacciones de oxidación, de isomerización, que los saturados. A mayor número de insaturaciones en la molécula, el punto de fusión disminuye y siempre resulta menor que el punto de fusión de los ácidos grasos saturados con la misma longitud de cadena.

Ácidos grasos insaturados	Punto de fusión (°C)
Oleico 18:1 (9)	13
Linoleico 18:2 (9,12)	-5
Alfa- linoléico 18:3 (9,12,15)	-11
Ácido graso saturado	
Esteárico 18:0	69,4

Dentro de los ácidos grasos insaturados, se encuentran los monoinsaturados y los poliinsaturados.

Los AGM presentan un sólo doble enlace y los AGP presentan dos o más dobles enlaces en la cadena.

De forma natural, los dobles enlaces de los AGP se encuentran de forma *no conjugada*. Es decir, están separados por un grupo metileno (-CH<sub>2</sub>-).

- Ejemplo de dobles enlaces no conjugados:  
-CH<sub>2</sub>-CH=CH-**CH<sub>2</sub>**-CH=CH-
- Ejemplo de dobles enlaces conjugados:  
-CH<sub>2</sub>-CH=CH-CH=CH-CH<sub>2</sub>-

Debido a su actividad biológica, los AGP son generalmente nombrados utilizando la Notación  $\omega$ .

Por ejemplo, en el caso del ácido araquidónico, ácido 5,8,11,14-eicosatetraenoico, se nombra 20:4  $\omega$ 6. Esto es, con conocer el número de carbonos de la molécula (lineal), la posición del primer doble enlace desde el C $\omega$  y sabiendo que como ácido graso natural la posición de los dobles enlaces es no conjugada, se puede deducir la configuración de la molécula.

### Isomería

- Los ácidos grasos insaturados pueden presentar dos tipos de isomería:
  - isomería geométrica, *cis-trans*.
  - isomería de posición, según sea la posición del doble enlace en la cadena de átomos de carbono.

En estado natural, la mayoría de los ácidos grasos son isómeros *cis*, mientras que los ácidos grasos que se obtienen de procesos industriales de hidrogenación y en algunos casos de ácidos grasos de rumiantes, son isómeros *trans*. Termodinámicamente, los isómeros *trans* son más estables. Esto se debe fundamentalmente a que presentan una configuración con menores tensiones, menores ángulos en los dobles enlaces lo que se refleja en una configuración más similar a la de un AGS. El empaquetamiento molecular que adoptan los ácidos grasos *trans*, similar al de un AGS, hace que el punto de fusión de los isómeros *trans* sea mayor que el de sus isómeros *cis*.

Respecto a los *isómeros de posición*, éstos tienen variantes en la posición de los dobles enlaces en la cadena. Como se indicó anteriormente, los ácidos grasos más comunes en la naturaleza tienen dobles enlaces no conjugados. Sin embargo, como resultado de tratamientos térmicos y de las transformaciones que sufren en el rumen de los rumiantes, se obtienen ácidos grasos conjugados en los cuales las variaciones se encuentran en la localización del/los dobles/s enlaces.

El ácido linoleico tiene dos dobles enlaces en cis, 18:2 (cis9, cis12) y como resultado de procesos naturales en los rumiantes se obtiene ácido linoleico conjugado (CLA). Los isómeros que se obtienen son 18:2 (cis7, trans9) y/o 18:2 (cis9, trans11) y/o 18:2 (cis11, trans13).

## Ácidos grasos esenciales

Se denominan ácidos grasos esenciales a los ácidos grasos que el organismo no puede sintetizar, debido a que no presenta las enzimas necesarias para sintetizar dobles enlaces más allá del C9, y que son indispensables para que el organismo realice sus funciones adecuadamente.

Los ácidos esenciales son el ácido linoleico 18:2  $\omega$ 6 y el ácido alfa linolénico 18:3  $\omega$ 3.

Cómo se indica al comienzo del capítulo, una clasificación de lípidos muy utilizada es la siguiente:

- Lípidos simples
- Lípidos complejos
- Sustancias asociadas a lípidos.

### *Lípidos simples*

Dentro de los lípidos simples encontramos a los acilglicérols y las ceras.

Los acilglicérols se forman por la esterificación entre el glicerol y una, dos o tres moléculas de ácido graso, formando entonces los monoacilglicéridos, diacilglicéridos o triacilglicéridos.

La nomenclatura utilizada se llama *numeración estereoespecífica (sn)*. En ésta forma de nombrar a los acilglicéridos, los sustituyentes de la molécula se indican *sn-1*, *sn-2*, *sn-3*.

Dentro de los acilglicéridos se encuentran los *homoacilglicéridos* donde el glicerol se encuentra esterificado con

un sólo tipo de ácido graso. Ejemplo: tripalmitina (3 moléculas de ácido palmítico esterificadas con glicerol).

A su vez, se encuentran los *heteroacilglicéridos* donde el glicerol está esterificado a dos o tres tipos de ácidos grasos diferentes.

- Ejemplo: 1-palmitil 2-oleil 3-estearil *sn* glicerol.

Las características de las grasas y aceites dependen de su composición en triacilglicéridos, los que a su vez, dependen de factores relacionados a sus ácidos grasos, tales como:

- grado de saturación/insaturación de los ácidos grasos;
- largo de la cadena;
- presencia de isómeros.

Importante tener en cuenta que el número de ácidos grasos que esterifican una molécula de glicerol está relacionado con la polaridad del acilglicérido resultante. Es decir, una molécula de glicerol esterificada con una molécula de ácido graso deja libre dos OH del glicerol confiriéndole cierta polaridad a la molécula. Por el contrario, cuando se está en presencia de un triacilglicérido (TAG) todos los grupos OH del glicerol se encuentran esterificados lo que implica la presencia de una molécula no polar.

Las propiedades químicas y físicas de los TAG dependen del tipo, la cantidad y la forma de distribución de sus ácidos grasos en las 3 posiciones. El punto de fusión varía notablemente. Por ejemplo:

	Punto de Fusión (°C)
Triesteariana	71
Trioleína	17

### Polimorfismo

Se denomina a la propiedad de un compuesto para cristalizar en distintas formas, manteniendo su composición química. La cristalización de ácidos grasos se da cuando

éstos se enfrían, alineándose y formando una estructura compacta.

El proceso industrial de hidrogenación se utiliza para elaborar grasas a partir de aceites. Durante el proceso de hidrogenación se producen modificaciones en las moléculas de ácidos grasos como ser la saturación de dobles enlaces, la isomerización de moléculas *cis* a *trans*, y el cambio de posición de dobles enlaces (isomerización posicional).

Cada tipo de material graso tiene un hábito cristalino definido que depende de su composición y del proceso al cual fue sometido, de ahí la variedad de productos resultantes.

Mediante análisis con difracción de rayos X se estudiaron cristales encontrándose diferentes tipos de empaquetamientos, asociaciones, de ácidos grasos, como ser la hexagonal ( $\alpha$ ), la triclinica ( $\beta$ ) y la ortorrómbica ( $\beta'$ ). Entre los diferentes tipos de cristales  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\beta'$  existen diferentes grados de empaquetamiento lo cual implica diferentes propiedades, como ser el punto de fusión.

El tamaño del cristal y su orientación determinan la textura, la sensación oral y las propiedades de las grasas en los alimentos.

La forma de cristalización  $\beta'$  es la deseable ya que se logran productos de mejor textura, con buenas propiedades de aireación y de cremación para tortas y helados.

*Lípidos complejos:* dentro de la clasificación de lípidos complejos, encontramos entre otros a los fosfolípidos y lipoproteínas.

*Fosfolípidos:* los fosfolípidos, glicerofosfolípidos o fosfoglicéridos, son moléculas de diacilglicéridos cuyo glicerol se encuentra esterificado a una molécula de ácido fosfórico que, a su vez, se encuentra unida a otra molécula, generalmente nitrogenada.

Los glicerofosfolípidos tienen gran importancia biológica ya que son la molécula mayoritaria de las membranas

celulares, intervienen en etapas del metabolismo intermedio, etc.

Los fosfolípidos son *moléculas anfipáticas*, es decir en una misma molécula encontramos una zona polar y otra apolar. Las funciones de éstas moléculas están directamente relacionadas a su estructura molecular. Es decir, los fosfolípidos en las membranas celulares, en las lipoproteínas se encuentran en contacto con medios acuosos, hidrofílicos por un lado y con medios lipofílicos por el otro.

- Ejemplos de moléculas de fosfolípidos son la fosfatidilcolina, fosfatidilserina, fosfatidilinositol.

Las lipoproteínas, son moléculas que cumplen una función muy importante en el organismo: transportar moléculas lipídicas por la sangre. Sobre éste tema ampliaremos en el capítulo sobre metabolismo extracelular.

*Sustancias asociadas a lípidos:* dentro de las sustancias asociadas a lípidos se encuentran los esteroides, policosanoles.

*Esteroides:* Son moléculas derivadas del ciclopentanofenantreno que se encuentran tanto en el reino animal como vegetal.

- Ejemplos: colesterol del reino animal y fitosterol del reino vegetal.

A partir de los esteroides, al reducirse el doble enlace de éstas moléculas, se forman los *estanoles*.

*Policosanoles:* Son mezcla de alcoholes grasos con cadenas de 24 a 30C, derivados de las ceras vegetales, tales como las de caña de azúcar.

- Ejemplos:
  - Octacosanol:  $\text{CH}_2\text{-OH-(CH}_2\text{)}_{26}\text{-CH}_3$
  - Triacotanol:  $\text{CH}_2\text{-OH-(CH}_2\text{)}_{28}\text{-CH}_3$ .

## BIBLIOGRAFÍA

- Badui Dergal, Salvador, *Química de los Alimentos*, 8ª edición, Buenos Aires, El Ateneo-Yenny, 2006.
- Blanco, Antonio, *Química Biológica*, 7ª edición, Madrid, Pearson, 2006.
- Brown, M. S. y Goldstein, J., "Receptor-mediated endocytosis: Insights from the lipoprotein receptor system", *PNAS*, Vol. 76, Nº 7, 1979, 3330-3337.
- Espondaburu, O. R., "Hipertrigliceridemia: influencia sobre parámetros que estiman el transporte reverso del colesterol", *Acto Bioquím. Clin. Latinoam.* V40 n2, La Plata, abril de 2006.
- Faly, E. et al., "A comprehensive classification system for lipids", en *J. Lipid Res.*, v. 46, 2005, pp. 839-861.
- Lehninger, *Principles of Biochemistry*, 4ª edición, Madrid, Omega, 2006.
- Valenzuela, A., "El salmón: un banquete de salud", en *Rev. Chil. Nutr.*, V32, Nº1, Santiago de Chile, abril 2005.

# FUENTES Y BASES DE DATOS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LÍPIDOS EN LOS ALIMENTOS

---

Lic. Nut. Marta Elichalt Gómez  
Prof. Adj. de Alimentos

## IMPORTANCIA DEL TEMA

Creemos interesante comenzar formulándonos las siguientes preguntas:

¿Cuál es la composición de los lípidos en los alimentos?  
¿Dónde y cómo buscar datos de composición de lípidos en los alimentos? ¿Qué criterios considerar para generar datos de composición química? ¿Cuáles datos considerar con validez?

Las respuestas nos orientan a la formulación de criterios de búsqueda de datos, ya que no solo podemos emplearlos como usuarios en el cálculo de dietas, asesoramiento nutricional entre otras actividades profesionales, sino como generadores de datos de composición química en forma primaria o secundaria.

En forma primaria, solicitando determinaciones analíticas a laboratorios. La información solicitada debe respetar criterios de pertinencia en relación a la importancia del compuesto para ese alimento, así como la cantidad o aspectos de la calidad relevantes; o la ausencia de cualquier otra información que aproxime su composición química, lo que justificaría en términos de recursos humanos, materiales y financieros dicho análisis. En este sentido es importante considerar todos los componentes metodoló-

---

gicos para la generación de datos analíticos que se deben tener presentes, cuando se envíen muestras a analizar.

En forma secundaria, nos referimos a la información de composición química obtenida a partir del cálculo según la cantidad y calidad de materias primas empleadas en un producto. La composición nutricional de estas materias primas es obtenida de diferentes fuentes de datos, por lo que fallas en esto, traerán como consecuencia información deficiente en la composición química del producto. Los criterios para la búsqueda de la información resultan críticos para la calidad del dato de composición química generado. Varias son las fuentes de datos de composición química: tablas de composición química de alimentos, el Reglamento Bromatológico Nacional, la rotulación nutricional e investigaciones.

## ALGUNOS CRITERIOS PARA INTERPRETAR Y GENERAR DATOS DE COMPOSICIÓN LIPÍDICA EN ALIMENTOS

### ESPECIFICACIÓN DEL ALIMENTO Y PLAN DE MUESTREO

Particularmente ya sea el tenor y calidad de lípidos, es clave considerar tanto como usuarios, o generadores de información los siguientes aspectos:

- tipo de carne de la que se informa la composición química, o en alimentos vegetales el nombre científico del alimento;
- la raza y localización geográfica del ganado muestreado; en alimentos vegetales variedad botánica, época del año de cosecha si correspondiera; período del año de la captura de peces;
- sistema de producción: intensiva, extensiva o en alimentos vegetales tipo de producción: orgánica, convencional;

- corte de carne; identificación anatómica de la región y nombre científico;
- conformación y grado de terminación de los animales de donde se extrajo la o las muestras analizadas; estos sistemas consideran la edad y el sexo, la relación hueso/músculo y la relación músculo/grasa;
- determinación de la porción comestible, detallando la inclusión o exclusión de grasa de cobertura; en vegetales cáscaras, semillas, tallos;
- el estado del alimento en relación al método de cocción aplicado o ausencia del mismo;
- el valor comercial del corte: interno o exportación; ya que pueden tener diferente calidad por exigencias particulares de los mercados;
- el tratamiento en relación a la variabilidad de la calidad de las muestras: homogeneización;
- número de muestras o número de marcas comerciales (si fueran productos industrializados).

Toda esta información permitirá una mejor interpretación del dato en sí mismo. Con esto queremos significar que un tenor de 6% de lípidos en un corte de carne, podrá tener diferente significación a la hora de la recomendación, cálculo de dieta o cálculo de la rotulación nutricional de un alimento cárnico, considerando todos estos elementos que hacen al criterio en el uso de esa información.

## LOS MÉTODOS ANALÍTICOS Y LA FORMA DE OBTENCIÓN DE ALGUNOS DATOS

Las fuentes de información podrían presentar los porcentajes de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados y además la discriminación de diferentes tipos de ácidos grasos que conforman estas fracciones. Sin embargo, la suma puede haber incluido otros ácidos grasos además de los presentados en la tabla, por lo que si se suma los ácidos grasos no dará iguales resultados

a los presentados en la tabla; eso debe ser advertido al lector. Respecto al método de análisis es clave la mención de la metodología analítica aplicada ya que esto permite valorar:

- la especificidad del método (qué fracción lipídica determina o excluye);
- la precisión (o imprecisión del método);
- la sensibilidad (cambio de respuesta por unidad de concentración del compuesto); y
- la detectabilidad (cantidad mínima que proporciona una respuesta medible).

Toda esta información aporta el grado de confiabilidad de los datos. El Soxhlet que es uno de los métodos más frecuentemente empleados para la determinación de la fracción grasa en los alimentos, es un método de baja especificidad porque no sólo determina los ácidos grasos, sino además otras fracciones como ácidos grasos libres, glicerol, fosfolípidos. Por esta razón la suma de ácidos grasos de los alimentos da generalmente un valor inferior al total de lípidos del alimento, cuando estos se obtuvieron por Soxhlet.

## ANÁLISIS DE LOS DATOS

Es importante que la información provea:

- el valor del dato: ¿es un valor promedio, un promedio ponderado, es un valor preferido por la confianza en la fuente proveedora de ese dato? (laboratorio, universidad etc.);
- presentación de los desvíos estándares, lo que permite conocer la dispersión de los valores del compuesto estudiado.

## CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS HASTA LOS LABORATORIOS

En el caso de los lípidos, importa para la preservación de la calidad de la materia grasa, todos los factores que afecten su estabilidad:

- Temperatura
- Oxígeno
- Luz
- Contacto con metales

Esto exige: mantener las muestras refrigeradas, protegidas del oxígeno y de la luz, empleando envases que impidan migraciones de metales al alimento.

## TABLAS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALIMENTOS

Muchas son las tablas de composición química de alimentos que están a nuestra disposición ya que ahora se ve facilitada la versión *on line* de las mismas, por lo que las consultas pueden efectuarse rápidamente.

Entre las que disponemos de reconocimiento están:

- Tabla de composición de alimentos de Uruguay, publicada por el MTSS, a través del INDA en coordinación con la Facultad de Química de la UDELAR.
- Tabla de composición de alimentos de Centro América, publicada por la INCAP con la OPS.
- Tabla de composición de alimentos, publicada por la Universidad Nacional de Luján, Argentina.
- Tabela de composição de alimentos TACO, publicada por la Universidad Estadual de Campinas UNICAMP.
- Search the USDA National Nutrient Database for Standard Reference, publicada por el Servicio de Agricultura de los Estados Unidos.

¿Que criterios debemos considerar a la hora de seleccionar una u otra base de datos como la que presentan las Tablas de composición química de alimentos? Adquiere suma importancia lo trabajado en el punto 2, ya que es toda la información que se requiere a la hora de poder considerar la confiabilidad del dato y de la propia fuente de información. Como podemos advertir, bases de datos tan grandes como las que se presentan en las tablas de composición química de alimentos, requieren muchas veces de respaldo gubernamental o de proyectos universitarios que incluso pueden estar subvencionados por capitales públicos/privados ya que necesitan de la disponibilidad de recursos humanos, materiales, financieros y de logística de envergadura.

Por esta razón, generalmente los datos provienen de un origen mixto, es decir, no sólo datos surgidos del análisis químico de los responsables técnicos del proyecto, sino de otros laboratorios, investigaciones de universidades, secretarías de los gobiernos vinculadas a la producción, industrialización, comercialización o venta de productos, así como de organismos de vigilancia y control en relación a la calidad nutricional de los alimentos. Los responsables técnicos del proyecto construyen criterios de validación de dichos datos, para que efectivamente pasen a ser compilados en la base de datos que posteriormente se publicará en un formato de tabla. El origen de los datos también debe ser descripto en la metodología de la Tabla de composición química.

La selección de la tabla estará orientada en función de qué información se requiere, porque no todas las tablas tienen igual información:

- cantidad de lípidos totales;
- cantidad de cada ácido graso;
- proporción de las fracciones de ácidos grasos según grado de insaturación;
- cantidad de ácidos grasos  $\omega 3$  y  $\omega 6$ ;
- cantidad de colesterol;

- composición total en ácidos grasos *cis* y *trans*;
- composición del tipo de ácido graso *cis* y *trans*.

Muy útil resulta evaluar los aspectos metodológicos considerados en las diferentes fuentes de información y así poder comparar en un mismo alimento, información de composición química de diferentes fuentes.

## ÍNDICES DE CALIDAD DE LÍPIDOS EN ALIMENTOS

Varios índices se han trabajado en relación a las diferentes fracciones lipídicas en los alimentos. Resultan interesantes cuando se quiere comparar entre alimentos de diferentes grupos o alimentos de un mismo grupo; más aún entre diferentes marcas de un mismo alimento.

- Índice ácidos grasos  $\omega 6/\omega 3$   
Cuanto mayor sea el valor, peor es la calidad en relación a las recomendaciones saludables
- Índice AGP/AGS  
Cuanto mayor sea el valor, mejor es la calidad en relación a las recomendaciones saludables
- Índice (AGP+AGM) / AGS  
Cuanto mayor sea el valor, mejor es la calidad en relación a las recomendaciones saludables
- Índice (AGS +AGI *trans*) / AGI *cis*  
Cuanto mayor sea el valor, peor es la calidad en relación a las recomendaciones saludables
- (AGS-18:0) + (AGI *trans*) /AGI *cis*  
Cuanto mayor es el valor, peor es la calidad en relación a las recomendaciones saludables

## PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LOS LÍPIDOS EN LOS ALIMENTOS

El perfil de ácidos grasos es una forma de expresar la calidad de los lípidos en función de la proporción de ácidos grasos que lo conforman según saturación y grado de insaturación.

Para construirlo se requiere disponer de fuentes de información que revelen la composición de los principales ácidos grasos presentes en las grasas alimentarias para cada uno de las fracciones a estudiar. Los ácidos grasos que están en mayor proporción dentro de cada fracción son:

- ácidos grasos saturados: palmítico 16:0 y esteárico 18:0;
- ácidos grasos monoinsaturados: oleico 18:1;
- ácidos grasos insaturados: linoleico 18:1, araquidónico 20:4; en lácteos ácidos grasos de cadena corta principalmente butírico 4:0; en pescados o alimentos adicionados de ácidos grasos  $\omega$ 3, linolénico 18:3, eicosapentaenoico 20:5; docosaenoico 20:6.

Conocer el perfil de ácidos grasos de un alimento, permite calcular la cantidad de ácidos grasos de un alimento puro, mezcla de diferentes materias primas o de una dieta, a partir de la cantidad de lípidos.

## LÍPIDOS EN LÁCTEOS

Se plantean a continuación algunos criterios a considerar para valorar la calidad y cantidad de lípidos en alimentos lácteos.

- el RBN legisla valores mínimos y máximos de grasa para la mayoría de los lácteos: leche y leches fermentadas integral, semidescremada y descremada; quesos magros, grasos, semigrasos; manteca. Puede existir dificultad en la búsqueda de información cuando no contamos con datos nacionales, debido a la diversidad

en la denominación del alimento. Puede emplearse el nivel de lípidos y humedad que tiene el alimento extranjero y buscar su símil uruguayo; luego buscar el compuesto en cuestión en la fuente extranjera;

- todos los lácteos tienen el mismo perfil lipídico dado que los diferentes procesos sólo modifican la concentración manteniendo la proporción de las diferentes fracciones;
- la concentración de colesterol es directamente proporcional a la concentración de lípidos del lácteos; por cada gramo de lípido lácteo aproximadamente hay 0,3 mg de colesterol (recordemos que 3 gramos de lípidos de la leche tienen aproximadamente 10mg de colesterol). Esto es válido siempre que el lácteo no tenga adicionado otra materia prima diferente, como sucede por ejemplo con un helado cobertura de chocolate, ya que el chocolate tiene diferente calidad de lípidos que los lácteos;
- los lácteos vehiculizan ácidos grasos trans naturales, como producto de la hidrogenación en el rumen. Estos ácidos grasos podrían presentar efectos beneficiosos, contrario a lo conocido por los ácidos grasos trans derivados de la hidrogenación industrial. Uno de los ácidos grasos es el ácido graso linoleico conjugado CLA 18:2 9 c 11 t. La conjugación es una característica de las posiciones de los dobles enlaces en la cadena del ácido graso.

## LÍPIDOS EN CARNES

Varios factores son importantes considerar en la selección de información de composición lipídica de carnes y chacinados.

- se sugiere dar preferencia a la información de investigaciones nacionales y en el caso de chacinados a lo pautado por el RBN. Esto se justifica dado los aspectos mencionados en el punto 2; se deben conocer y considerar para poder interpretar la información;

- considerar la localización de los lípidos analizados, intramusculares y/o de cobertura, dado que es diferente la proporción de las fracciones de ácidos grasos;
- la relación de lípidos y colesterol no es proporcional; por lo tanto, los cortes magros también vehiculizan colesterol en importante concentración;
- el perfil de ácidos grasos es bastante similar en los diferentes cortes bovinos con predominio de ácidos grasos monoinsaturados y saturados; mientras que es bastante variable en pescados aunque siempre a predominio de ácidos grasos poliinsaturados;
- los pescados vehiculizan importante proporción de ácidos grasos  $\omega 3$ , pero la cantidad es muy variable dependiendo que sean magros o grasos.

## LÍPIDOS EN GRASAS Y ACEITES

En el caso de este grupo de alimentos en donde los lípidos están concentrados más que en cualquier otro, son importantes a la hora de buscar o generar datos de composición química, los siguientes aspectos:

- los aceites dependiendo del origen, tienen una calidad bastante constante de lípidos, por lo que la rotulación nutricional informada en las etiquetas resulta una fuente confiable de información;
- las grasas animales, poseen una mayor proporción de ácidos grasos saturados en relación a los lípidos intramusculares del animal del cual provienen;
- la oleomargarina posee una ligera menor proporción de ácidos grasos saturados por la separación industrial del ácido esteárico, en relación a la grasa vacuna; esto le otorga el efecto funcional de aumentar la plasticidad del producto. La oleomargarina es empleada en galletería y panificados;
- las salsas tipo mayonesa, poseen el mismo perfil lipídico del aceite con el que se realiza la emulsión.

Debe considerarse además el tenor de colesterol por el empleo de huevo (yema); su concentración desciende notablemente en relación a la yema dada la proporción de este alimento en la formulación de la mayonesa;

- las salsas símil mayonesa, poseen el mismo perfil lipídico de la convencional realizada con igual calidad de aceite, ya que lo que varía es la concentración pero no la proporción de los diferentes ácidos grasos en relación al total de lípidos del alimento. También tiene efecto en el valor energético, reduciéndolo como consecuencia de la reducción en la proporción de aceite empleado en la formulación;
- la concentración de lípidos de margarinas, cremas vegetales y margarinas aligeradas o minarinas está decretada y publicada en el Reglamento Bromatológico Nacional; por lo tanto, éste constituye una fuente de información para el valor de lípidos en estos productos;
- los *shortening* y aceites hidrogenados poseen gran variabilidad en la calidad de los lípidos, tanto en el perfil lipídico, presencia y concentración de ácidos grasos trans y colesterol, debido a que pueden ser mezclas de grasas animales y vegetales y presentar diferente grado y tipo de hidrogenación (total, parcial, selectiva);
- las coberturas de chocolate presentan alta proporción de ácidos grasos trans y porcentajes de ácidos grasos superior a las grasas animales, como consecuencia del grado de hidrogenación aplicado a los aceites hidrogenados que lo constituyen.

## LÍPIDOS EN PANIFICADOS, GALLETERÍA

Este grupo de alimentos presenta la particularidad de vehicular "grasas ocultas", por lo que resulta importante

considerar los siguientes factores a la hora de interpretar o generar datos de composición lipídica entre los que destacamos:

Existe gran variabilidad de concentración y calidad de materia prima empleada (proporción de los diferentes tipos de ácidos grasos, presencia o ausencia de ácidos grasos trans y colesterol), por lo que resulta bastante dificultoso por ejemplo construir valores promedio de alimentos comercializados. Se encuentran en el mercado productos que emplean como materia grasa: aceite alto oleico, grasa vacuna refinada, aceite vegetal hidrogenado, oleomargarina.

El perfil lipídico del alimento será el de la materia prima empleada, independientemente de su concentración, lo que es guía para su selección o exclusión en la guía alimentaria aconsejada.

Queremos por último, plantear la necesidad de que en el ejercicio profesional la búsqueda y generación de información de composición química, trascienda el valor numérico del dato, dándole significado.

Muchas actividades profesionales giran entorno a los criterios que trabajamos sobre el tema: en la selección de proveedores de alimentos según diferentes ofertas; consejería nutricional a nivel individual; educación nutricional a grupos específicos o en programas de salud y nutrición; asesoramiento a industrias, cooperativas de producción, empresas elaboradoras con productos envasados tanto para el diseño y elaboración como para la rotulación nutricional; el asesoramiento a clientes; marketing de alimentos; asesorando a organismos legislativos y de control, entre muchas otras.

Intentamos aportar desde el desarrollo de este tema, criterios de búsqueda y generación de información, con una mirada analítica de los datos y los factores que condicionan la composición lipídica en calidad y cantidad, que optimicen la práctica profesional.

## BIBLIOGRAFÍA

- Decreto del PE Nº315/994, *Reglamento Bromatológico Nacional*, 3ª edición, Montevideo, IMPO, 1994.
- Gignol, V.; León. M. y Vicari I., "Contenido ácidos grasos trans en las margarinas: evolución en las últimas décadas y tendencias actuales", en Alan, D., *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v. 55, Nº4, Caracas, diciembre de 2005.
- Grompone, A. y cols., *Contenido de ácidos grasos trans en algunos alimentos de consumo frecuente en Uruguay*, Montevideo, Laboratorio de Grasas y Aceites-Facultad de Química, UDELAR-Nutriguía, 2008.
- Morales, O. y cols., *Tabla de composición de alimentos*, 11ª edición, Málaga, Pirámide, 2007. *Nutriguía*, Año 6, Montevideo, L&M, 2008.
- Peterson. G. y cols., "Ácidos Grasos trans en alimentos consumidos habitualmente por los jóvenes en Argentina", en *Arch Pediatr Urug*, Montevideo, 2006; 77 (1):59-66.
- Realini, C.; Duckett, S.; Brito, G.; Rizza, M. y De Mattos, D., *Meat Science. Effect of pasture vs. Concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef*, Elsevier, 2003.
- Rodríguez, A.; Jachmanián, I.; Amaya, A. y Grompone, M., "Ácidos grasos poliinsaturados en filetes de pescados uruguayos", en *Alimentos*, Nº1, Vol. 18, 1993.
- Tabla de Composición de Alimentos de Uruguay*, Montevideo, Facultad de Química-UDELAR/Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2002.

[www.tabladealimentos.org](http://www.tabladealimentos.org)

[www.unlu.edu.ar](http://www.unlu.edu.ar)

[www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela](http://www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela)

[www.ars.usda.gov/main/site\\_main.htm](http://www.ars.usda.gov/main/site_main.htm)

[www.elsevier.com./locate/meatsci](http://www.elsevier.com./locate/meatsci)



# METAS DE INGESTA DE GRASAS PARA LA POBLACIÓN URUGUAYA

---

Lic. Nut. Mónica Britz  
Prof. Adj. de Nutrición Social

## INTRODUCCIÓN

La relación entre la calidad de la alimentación, el estado nutricional y la salud de los individuos ha sido ampliamente reconocida no sólo por la comunidad científica sino también por los Organismos Internacionales interesados por la salud de la población.

Los estudios epidemiológicos, realizados durante las décadas del 60 y 70, sentaron las primeras bases sólidas de la evidencia que relaciona diferentes aspectos de la alimentación con el origen y el desarrollo de la enfermedad coronaria. Posteriormente se ha ido consolidando la vinculación del patrón o modelo alimentario con la mayor parte de las enfermedades crónicas no transmisibles de mayor prevalencia en países desarrollados y en desarrollo.

En este sentido, la FAO y la OMS han reconocido que un aumento en el consumo de alimentos de alta densidad energética, con un elevado contenido de grasas, principalmente saturadas, azúcar, sal y un bajo consumo de fibra dietética sumado a un estilo de vida sedentario, representan importantes factores de riesgo para el incremento, a edades cada vez más tempranas, de las enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación, como la obesidad, diabetes, las enfermedades cardiovasculares, la hipertensión y algunos tipos de cáncer. Se ha

---

reconocido también, el impacto de estas enfermedades crónicas sobre la calidad de vida de las personas y la familia así como de la sociedad a través del elevado costo económico y social que representa para los países.

Pero también, se admite actualmente, que la alimentación puede contribuir a demorar o prevenir la aparición de un buen número de estas enfermedades, por lo tanto, adecuar los hábitos alimentarios hacia modelos más saludables constituye uno de los elementos más importantes en la estrategia de promoción de salud.

Para lograr este objetivo existen dos herramientas de gran valor estratégico en el contexto de la salud pública: **las metas nutricionales y las guías alimentarias basadas en alimentos.**

## METAS NUTRICIONALES

*"Son las recomendaciones nutricionales ajustadas a una población en particular, con el objetivo de fomentar la salud, controlar las deficiencias y excesos, y reducir el riesgo de las enfermedades crónicas relacionadas con la dieta. Además toman en consideración las fuentes de energía y nutrientes, las proporciones en que se consumen y los factores que afectan su disponibilidad y consumo".*

*(Archivos Latinoamericanos de Nutrición)*

Recordemos que las recomendaciones nutricionales son las cantidades de energía y nutrientes que deben contener los alimentos que se consumen para satisfacer los requerimientos de casi todos los individuos de una población sana. Se basan en las cifras de requerimientos, corregidos por la biodisponibilidad, a las que se agrega la cantidad necesaria para cubrir la variabilidad individual y, en el caso de algunos nutrientes, se agrega además, una cantidad adicional como margen de seguridad. Para energía y muchos nutrientes existen límites mínimos y

máximos fuera de los cuales se afecta desfavorablemente el funcionamiento del organismo y la salud.

Raras veces existe un único "valor idóneo" para esas metas, y suele haber un intervalo de medias poblacionales compatibles con el mantenimiento de la salud. En ocasiones el intervalo carece de límite inferior, lo que significa que no existen pruebas de que el nutriente en cuestión sea necesario en la dieta, de manera de que su ingesta baja no debe ser motivo de preocupación.

En nuestro país las metas nutricionales se acompañan además de metas para la actividad física diaria y metas para el mantenimiento del estado nutricional adecuado, especialmente en la población adulta.

Las metas nutricionales se formulan teniendo en cuenta el *diagnóstico de la situación alimentaria-nutricional* de la población a la que van dirigidas y la *evidencia científica disponible*, a través de estudios epidemiológicos múltiples, que permiten identificar los factores que disminuyen el riesgo de padecer enfermedades nutricionales y/o enfermedades crónicas relacionadas con la dieta (protectores) o lo aumentan con poca o ninguna evidencia contraria.

Con relación a la *situación nutricional* en nuestro país podemos concluir que la desnutrición energético-proteica (DEP) así como la anemia y la deficiencia de hierro son un problema de salud pública principalmente en los menores de 2 años. La reducción del retraso de talla en escolares en las últimas décadas ha sido insatisfactoria. Por otro lado, el sobrepeso y la obesidad se han constituido en un problema de salud pública generalizado ya que se presenta en todos los grupos de edad, sexo y nivel socioeconómico; siendo los adultos los más afectados.

Las características del consumo de alimentos en nuestra población se encuentran descritas en otro capítulo de este libro. A continuación se tratará la *evidencia científica disponible* relacionada con la ingesta de grasas.

En condiciones ideales, definir el aumento o la disminución de un riesgo debería basarse en una relación determinada mediante múltiples ensayos clínicos aleatorizados, realizados en poblaciones representativas del grupo al que va destinada la recomendación, sin embargo muchas veces no es posible disponer de este tipo de pruebas.

Para describir el grado de solidez de los datos resultantes de distintas investigaciones, la Consulta de Expertos-FAO/OMS, utilizó los criterios basados en los empleados por el Fondo Mundial de Investigaciones sobre el Cáncer (1997) los que a su vez fueron modificados cuando así lo requerían, estableciéndose cuatro categorías de riesgo<sup>1</sup>:

1. *Relación convincente (RC)*: Los resultados obtenidos en estudios epidemiológicos deben demostrar de modo constante, que existe una asociación entre la exposición y la enfermedad, con pocos o ningún dato que muestren lo contrario. Las pruebas disponibles se basan en un número considerable de estudios, incluidos estudios longitudinales de observación y, en su caso ECA con tamaño, duración y calidad suficientes que demuestran efectos concordantes. La asociación debe ser admisible desde el punto de vista biológico.
2. *Relación probable (RPR)*: Los datos obtenidos en estudios epidemiológicos impiden formarse una opinión firme, ya que los resultados de estas investigaciones muestran asociaciones razonablemente constantes entre la exposición y la enfermedad, pero se perciben deficiencias en la evidencia disponible o aparecen datos en sentido contrario. Las deficiencias pueden deberse a: una duración insuficiente de los ensayos (o estudios), cantidad insuficiente de ensayos (o estudios) disponibles, el tamaño insuficiente de las

---

1 Se tuvo en cuenta también la evidencia concordante sobre los factores comunitarios y ambientales que propician cambios de comportamiento y modifican así los riesgos. Esto se aplica en particular a la compleja interacción entre los factores ambientales que influyen en el aumento excesivo de peso, factor de riesgo que, según reconoció la Consulta de Expertos, contribuye a muchos de los problemas que fueron examinados.

muestras, o un seguimiento incompleto. Los resultados obtenidos en estudios de laboratorio suelen apoyar las observaciones. Debe existir plausibilidad biológica.

3. *Relación posible:* Las pruebas disponibles están basadas principalmente en las conclusiones de estudios de casos y controles y estudios transversales. El número de ECA, estudios de observación o ensayos controlados no aleatorizados disponibles es insuficiente. Las pruebas basadas en estudios no epidemiológicos, como investigaciones clínicas y de laboratorio, apoyan las observaciones. Se considera necesario contar con más ensayos que respalden la posible asociación, que a su vez también deben tener plausibilidad biológica.
4. *Datos insuficientes:* La evidencia que se dispone está basada en las conclusiones de unos cuantos estudios que sugieren una asociación entre la exposición y la enfermedad, pero no basta para afirmarla. Las pruebas obtenidas en ECA son limitadas o inexistentes. Se necesitan más investigaciones bien diseñadas para corroborar la posible asociación.

Considerando las categorías anteriores, la evidencia científica que asocia factores relacionados con la dieta, específicamente los relacionados con las grasas, de sufrir obesidad, diabetes 2, enfermedades cardiovasculares y cáncer se esquematizan en el siguiente cuadro:

	<b>Obesidad</b>	<b>Diab. Tipo 2</b>	<b>ECV</b>	<b>Cáncer</b>
Ac. grasos saturados		Mayor riesgo RPR		
Ac. grasos trans		Mayor riesgo RPO	Mayor riesgo RC	
Colesterol alimentario			Mayor riesgo RPR	
Consumo total de grasas		Mayor riesgo RPO		
Ac. mirístico y palmítico			Mayor riesgo RC	

AC. linoleico			Menor riesgo RC	
Pescado y aceites de pescado (EPA y DHA)			Menor riesgo RC	
Ác. grasos $\omega 3$		Menor riesgo RPO		Menor riesgo RPO/DI
Grasas animales				Mayor riesgo RPO/DI
Esteroles y estanoles vegetales			Menor riesgo RPR	
Aceite $\alpha$ -linolénico			Menor riesgo RPR	
Ácido oleico			Menor riesgo RPR	
Ácido esteárico			Sin relación RPR	
Grasas ricas en ácido láurico			Mayor riesgo RPO	
Ingesta elevada de alimentos ricos en energía y bajos en micro nutrientes*	Mayor riesgo RC			
* Estos alimentos suelen estar elaborados con gran cantidad de grasas y/o azúcares. Fuente: Dieta, Nutrición y prevención de Enfermedades Crónicas. Informe de una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO. Ginebra, 2003				

## METAS NUTRICIONALES PARA LA POBLACIÓN URUGUAYA

En nuestro país, el Grupo Interinstitucional de Trabajo para la elaboración de las Guías Alimentarias basadas en Alimentos (GABA), convocado por el MSP e integrado por la ANEP, INDA, ENYD y la AUDYN, basándose en la evidencia científica, realizó una jerarquización de los problemas alimentario-nutricionales y de los factores protectores y de aumento del riesgo de los mismos identificados en los

problemas alimentarios nutricionales de la población uruguaya. En base a estos dos aspectos y de la importancia para la población elaboraron las siguientes metas nutricionales para nuestra población:

<b>Grasa total</b>	25-30% de la energía
Ácidos grasos saturados	< 8% de la energía
Ácidos grasos trans	< 1% de la energía
Ácidos grasos poliinsaturados	6-10% energía
Serie $\omega$ 6	5-8% energía
Serie $\omega$ 3	1-2% energía
Ácidos grasos monoinsaturados	9-12% de energía*
<b>Carbohidrato total</b>	55-65% de la energía
Azúcares	<10% energía
<b>Proteína</b>	10-15% de la energía
<b>Colesterol</b>	Menos de 300 mg/d
<b>Cloruro de sodio (sodio)</b>	Menos de 5g/d (menos de 2g/d)
<b>Frutas y verduras</b>	Consumo mayor d 400 g/d
* Grasa total-(ácidos grasos saturados + ácidos grasos poliinsaturados + ácidos grasos trans)	

Centrándonos en las metas de ingesta de grasas y considerando que la evidencia disponible demuestra que el consumo de *ácidos grasos saturados* está directamente relacionado con el riesgo cardiovascular la meta es restringir la ingesta de estos ácidos hasta menos del 8% de la ingesta energética diaria

No todas las grasas saturadas tienen efectos metabólicos similares; las de cadenas de 12-16 átomos de carbono tienen un mayor efecto de aumento del colesterol-LDL. Esto significa que debe examinarse la composición de ácidos grasos de la fuente de grasas. A medida que las poblaciones avanzan en la transición nutricional y el exceso de energía se convierte en un problema potencial, la restricción de ciertos ácidos grasos resulta cada vez más ineludible para promover y garantizar la salud cardiovascular.

En este sentido, las dietas deben aportar cantidades muy reducidas de ácidos grasos trans. En la práctica esto significa una ingesta inferior al 1%.

Las dietas deben proporcionar una cantidad adecuada de AGP, lo que significa un 6%-10% de la ingesta energética diaria. También debería haber un equilibrio óptimo entre la ingestión de AGP  $\omega 6$  y  $\omega 3$  que deberían representar el 5%-8% y el 1%-2% de la ingesta energética diaria respectivamente.

La ingesta de ácidos grasos monoinsaturados (oleico) debería completar la ingesta energética diaria en forma de grasas lo que correspondería al 9-12% de la energía.

Por último, las recomendaciones sobre la ingesta total de grasas deben basarse en los niveles de consumo observados en la población y modificarse en función de la edad, la actividad y el peso corporal ideal. Una ingesta de energía procedente de las grasas de al menos el 20% es compatible con un buen estado de salud. En los países donde la ingesta habitual de grasas se sitúa entre el 15% y el 20% de la energía, no hay pruebas directas en varones de que el aumento de la ingesta de grasas hasta el 20% sea beneficioso. En el caso de las mujeres en edad reproductiva, la Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO en grasas y aceites en la nutrición humana (1993), recomendó una ingesta de al menos el 20%.

En lugares donde existe alta prevalencia de obesidad se aconseja recomendar una ingesta situada en el extremo inferior del intervalo, a fin de reducir el aporte calórico. Aunque no hay datos que vinculen directamente la cantidad diaria de grasas a un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, el consumo total de grasas debe limitarse para lograr alcanzar las metas de reducción de la ingesta de ácidos grasos saturados y trans, así como para evitar los eventuales problemas asociados al aumento perjudicial de peso provocado por una ingesta de grasas no limitada.

En Uruguay las grasas deben aportar entre el 20 y 25% de las calorías totales de la dieta a partir de los 5 años de vida, sin sobrepasar el 30%.

En cuanto a los ácidos grasos esenciales se recomienda que aporten un 3% de la energía total a partir del año de vida para satisfacer las necesidades de los mismos y en los lactantes se recomienda una ingestión entre 3 y 5% de la energía total.

## GUÍAS ALIMENTARIAS BASADAS EN ALIMENTOS

Para alcanzar las metas nutricionales de una población determinada es necesario desarrollar e implementar programas de promoción de la salud que contemplen distintos tipos de estrategias de intervención en la comunidad.

Con tal finalidad se elaboran las GABA, que son un instrumento educativo que traducen las metas nutricionales (formuladas científicamente) en *mensajes prácticos*, que facilitan a las personas la selección y consumo de una alimentación saludable. Debe considerarse además, el entorno ecológico y las características socioeconómicas y culturales del colectivo, así como el medio biológico y físico en que vive la población a las que van dirigidas.

Los mensajes se expresan como alimentos, raciones o recomendaciones orientadas a promover la salud y prevenir los problemas nutricionales. Se acompañan por una representación gráfica o icono que las identifica y ayuda a la población a recordar fácilmente cuales son los alimentos que debe incluir en su alimentación cotidiana y en que proporciones.

A partir del año 2005, nuestro país lanza las GABA dirigidas a la población sana del país mayor de 2 años.

De los mensajes incluidos en las GABA dos de ellos hacen referencia a reducir el contenido de grasas en la alimentación:

*"Controle su consumo de carnes, fiambres, embutidos, manteca, margarina, quesos, crema de leche, mayonesa y frituras por su alto contenido en grasas".*

*"Disminuya el consumo de bebidas azucaradas, azúcar, dulces, golosinas y productos de repostería".*

## BIBLIOGRAFÍA

- Albalá, C.; Olivares, S.; Salinas, J. y Vio, F., *Bases, Prioridades y Desafíos de la Promoción de la Salud*, Santiago de Chile, Universidad de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, 2004.
- Bowman, B. y Russell, R. M., *Conocimientos actuales de nutrición*, 8ª ed., Publicación Científica y Técnica N°592, Washington DC, OPS/OMS-International Life Sciences Institute, 2003.
- MSP, *Manual para la promoción de Prácticas Saludables de Alimentación en la Población Uruguaya*, Montevideo, Programa Nacional de Nutrición-MSP, 2005.
- OMS, *Dieta, Nutrición y prevención de Enfermedades Crónicas. Informe de una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO*, Ginebra, 2003.
- Piédrola, Gil, *Medicina Preventiva y Salud Pública*, 10ª ed., Barcelona, Masson, 2001.
- Serra Majem, L.; Aranceta, J. y Mataix Verdú, J., *Nutrición y Salud Pública*, Barcelona, Masson, 2001.

CARACTERÍSTICAS  
FISICOQUÍMICAS DE LAS  
GRASAS ALIMENTARIAS

---



---



---

M Sc. Lic. Nut. Estela Fernández  
Prof. de Alimentos

## PRODUCCIÓN-TECNOLOGÍA- PROPIEDADES FUNCIONALES-SUSTITUTOS- LEGISLACIÓN

En la actualidad, existe en forma permanente la necesidad de mejorar la calidad de los productos, abarcando todos los aspectos del alimento tales como: composición intrínseca, valor nutritivo, cualidades sensoriales, grado de alteración entre otros muchos factores.

Ha adquirido especial relevancia el estudio de las grasas incorporadas en los alimentos según su influencia en la salud.

Al mismo tiempo, se profundiza cada día más en sus propiedades físico químicas y su aplicación a la funcionalidad que deberá cumplir en el producto que garanticen cualidades sensoriales de calidad así como propiedades que hacen a la alteración del producto, condiciones de almacenamiento u otras.

Lo anteriormente expuesto, ha significado cambios trascendentales en la tecnología aplicada desde la producción y durante el proceso industrial mediante la extracción y refinación, enriqueciendo el número de alimentos y cons-

---

tituyentes grasos disponibles específicos para su adición en cada producto.

Igualmente que para las grasas y aceites, se ha desarrollado intensamente la investigación en otros compuestos que permiten sustituirlas total o parcialmente en la elaboración de productos, intentando obtener las mismas o similares propiedades sensoriales.

La importancia del tema y la intensa producción científica que se genera a partir de la misma, justifica una constante revisión y actualización de grasas, aceites y sustitutos en materia de legislación.

# PRODUCCIÓN, DISPONIBILIDAD Y VARIABILIDAD DE COMPOSICIÓN DE LAS OLEAGINOSAS PRODUCIDAS EN EL URUGUAY

---

Daniel Vázquez, PhD,  
Investigador Principal, INIA La Estanzuela

## INTRODUCCIÓN

La composición del aceite que se consume, y su consecuente impacto sobre sus propiedades nutricionales, depende de la especie que se cultiva, y dentro de cada especie, del genotipo específico que se haya utilizado. Las condiciones en que el cultivo creció también influyen en la composición de ácidos grasos, aunque su influencia es menor. A los efectos de entender mejor este tipo de influencias, a continuación se aclaran algunos conceptos.

Un concepto fundamental es el de "cultivar" o "variedad". Se llama así al grupo de plantas similares que puede ser identificada por características estructurales o de comportamiento. A su vez, estas características deben ser reproducibles. Esta subdivisión dentro de una especie permite que el productor tenga homogeneidad dentro de su unidad de producción, lo que facilita su manejo. Paralelamente, la cosecha que se obtiene posee una uniformidad adecuada, lo que es deseable para la industria y por consiguiente para el consumidor.

El desarrollo de un cultivar se logra mediante "mejoramiento genético", que se define como el arte y ciencia de cambiar y mejorar el potencial genético de las plantas. Mediante el mejoramiento se busca aumentar el rendimiento en las condiciones usuales del cultivo, el comportamiento de las plantas frente a diferentes tipos de

---

estreses, la aptitud industrial o una combinación de estos. Para lograrlo, el procedimiento clásico incluye un largo proceso que se inicia con una cruce entre dos padres que poseen algunas características deseables, como por ejemplo, uno de alto rendimiento y otro de alta producción de aceites. En muchos casos, es necesario realizar varias cruces para lograr el producto deseado. Luego se selecciona dentro de la descendencia, aquellas plantas que cumplen con los objetivos marcados. Obviamente, cada especie tendrá sus particularidades en mejoramiento, dependiendo básicamente de sus propiedades de reproducción.

El mejoramiento puede ser o no asistido por herramientas biotecnológicas. Las más usadas son las que permiten ayudar en la selección de las plantas con los alelos apropiados. Otra herramienta que ha sido muy difundida, y que sale de lo que es mejoramiento clásico, es la transgénesis, que es la transferencia de una porción de ADN desde una especie no emparentada con la que se está trabajando. Más allá del uso de transgénicos u otras herramientas que cambian el ADN de la especie (mutagénesis), siempre es necesario un proceso posterior de mejoramiento "clásico": cruces y selección.

En Uruguay solo se pueden comercializar aquellos cultivos que figuren en el Registro Nacional de Cultivos del Instituto Nacional de Semillas (Inase). Cuando un programa de mejoramiento, nacional o extranjero, tiene una línea experimental ("genotipo") que entiende que puede realizar alguna contribución, ya sea por sus propiedades agronómicas (por ejemplo por mayor rendimiento o resistencia a enfermedades) o por su potencial como insumo industrial, debe enviar semillas a Inase. Este instituto, en coordinación con INIA, cultivará esas semillas en condiciones determinadas por comités técnicos específicos, y generará determinada información agronómica y de características industriales de esos cultivos potenciales que permitirá a los posibles usuarios, productores agropecuarios e industriales, conocer las propiedades antes de decidir su cultivo. En lo que tiene que ver con

oleaginosas, la única característica de calidad industrial que es obligatorio relevar en Uruguay en la actualidad, es la cantidad de aceite. Sin embargo, en algunos casos ya se está relevando también el perfil de ácidos grasos, aunque no compulsivamente. La mayoría de los cultivos oleaginosos nacionales son en base a cultivares o híbridos extranjeros.

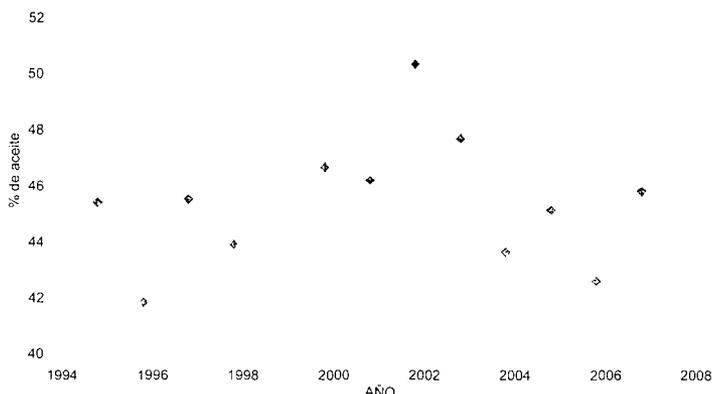
En algunas especies, lo que se comercializa en realidad son "híbridos" o "híbridos comerciales". Las semillas híbridas son obtenidas directamente por la cruce de dos o más padres con características contrastantes, y seleccionados de manera tal que la semilla comercializada va tener un rendimiento mayor por lo que se denomina "vigor híbrido".

## GIRASOL

Tradicionalmente, ha sido la oleaginosa más cultivada en Uruguay. Sin embargo, a partir del año 2003 ha sufrido una importante caída causada por varios motivos, donde la aparición de una nueva enfermedad específica de esta especie en nuestro país, el "cancro del tallo", ocupa un lugar relevante. En los últimos tres años la producción ha sido menor a 50.000 toneladas, cuando en la mayoría de los 10 años anteriores la producción era mayor a 100.000 toneladas, con un máximo de producción de 240.000 toneladas en el año 2003. A pesar de esta disminución, la corriente exportadora no se detuvo en ningún año, y gracias al aumento de precios internacionales, se inició una recuperación en el 2008.

Mientras que Uruguay es un exportador tradicional de oleaginosas en general, y de girasol en particular, también es un importador de aceite, tanto crudo como refinado. Esta situación se debe a mejores precios de aceites en Argentina por economía de escala y por situaciones comerciales particulares.

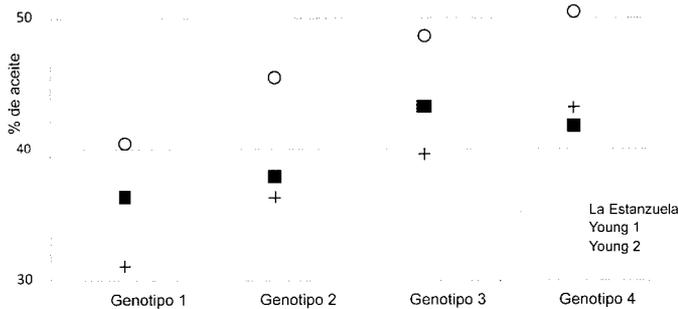
El girasol es una oleaginosa de contenido de aceite "alto", en general dentro del rango 40 a 52%. La variabilidad de este contenido de aceite se debe al genotipo (cultivar o híbrido) utilizado o a la influencia del ambiente. En la figura 1 se presenta el promedio de todos los genotipos evaluados cada año en la *Evaluación Nacional de Cultivares de Girasol* según el convenio Inase-INIA. Se puede apreciar claramente que en el período 1994-2003 hubo un aumento del contenido de aceite, con algunas oscilaciones anuales. Luego de ese año, se debieron introducir nuevos cultivares que incluyeran la resistencia al cancro de tallo, lo que aparentemente ocasionó una disminución de la tendencia de crecimiento. Si bien esta disminución del contenido de aceite parece haber sido un paso atrás en la evolución del cultivo, en realidad la posibilidad de contar con genotipos que tengan una mejor conducta ante esta enfermedad hacen el cultivo viable.



**Figura 1.** Contenido de aceite (%) promedio de todos los genotipos de girasol evaluados anualmente por el convenio INIA-INASE

A los efectos de ayudar a entender mejor la influencia de genotipo y ambiente sobre el contenido total de aceite, se presentan resultados de cuatro genotipos elegidos al azar en tres ambientes (figura 2). Se puede observar que por un lado, los cuatro genotipos produjeron mayor contenido de aceite en esa chacra de La Estanzuela ese año, y por otro

los genotipos 3 y 4 produjeron más aceite que el genotipo 1 en los tres ambientes. Sin embargo, ni el genotipo ni el ambiente por si solo pueden definir el contenido de aceite. Cabe remarcar que en el concepto de "ambiente" se incluyen condiciones climáticas, latitud, tipo de suelo, manejo del cultivo, incidencia de enfermedades, etc.



**Figura 2.** Contenido de aceite (%) de 4 genotipos elegidos al azar, cultivados en tres condiciones distintas: una en La Estanzuela (Colonia) y dos momentos de siembra distintos en Young (Río Negro), todas sembradas en el 2007 y cosechadas en el 2008 (Convenio INASE- INIA)

El perfil de ácidos grasos del girasol típico se puede ver en la tabla 1. Como se puede apreciar, es la oleaginosa de mayor contenido de linoleico, con cierta variabilidad entre cultivares. El ambiente en que se cultivó el girasol también influye en el perfil de ácidos grasos, aunque con menor incidencia. En particular, una mayor temperatura ambiente disminuye el nivel de insaturaciones y por consiguiente aumenta el oleico y disminuye el linoleico, lo que ha sido verificado a nivel nacional.

**Tabla 1.** Composición de ácidos grasos de los principales aceites (Codex Alimentarius, 1999)

Ácido graso	Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolénico
	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
Girasol	5.0-7.6	2.7-6.5	14.0-39.4	48.3-74.0	0.0-0.3
Girasol alto oleico	2.6-5.0	2.9-6.2	75.0-90.7	2.1-17.0	0.0-0.3
Soja	8.0-13.5	2.0-5.4	17-30	48.0 -59.0	4.5-11.0
Colza	2.5-7.0	0.8-3.0	51.0-70.0	15.0-30.0	5.0-14.0
Maíz	8.6-16.5	0.0-3.3	20.0-42.2	34.0-65.6	0.0-2.2

Hace ya unos años se ha logrado desarrollar, mediante mejoramiento genético tradicional, cultivares de girasol con alto contenido de ácido oleico ("girasoles alto oleico"). La composición media de éstos se informa en la Tabla 1. En Uruguay hace años que existen cultivares de girasol alto oleico registrados, aunque agrónomicamente no son tan buenos como los girasoles tradicionales, lo que causa que el precio sea mayor. La producción de este tipo de cultivares se realiza siempre bajo contrato y con trazabilidad a lo largo de toda la cadena a los efectos de asegurar la uniformidad de la partida de granos.

## SOJA

Hasta hace menos de una década, en Uruguay se producía menos de 20.000 toneladas anuales de soja con menos de 10.000 hectáreas sembradas. Con el advenimiento de nuevas tecnologías, entre las que se destacan la siembra directa y de cultivares transgénicos que permiten la aplicación de glifosato (herbicida), y una mayor demanda del mercado internacional, la producción llegó a un área cercana a las 400.000 hectáreas permitiendo una producción cercana a las 800.000 toneladas.

El destino principal es el mercado exterior, pero de todas formas el aceite consumido ocupa un lugar importante. El contenido de aceite de soja es bastante inferior al del girasol (17-22%), con una variabilidad en el contenido que depende básicamente del ambiente.

Cabe destacar que el uso más importante de la soja es como alimento animal: se extrae el aceite, y el producto restante es una harina rica en proteínas y de alto valor nutricional para varias especies. Por lo tanto, muchas veces el aceite es en realidad un subproducto.

El perfil de ácidos grasos (ver tabla 1) muestra un alto contenido de linoleico y de linolénico. Mediante distintas tecnologías (mejoramiento tradicional, mutaciones y transgénesis) se ha modificado el perfil de ácidos grasos de la soja. Sin embargo, aún no tienen una amplia difusión, y no existen registros de este tipo de cultivares en Uruguay, básicamente porque como ya se dijo el aceite no es el principal objetivo del cultivo de la soja.

## COLZA/CANOLA

Se denomina "colza" a varias especies del género *Brassica*: *B. napus*, *B. rapa*, *B. juncea*. Tradicionalmente, sus aceites eran no aptos para el consumo por su alto contenido de ácido erúxico (22:1) y glucosinolatos. En los años 70s, en la Universidad de Manitoba se desarrollaron mutantes que producía aceites con bajo nivel de ambos productos indeseables, lo que se le asignó el nombre comercial de Canola. Hoy en día, este término se ha extendido a todo grano del género *Brassica* que tenga aceite apto para consumo humano.

Si bien es una oleaginosa muy cultivada en Europa y Norteamérica, aún no se ha desarrollado su cultivo en Uruguay. Sin embargo, su producción generaría ventajas tanto para los productores agrícolas, por ser un cultivo de invierno que no es gramínea, como para los industriales, por tener su cosecha desfasada respecto a la de girasol y soja y por el perfil de ácidos grasos.

El contenido de aceite es alto, con un rango que va de 40 a 50%. Más allá del perfil de ácidos grasos tradicional (ver tabla 1), mediante mutagénesis se han desarrollado cultivares con una amplia variabilidad en la composición de su aceite.

## OTROS

Si bien su importancia desde el punto de vista de la producción actual y potencial es mucho menor, hay otros aceites que no se pueden dejar de mencionar.

El arroz tiene un contenido de aceite muy bajo, pero como en Uruguay se produce y procesa un alto volumen de este cereal, su producción es comercialmente viable. Si bien solo el 8% del grano es cáscara, su contenido en aceite no es despreciable (15-20%). Más del 40% de sus ácidos grasos son oleico, mientras que el linoleico está en el entorno al 39% y el palmítico cercano a 15%.

En Uruguay se producía aceite de maíz, pero cuando se dejó de procesar el almidón de maíz, no hubo más materia prima para extraerlo. El que se consume hoy es importado. En su perfil de ácidos grasos (ver tabla 1) se destaca el alto contenido de linoleico y oleico.

El cultivo de olivares está en franco crecimiento en Uruguay, así como el consumo de su aceite, donde se destaca el altísimo contenido de ácido oleico (55-83%). En el 2007 ya se cultivaban más de 3000 hectáreas; con una estimación de 8 toneladas por hectárea y un contenido de aceite entorno al 15%, si la producción potencial de 1200 litros por hectárea, se puede estimar una estimación mínima de 3 millones de litros anuales.

## COMENTARIOS FINALES

La oferta de productos agropecuarios es alta, y está en crecimiento. La producción ha mostrado ser muy versátil, y adaptarse rápidamente a las condiciones reinantes, obedeciendo claramente a los dictámenes del mercado. Si se fortalece la demanda por aceites con determinados perfiles de ácidos grasos, la producción agropecuaria podría responder rápidamente a la misma.

# BIBLIOGRAFÍA

- Codex Alimentarius, *Norma del codex para aceites vegetales especificados*, Codex Stan, 210, 1999.
- Convenio INASE-INIA, *Resultados experimentales de la evaluación Nacional de cultivares de Girasol*, 1994-2008.
- Coonrod, D.; Brick, M. A.; Byrne, P. F.; DeBonte, L. y Chen, Z., "Inheritance of long chain fatty acid content in rapeseed (*Brassica napus* L.)", en *Euphytica* 164: 583-592, 2008
- Dorrell, D. G. y Vick, B. A., "Properties and processing of Oilseed Sunflower", en *Sunflower Technology and Production*, editado por A. A. Schneiter, Madison: American Society of Agronomy, 1997.
- Juliano, B. O. y Bechtel, D. B., "The rice grain and its gross composition", en *Rice: Chemistry and Technology*, editado por B. O. Juliano, St. Paul, MN, American Association of Cereal Chemists, 1985
- Lu, S. y Luh, B. S., "Properties of the rice caryopsis", en *Rice: Production*, editado por B. S. Luh, Westport, CT, AVI Publishing Co., 1991.
- McCartney, C. A.; Scarth, R.; McVetty, P. B. E. y Daun, J. K., "Genotypic and environmental effects on saturated fatty acid concentration of canola grown in Manitoba", *Can. J. Plant Sci.*, 84: 749-756, 2004.
- Miranda, Z. F. S.; Arrabal Arias, C. A.; Ferraz de Toledo, J. F. y Fernandes de Oliveira, M., "Soybean seed oil content: genetic control under different photoperiods", en *Gen. Mol. Biol.*, 21, 1998.
- Poehlman, J. M. y Sleeper, D. A., *Breeding Field Crops. Fourth*, Iowa State University Press, Ames, 1995.
- Souto, G., "Oleaginosos y derivados", en *Anuario 2007. Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA)*, Montevideo, MGAP, 2007. Disponible en <[www.mgap.gub.uy/opypa/](http://www.mgap.gub.uy/opypa/)>.
- Souto, G., "Oleaginosos y derivados", en *Anuario 2008. Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA)*, Montevideo, MGAP, 2008. Disponible en <[www.mgap.gub.uy/opypa/](http://www.mgap.gub.uy/opypa/)>.
- Stewart, S., "La *Phomopsis* o cancro del tallo del girasol", en *Revista INIA 2*: 20-22, Montevideo, 2005.
- Thompson, J. A. y Heenan, D. P., "Effect of sowing time on growth, yield, and oil characteristics of irrigated sunflower in southern New South Wales", en *Austr. J. Exp. Agric.* 34: 255-258, 1994.

- Troche, L., Berreta, A., Pignataro, J., Rodríguez, S., Heinzen, H. y Moyna, P. "Variaciones en el contenido de ácidos grasos insaturados en aceite de girasol con los factores ambientales", en *Informe interno*, Montevideo, INIA, 1992.
- Villamil, J. y Albín, A. "Rubros alternativos de producción: olivos y aceite de oliva", en *Revista INIA*, 7: 31-34, Montevideo, 2006.

# TECNOLOGÍAS DE OBTENCIÓN DE GRASAS, ACEITES Y EMULSIONES GRASAS

M.Sc. María Teresa Pagano Puentes  
Prof. Adj. de Alimentos

## OBTENCIÓN DE GRASAS Y ACEITES

Las grasas y los aceites aparecen en la naturaleza en los tejidos animales y vegetales. La extracción de una grasa implica la separación de ésta de su tejido natural.

Según su origen condiciona la forma de obtención y la eliminación de componentes no deseados, para que sean comestibles.

La obtención de aceites vegetales se realiza de diferentes maneras: según sea el aceite de oliva o el de los aceites de semillas.

La obtención de aceite a partir de semilla requiere una serie de etapas preparatorias de la semilla para poder ser extraído posteriormente.

Estas etapas son:

- *recepción de la semilla*: ésta se recibe en forma zafral por la empresa procesadora;
- *almacenamiento*: al ser un producto zafral la semilla se debe almacenar hasta el momento de ser utilizada. Esto requiere de condiciones estrictas de humedad y temperatura, para evitar su deterioro y como consecuencia pérdida de aceite;
- *limpieza de la semilla*: como ésta puede traer tierra, insectos, restos metálicos es necesario hacerle

limpieza previa que mejora el rendimiento y evita roturas de equipos;

- *descascarado*: Las cáscaras de las semillas no contienen prácticamente aceite por lo que en los casos en que es factible es conveniente eliminarlas ya que disminuiría el rendimiento posterior del proceso;
- *acondicionamiento*: tratamiento con vapor para debilitar las paredes celulares y permitir extraer más fácilmente el aceite;
- *prensado*: primera etapa de la extracción de aceite, no se separa todo el aceite presente;
- *extracción con solvente*: se extrae el resto del aceite por tratamiento con solvente a contracorriente.

Hasta acá se obtiene lo que denomina "aceite crudo", las etapas siguientes constituyen la refinación para lograr un aceite con la calidad necesaria para ser comestible, que son necesarias para elevar la calidad sensorial y la estabilidad del producto final.

Las finalidades son similares en los distintos aceites: obtenerlo separado de impurezas, lograr el mayor rendimiento en material graso, lograr una torta de extracción con el mayor valor posible.

## REFINACIÓN DEL ACEITE

1. *Degomado*: Consiste en la extracción de los fosfolípidos presentes en el aceite mediante su hidratación con agua o con diversos agentes degomantes (ácido fosfórico o cítrico) y su posterior separación.

Los objetivos son: aumentar la eficiencia de procesos siguientes; facilitar el almacenaje del aceite en silos; aumentar la palatabilidad del producto final; aumentar la estabilidad; obtener un subproducto valioso.

2. *Neutralización o Refinación alcalina*: Consiste en la remoción de los ácidos grasos libres. Se efectúa con

soda formando jabones que se eliminan por lavados posteriores.

Se puede producir la remoción de otros componentes, por efecto tensoactivo del jabón y también la pérdida por emulsión de algo de aceite.

3. *Blanqueo*: Se entiende la separación de componentes minoritarios no deseados, los cuales son minimizados o destruidos. La finalidad es la reducción del color por eliminación, total o parcial, de los pigmentos presentes en el aceite crudo y que dan colores no deseados y que además, pueden afectar la estabilidad del mismo.

Se realiza por adsorción de compuestos en la superficie porosa de una sustancia adsorbente como arcillas activadas con ácido, proceso que agranda los poros para facilitar que penetren moléculas grandes (pigmentos), en competencia con éstos también se eliminan otras sustancias presentes como jabones (no eliminados en la neutralización).

4. *Desodorización*: La finalidad es eliminar los productos que producen olor y sabor no deseados, como algunos aldehídos y cetonas formados, ácidos grasos libres y también mejora la estabilidad ya que se eliminan peróxidos. El proceso es una destilación por arrastre con vapor.

5. *Winterización*: El objetivo es eliminar ceras y triglicéridos de alto punto de fusión que producen enturbiamiento del aceite y aumento de viscosidad a bajas temperaturas.

Se efectúa por un enfriamiento lento del aceite, luego de alcanzada la temperatura se mantiene ésta el tiempo suficiente para permitir el crecimiento de los cristales y su posterior eliminación por filtración.

## ACEITE DE OLIVA

El aceite de oliva se obtiene por molienda con agregado de agua y luego separación por prensado y filtrado de las aceitunas.

Si el aceite obtenido cumple con las normas de calidad se fracciona y envasa como "aceite de oliva virgen", si no las cumple se refina de forma similar a los aceites de semillas, "Aceite de oliva refinado".

También existen algunos aceite mezcla como el denominado "aceite de oliva" (mezcla de virgen y refinado).

### Composición media de diferentes aceites utilizados en el país

Aceite	Saturados	Monoin-saturados	Poliin-saturados
Oliva	15	73	10
Arroz	20	43	35
Girasol	13	26	61
Soja	16	22	62
Coco	90	6	1
Grasa láctea	50	32	3
Manteca de Cacao	57	38	2
Aceite de Pescado	22	30	47

## ESTABILIDAD DE GRASAS Y ACEITES

El deterioro de las grasas y los aceites es lo que comúnmente denominamos "rancidez". Las grasas y los aceites se describen como "rancios" cuando poseen olor o sabor desagradables característicos.

Las grasas naturales son mezclas de diferentes ácidos grasos que se comportan de distinta manera frente a la resistencia al deterioro. Esta a su vez, está influenciada por la temperatura, metales presentes, antioxidantes, etc. es difícil predecir la contribución de cada uno de los factores en forma independiente, pero en general se puede decir que el comportamiento es función de la cantidad de

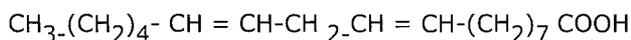
dobles enlaces presentes y del número de dobles enlaces por molécula de ácido graso.

El deterioro de las grasas se produce de dos maneras: por hidrólisis o por oxidación.

La hidrólisis se produce en presencia de agua y su efecto es la rotura de la unión éster y la liberación de los ácidos grasos presentes en forma de DG, MG y AG libres y glicerol. Nutricionalmente no es relevante ya que los productos generados no afectan a la salud. Causan acidez en el aceite y olores y sabores dependiendo de los compuestos resultantes.

La oxidación se produce por presencia de oxígeno y a partir de la presencia de ácidos grasos insaturados, generándose la oxidación en el grupo metilo vecino al doble enlace, por lo tanto la presencia de varios dobles enlaces en la misma molécula hace más inestable la molécula.

Son factores que afectan la velocidad de oxidación: la temperatura, la presencia de metales, las enzimas, el agua y la luz.



metilo reactivo del ácido linoleico

Si estableciéramos una velocidad relativa de oxidación, adjudicando un valor de 1 al ácido oleico (18:1), nos daría una velocidad de 40 para el ácido linoleico (18:2) y de 100 para el linolénico (18:3).

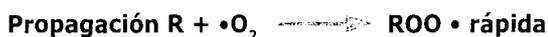
### **Algunos ejemplos de triglicéridos con igual número de insaturaciones pero con diferente composición**

$$18:1 / 18:1 / 18:3 \quad 1 + 1 + 100 = 102$$

$$18:1 / 18:2 / 18:2 \quad 1 + 40 + 40 = 81$$

$$18:0 / 18:2 / 18:3 \quad 0 + 40 + 100 = 140$$

La oxidación de los aceites se produce por un mecanismo de radicales libres, con sus etapas de iniciación, propagación y terminación.



**Terminación: por carencia de oxígeno con formación de dímeros**



La oxidación que se produce a altas temperaturas, como en los procesos de fritura, comienza de forma similar con la formación de hidroperóxidos, pero éstos se descomponen rápidamente por efecto de las altas temperaturas, formándose compuestos muy variados algunos de ellos como dímeros y polímeros pueden ser nocivos para la salud. Estos aumentan la viscosidad del aceite y el alimento absorbe más aceite.

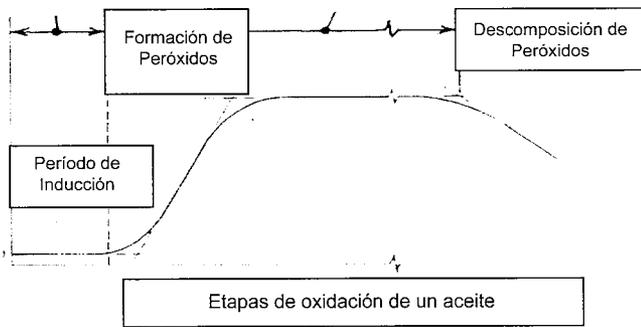
Existen variados métodos para medir el deterioro de un aceite, algunas medidas directas como el Índice de peróxidos que mide los hidroperóxidos formados, pero si ya se está en una etapa de descomposición de éstos nos puede dar valores erróneos. Los peróxidos se determinan por yodometría y se expresan como meq de  $\text{O}_2/\text{Kg}$  de grasa.

El Índice de Anisidina es una medida de que ya se llegó a lo que se denomina oxidación secundaria o de descomposición de peróxidos y formación de compuestos carbonilos.

Existen otros análisis como el valor de ácido tio barbitúrico que mide la formación del malonaldehído o la absorción en el UV que mide la formación enlaces conjugados y la presencia de algunos compuestos carbonilos.

Hay otras medidas indirectas que son métodos basados en la formación de determinados compuestos, como algunos métodos que por conductividad miden la formación

de ácido fórmico y la finalización del período de inducción, que es aquél en el que el aceite presenta una resistencia natural a la oxidación, este período depende del aceite, de la temperatura y de los factores que afectan la velocidad de oxidación.



## DESCOMPOSICIÓN DE PERÓXIDOS

La descomposición de los peróxidos dan lugar a la formación de un número muy importante de productos de descomposición, multiplicado además, por el número de ácidos grasos diferentes presentes en un aceite.

Fundamentalmente en la Unión Europea se está utilizando la determinación de compuestos polares, formados por la descomposición de peróxidos como norma para la reposición de aceites de fritura. Esta determinación es muy trabajosa y requiere equipos especiales, es una cromatografía en columna con posterior detección de las fracciones obtenidas.

Como paradoja podemos decir que en el proceso industrial continuo de fritura, si se realiza correctamente, es menos riesgoso que el discontinuo (casero o restaurantes) ya que en estos casos es menos controlado y se pueden intercalar diferentes alimentos que aceleran el proceso de deterioro, así como un re uso inadecuado.

## MÉTODOS RÁPIDOS DE DETERMINACIÓN DEL DETERIORO DE LOS ACEITES

El sistema VISCOFRIT consiste en un pequeño cono de medidas estándar que incorpora un termómetro con escalas de temperatura y tiempo. Todo el sistema está calibrado, de tal modo que si el tiempo de vaciado del cono supera el tiempo establecido, significa que el aceite contiene un nivel de polares y polímeros superior al límite del 25% marcado por la ley (O.M. de 26-1-1989).

El sistema OXIFRIT (MERK) consiste en calificar por color la calidad de un aceite en una escala estándar.

Cuando se produce la oxidación de un aceite, no solo se producen olores y sabores desagradables sino que se forman compuestos que pueden ser nocivos para la salud. Por este motivo y por la necesidad de ingredientes más estables es que la tendencia es a utilizar aceites modificados.

### *Modificación de las propiedades de las grasas y los aceites:*

El desarrollo de procesos que permiten la modificación de sus propiedades, su composición y su comportamiento han permitido, por ejemplo, que a partir de aceites líquidos, que abundan, se obtengan grasas sólidas o semi sólidas y así aumentar la variedad de productos, adaptarse mejor a los cambios del mercado y de las exigencias de los consumidores.

*Hidrogenación:* su objetivo es cambiar las propiedades de fusión y solidificación, se los considera un "endurecimiento" de los aceites.

El procedimiento consiste en la saturación de algunos o todos los dobles enlaces presentes por disolución de hidrógeno en presencia de un catalizador. La hidrogenación es una reacción heterogénea que requiere que los tres integrantes del sistema (aceite, hidrógeno y catalizadores) que se encuentran en diferentes estados (líquido, gas y sólido) se contacten íntimamente a una determinada temperatura.

Es una reacción que se produce a altas temperaturas y bajas presiones y que tiene como efecto negativo la

formación de ácidos grasos trans. La cantidad de éstos dependen de la composición inicial, del producto final y de las condiciones de reacción.

*Interesterificación:* su objetivo es obtener materiales grasos con las propiedades térmicas buscadas y sin ácidos grasos trans. Consiste en un reordenamiento en la posición de los ácidos grasos de los triglicéridos de una solo material de partida o más de uno. Puede realizarse por medio de catalizadores químicos o enzimáticos, para cada uno las condiciones son diferentes.

Para una interesterificación química las temperaturas son alrededor de 300°C, mientras que para un interesterificación enzimática entre 25°C y 60 °C y puede ser específica a una posición en la molécula, por ejemplo las lipasas pancreáticas y microbianas son específicas a los carbonos 1,3.

*Fraccionamiento:* el objetivo es mejorar las propiedades térmicas de una grasa obteniendo 2 fracciones, una más dura (estearina) y una más blanda (oleína) que el material de partida, siendo las dos utilizables. La grasa de partida puede ser natural o un aceite hidrogenado.

Consiste en un enfriamiento controlado en el que se forman 2 fases que pueden ser luego separadas por filtración.

Se basa en un enfriamiento controlado de una grasa totalmente fundida (calentada unos 15°C por encima de su punto de fusión), con agitación suave y permitiendo el crecimiento adecuado de los núcleos cristalinos formados para lograr una buena separación de las fases.

Si una de las fases obtenidas no es utilizable se puede mezclar con otras o volver a fraccionar.

Por ejemplo si se desea obtener un material parecido a la manteca de cacao se puede combinar hidrogenando un aceite y luego fraccionándolo o interesterificándolo.

*Emulsiones grasas:* Son emulsiones en que la fase grasa está constituida por grasas y aceites comestibles o mezclas, sometidas o no a un proceso de modificación y

la fase acuosa por agua, leche o productos lácteos. Se permite el agregado de emulsificantes, colorantes, sal entre otros.

Las definidas en nuestro Reglamento Bromatológico Nacional son: margarina, crema vegetal y minarina definiendo en la relación grasa/agua.

*Proceso:* Es un proceso tecnológico muy delicado: primero se le agrega a cada fase los aditivos solubles en cada una y se forma la emulsión con ambas fases líquidas. Una vez formada la emulsión se comienza a enfriar y cristalizar la grasa. Requiere un trabajo mecánico adecuado debido al polimorfismo de las grasas y los diferentes hábitos cristalinos de éstas.

Se busca la formación de cristales  $\beta'$  debido a su adecuado tamaño y agregación. Dan una textura suave. Tienen buenas propiedades de aireación (incorporación de aire en la masa) y excelentes propiedades cremosas para tortas, helados, etc. Es también apreciable en margarinas untables.

En una emulsión grasa van a coexistir cristales de grasa, gotas de agua, grasa líquida y en algunas (soft) burbujas de aire.

El tamaño de la gota de agua también es importante: una emulsión fina se disuelve mal en la boca y la aparición del gusto es lenta y el color más pálido, mientras que en una emulsión gruesa el gusto aparece rápido pero es débil microbiológicamente y más amarilla.

Es importante para los fabricantes de margarina la flexibilidad de la instalación para los diferentes productos, los equipos de cristalización deben tener tamaño variable para adecuar el trabajo al tipo de mezcla grasa utilizada.

La estructura cristalina formada va a depender de la temperatura, tiempo e intensidad del trabajo mecánico (amasado), por lo que éste es el punto determinante de la plasticidad y untabilidad del producto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bailey's Industrial Oil and fat products*, Vol. 2, Nueva York, Ed. Wiley and Sons Inc., 1996.
- Bockisch, M., *Fats and oils Handbook*, Champaign-Illinois, AOCS Press, 1998.
- Charley, H., *Tecnología de los Alimentos*, 1ª ed., México DF, Limusa, 1997.
- Dobarganes, M. C., Márquez G., "Control de calidad de las grasas de fritura. Validez de los ensayos rápidos en sustitución de la determinación de compuestos polares", en *Grasas y Aceites*, 46:3 196-201, Sevilla, 1995.
- Dobarganes, M. C., *Curso: Estabilidad de aceites y alimentos grasos*, Montevideo, 1993.
- Dubinsky, E., "Productos Hidrogenados. Producción y especificaciones", en *A&G*, Buenos Aires, 1995, pp. 182-203.
- Grompone, M. A.; Pagano, M. T.; Harispe, R. y Miños, A., "Contenido y composición lipídica de carnes uruguayas provenientes de diferentes cruzamientos", en *Carnes & Alimentos 3*, N°6, Montevideo, 2002.
- INFORM: Bakery shortenings. Present and future*, vol. 7, AOCS Press, Champaign-Illinois, 1995.
- Jurianse, A. C. y Heertje, I., "Microstructure of shortenings, margarine and butter", en *Food Microstructure*, v. 7, Chicago, 1988, pp. 181-188.
- Lawson, H., *Aceites y Grasas alimentarias*, Acribio, 1999.
- Muñoz Alfaro, M. C., Zapata, I., "Avances en la formulación de emulsiones", en *Grasas y Aceites*, 58 (1) 64-72, Sevilla, 2007.
- Pollak, R., "Productos alternativos a la grasa hidrogenada", en *A&G*, Buenos Aires, 2007.
- Rodríguez, A., Jachmanian, I., Amaya, A. y Grompone, M. A., "Ácidos grasos poliinsaturados en filetes de pescados uruguayos", en *A Alimentos*, N°1, Vol. 18, Montevideo, 1993.
- Wagner, J., "Short Course Emulsiones", en *Margarinas y Mayonesas*, Rosario, 2005.

# NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA DAR RESPUESTAS A REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

---

Lic. en Cs. Qcas. Martha Melgarejo  
ASAGA, Argentina

Las innovaciones científicas y tecnológicas generalmente se originan en distintas fuentes o motivaciones. En el caso de las grasas y aceites de nuestra dieta pueden identificarse varios aspectos impulsores de las innovaciones como los siguientes:

- *reducción de costos*: de los procesos de obtención, de los insumos o ingredientes, de las maquinarias, del tiempo insumido;
- *procesos más amigables con el medio*: reducción de efluentes, de ruidos;
- *ahorro energético*: combustibles, agua, electricidad;
- *aspectos regulatorios*: referidos a ingredientes, etiquetado nutricional, planes de salud especiales;
- *alimentos "más saludables"*: reducción de aspectos considerados negativos, incrementos de los positivos tanto en nutrición como en salud.

Estos dos últimos son los motores o impulsores de cambios que desarrollaremos en el presente trabajo.

Las fuentes de información que nutren a los científicos y técnicos involucrados en alimentos que son fuentes de lípidos o que los contienen en sus formulaciones en cantidades apreciables provienen básicamente de:

- estudios epidemiológicos que elaboran entidades reconocidas;
-

- evidencias científicas que se publican con aval reconocido en el mundo;
- conceptos originados en la denominada dieta mediterránea;
- causas del incremento de enfermedades no transmisibles, como diabetes, obesidad, cardiovasculares e hipertensión;
- necesidad de informar al consumidor, cada vez más interesado en conocer lo que brindan sus alimentos;
- requisitos normativos vinculados con aspectos nutricionales y de salud.

La OMS publicó en 2004 una guía importante de recomendaciones a la que denominó *Hacia hábitos saludables, alimentación y actividad física*. Hace allí consideraciones sobre distintos aspectos relacionados con la alimentación y resume en pocas líneas el marco adecuado para lograrlo. Expresa textualmente:

*"Lograr un equilibrio energético y un peso normal;*

*Limitar la ingesta energética de las grasas, sustituir las grasas saturadas por grasas insaturadas y tratar de eliminar los ácidos grasos trans;*

*Aumentar el consumo de frutas y hortalizas, así como de legumbres, cereales integrales y frutos secos;*

*Limitar la ingesta de azúcares libres;*

*Limitar la ingesta de sal (sodio) de toda procedencia y consumir sal yodada."*

Tomando en consideración todo lo expresado anteriormente es que las distintas disciplinas de trabajo hacen su aporte tendiente a lograr día a día oportunidades para encausar nuestra alimentación hacia un buen estado nutricional y de salud, sin olvidar que el alimento básicamente debe proporcionar satisfacción y minimizar el "comer con culpa".

## DESDE EL CAMPO

Los alimentos primarios que se originan en la agricultura han respondido claramente a las demandas saludables

mediante aplicaciones de variada biotecnología como son los aceites modificados en su perfil de ácidos grasos, donde se lograron incrementos en el contenido de ácido oleico, disminución del contenido de linolénico, incremento del ácido esteárico, entre otros.

También se han logrado avances en el incremento de  $\alpha$ -tocoferol o vitamina E, así como otros avances recientes en lograr aceites de soja y de canola con un importante contenido en C18:4, ácido estearidónico, un  $\omega$ -3 muy beneficioso para la salud del que se tiene evidencias sobre mejor desempeño que el del  $\alpha$ -linolénico.

Un ejemplo de la ingeniería genética es el aceite de girasol en sus distintas variedades.

Los alimentos primarios de origen animal también han avanzado en el desarrollo de alimentos más saludables mediante la modificación de la dieta alimentaria de aves y ganado de distinto origen.

Se pueden citar a nivel de ejemplos: huevos enriquecidos en  $\omega$ -3 logrados mediante alimentos de las aves con fuentes de ácido linolénico. También los rumiantes responden a la dieta y se logran leche y carne con más ácidos grasos insaturados y con mayor contenido de CLA. La alimentación con pasturas también produce carnes más magras y con menor saturación.

## DESDE LA INDUSTRIA

Los aceites y grasas se diferencian entre sí por su perfil lipídico, básicamente su composición en ácidos grasos así como el contenido y composición de los denominados compuestos insaponificables, muchos de ellos con importante actividad biológica, de allí su nombre genérico de "compuestos bioactivos".

Para resumir lo concerniente a los ácidos grasos, se los puede agrupar en tres grupos de acuerdo con sus características funcionales en términos tecnológicos, de estabilidad y de salud.

Ácidos grasos	Características
Saturados	Muy resistentes a la oxidación Son sólidos Salud, debe limitarse su ingesta
Monoinsaturados	Resistentes a la oxidación Son líquidos Salud, son recomendados
Poliinsaturados	Menos resistentes a la oxidación Son líquidos Salud, son esenciales, recomendados

## ALTERNATIVAS EN ACEITES

El aceite de girasol ofrece hoy una amplia gama de posibilidades basadas en la composición acídica.

Ácidos grasos %	Aceite de girasol			
	Tradicional	Medio oleico	Alto oleico	Alto esteárico
Saturados	11	10	8	30-35
Monoinsaturados	25	55	80	15
Poliinsaturados	64	45	12	50

El aceite de girasol de medio oleico es el aceite característico de Estados Unidos de Norte América, mientras que en Sur América y en Europa predomina el denominado tradicional o poliinsaturado. En Argentina y Uruguay hay ya cantidades apreciables de alto oleico para el uso doméstico.

En Argentina la mayoría de los panes y galletitas de cereales y de otros tipos se han volcado hacia el uso de alto oleico en sus formulaciones.

El aceite de canola también ha comenzado a utilizarse en Argentina para uso doméstico, en una presentación limitada, y como aceite extraído sólo por prensa.

El aceite de soja también es una opción importante desde el punto de vista nutricional ya que contiene, como el

de canola, los dos ácidos grasos esenciales, linoleico y linolénico.

Otra alternativa importante es el aceite de oliva virgen. En Argentina se ha alcanzado una producción importante, 25.000 Tn/año, la mayoría extra virgen.

El aceite de oliva es rico en monoinsaturados, ácidos oleico y palmitoleico y también en componentes bioactivos como antioxidantes diversos, polifenoles, vitamina E, escualeno, etc.

En los últimos años el aceite de chía se encuentra en góndolas de alimentos dietéticos, en pequeños volúmenes y alto costo.

## INGREDIENTES EN ALIMENTOS

La industria ofrece la posibilidad de ingerir lípidos recomendados mediante la incorporación de granos en alimentos varios: galletitas, panes, barritas, granolas, preparados para cereales. Esta es una fuente importante porque está acompañada de vitaminas, fibras y minerales que provienen también del grano. Los más empleados son sésamo, lino, soja, girasol, maní y algo de chía.

Las aceitunas constituyen también una fuente de ácidos grasos monoinsaturados, sin embargo su elevado contenido en sodio ponen un límite en su ingesta.

Las nueces, avellanas y almendras son muy importantes en su valor y calidad lipídica, son aceites insaturados. Se ofrecen solas y en preparaciones alimenticias varias.

## ALIMENTOS FUNCIONALES

Estos alimentos tienen como característica aportar algún beneficio adicional para la salud. Los alimentos con incorporación de fitoesteroles es un claro ejemplo, aportan un nutriente que ayuda a disminuir el colesterol plasmático

en el marco de una dieta saludable. Se los incorpora en leches, margarinas y yogures entre otros.

Otros ejemplos son la incorporación de CLA y de  $\omega 3$  de fuentes marinas fundamentalmente a productos lácteos.

## PROCESOS ENZIMÁTICOS

Mediante procesos enzimáticos pueden elaborarse los lípidos estructurados, que son triglicéridos con una proporción y ubicación de determinados ácidos grasos que les confieren propiedades específicas a los triglicéridos en términos de nutrición y salud ya que pueden aportar distinta digestibilidad para grupos etarios.

## REDUCCIÓN DEL CONTENIDO GRASO

No sólo la calidad de la materia grasa en el alimento es importante, sino su cantidad, para reducir el aporte calórico. En este campo se han logrado margarinas y salsas con muy bajo tenor en aceite, desde un producto convencional de 70-80% de contenido graso se han logrado productos similares con valores del orden del 20%. Hay también menores, pero su aceptabilidad por parte del consumidor no es alta.

También en galletitas, salchichas, panificados se han logrado importantes reducciones en el contenido graso. Aquí el límite es la frescura y la textura básicamente.

## RECUPERACIÓN DE LÍPIDOS VALIOSOS

En Argentina se han logrado interesantes desarrollos tecnológicos para recuperar lípidos a partir de la refinación de aceites vegetales que tienen valores funcionales importantes. Se elabora lecitina de girasol, con propiedades funcionales y nutricionales diferentes a las de de soja. También se recuperan los esteroides y tocoferoles a partir de los condensados de los desodorizadores.

## MODIFICACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO

La meta mundial de reducir el contenido de ácidos grasos trans provenientes de la hidrogenación de aceites vegetales motivó una reforma tecnológica de envergadura en los establecimientos que deben proveer materias grasas sólidas para un gran número de productos alimenticios.

La hidrogenación se realiza con dos objetivos: a) reducir la insaturación para aumentar la estabilidad y conferir más vida útil a un alimento y b) para obtener grasas sólidas a partir de un líquido, saturando parcialmente sus ácidos grasos poli y monoinsaturados.

Simultáneamente con la saturación se produce la isomerización espacial de los enlaces cis y estos pasan a la forma trans. No es posible hidrogenar sin la formación de ácidos grasos trans.

Fue necesario entonces recurrir a otras tecnologías. Una de las más utilizada es la interesterificación y otra la cristalización fraccionada.

### **Interesterificación**

Es la reacción por la cual los ácidos grasos de los triglicéridos cambian de posición. Dentro de un mismo triglicérido y con otros triglicéridos. Hay dos formas de interesterificar, química y enzimática. En la química se utiliza un catalizador inorgánico y cualquier posición del ácido graso en el triglicérido puede ser modificada e intercambiada. En cambio cuando el proceso de interesterificación es biológico, mediante determinadas enzimas sólo los ácidos grasos de las posiciones extremas se pueden intercambiar, quedando siempre inalterado el que ocupa la posición central.

### **Cristalización fraccionada**

Es un proceso físico, donde un aceite o grasa animal fundido se va enfriando lentamente con un determinado

gradiente térmico hasta una dada temperatura, bajo agitación. Se forman los cristales y se separan de su entorno líquido mediante centrifugación o filtrado. También se logran cristales mediante la solidificación de una materia grasa fundida sobre un cilindro rotatorio del cual se la separa mediante una cuchilla raspadora.

Se obtienen dos fracciones a la temperatura elegida, una líquida que se denomina oleína y una sólida que se llama oleoestearina. Este proceso puede ser aplicado a grasas vacunas y a aceites con alto contenido de saturados como los de palma, maní o algodón.

Resumiendo podemos decir que lo más relevante de cada tecnología es:

- Hidrogenación: modifica tanto la composición como la espacialidad de los ácidos grasos.
- Cristalización: no modifica la estructura de los ácidos grasos, separa triglicéridos por punto de fusión.
- Interesterificación: no modifica la composición en ácidos grasos, sí su posición en el triglicérido.
- Interesterificación química: modifica la posición de cualquier ácido graso en los triglicéridos.
- Interesterificación enzimática: modifica las posiciones n-1 y n-3 de los ácidos grasos en el triglicérido.

Hoy en Argentina todas las margarinas untables están formuladas libres de trans por porción. También en la mayoría de las galletitas se han sustituidos los aceites hidrogenados por grasas interesterificadas, cristalizadas o por aceite de girasol alto oleico, de acuerdo con las posibilidades del alimento en términos de estabilidad, textura, ruptura, etc.

## CONCLUSIONES

Nuevos conocimientos sobre dieta-nutrición-salud son permanentes impulsores de innovaciones en distintas áreas como la biotecnología, las tecnologías industriales, las técnicas analíticas.

Se requieren comunicaciones claras a los consumidores sobre los beneficios o restricciones de determinados productos o ingredientes.

Los aspectos regulatorios deben estar actualizados para brindar un marco adecuado y permitir el constante fluir de innovaciones.

Los estudios multidisciplinarios se tornan cada más imprescindible para lograr innovaciones, comunicarlas y generar una retroalimentación de la información.

# PROPIEDADES Y FUNCIONES DE GRASAS Y ACEITES EN EL DISEÑO DE ALIMENTOS Y PRODUCTOS ALIMENTICIOS

---

Lic. Nut. Mónica Russo  
Prof. Adj. de Alimentos

## INTRODUCCIÓN

Las grasas y aceites, también identificados como materias grasas, constituyen la forma mayoritariamente comestible de los lípidos.

Actualmente muestran un gran desarrollo tecnológico y nutricional, aunque su utilización en la alimentación comenzó hace miles de siglos.

Vinculados a su *función nutricional* su rol en la nutrición ha transitado por diferentes etapas, desde evitar el colesterol, luego los saturados hasta la situación actual, en que es bien conocido, el carácter negativo de las grasas saturadas y de las trans, así como el efecto beneficioso de los  $\omega 3$ . No obstante algunas de sus funciones permanecen incambiadas en el tiempo, tales como: su aporte calórico, son fuente concentrada en calorías, son vehículo de ácidos grasos esenciales y de vitaminas liposolubles, así como facilitadores de su absorción.

Respecto a los *aspectos tecnológicos*, las materias grasas, también han presentado un gran desarrollo vinculado a la funcionalidad que ellos cumplen en los alimentos, en forma natural (carnes, productos lácteos, frutos secos) o como ingrediente de productos elaborados.

---

## FUNCIONALIDAD Y PROPIEDADES DE LOS LÍPIDOS

El término *funcionalidad*, aplicado a los ingredientes de los alimentos, hace referencia a cualquier propiedad, diferente de la nutritiva que condiciona la utilidad del mismo. Generalmente afecta las características sensoriales de los alimentos (especialmente la textura) aunque también puede desempeñar un papel importante en el comportamiento físico, o en el de los otros ingredientes durante la preparación, el procesado o almacenado de los mismos.

Los *lípidos* poseen un alto rango de *propiedades funcionales* y de extraordinario valor en el diseño y características de productos alimenticios, que responden a la combinación, en diferente grado de dos propiedades: su relativa insolubilidad en agua, debido a la cadena apolar y la presencia, a su vez de un grupo polar.

## FUNCIONALIDAD Y PROPIEDADES SENSORIALES DE LOS LÍPIDOS

La cantidad, así como la calidad de la materia grasa tienen un rol determinante en las *propiedades sensoriales* relativas al *aspecto*, *flavor* y *textura* de los alimentos. Las propiedades físico-químicas particulares de cada tipo de grasa (manteca, margarina, aceite, etc.) modifican la funcionalidad (forma en que funcionan) de cada una de ellas en los sistemas alimentarios que las contienen.

### FLAVOR

El flavor es un atributo complejo, que combina varias propiedades sensoriales como el aroma o el gusto y es característico y propio de cada alimento o producto.

Las grasas intervienen en la producción de aromas característicos y deseables de los alimentos, en determinadas

condiciones y en otras son la principal causa de deterioro del alimento dando lugar a compuestos de sabor y olor desagradable. Si bien este último aspecto no hace referencia a la funcionalidad de los lípidos, es un factor a considerar en el diseño de productos alimenticios ya que es uno de los factores que determina la elección del tipo de grasa y/o la inclusión de otros compuestos que controlen este tipo de reacciones.

La materia grasa interviene en el flavor de los alimentos que la contienen, a través de un efecto físico y de un efecto químico.

## EFECTO FÍSICO

Modifican el sabor y aroma global de los alimentos por la sensación que producen en la boca. Por ej. la grasa de la leche entera le otorga suavidad y cremosidad al helado e influye en el valor umbral de los compuestos aromáticos.

## EFECTO QUÍMICO

Intervienen por dos mecanismos básicamente:

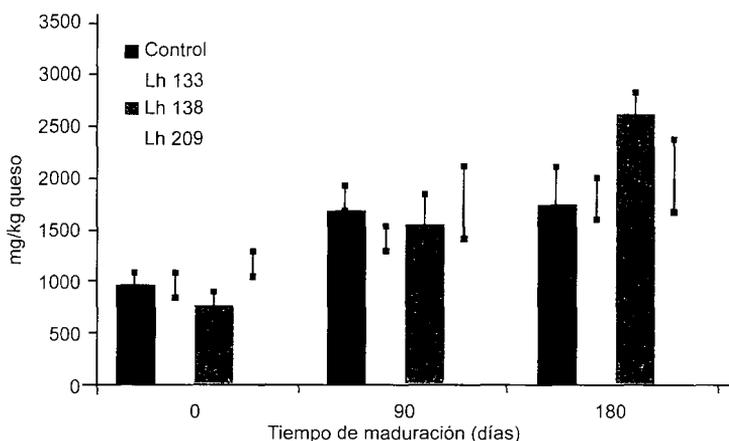
- a. por medio del desarrollo de compuestos volátiles, derivados enzimáticamente a partir de ácidos grasos;
- b. como precursores de compuestos volátiles producidos por reacciones de oxidación, tras el tratamiento térmico.

## **Derivados de acción enzimática**

Este tipo de reacciones se observan en diversos alimentos. En las frutas y hortalizas, a partir de los ácidos grasos que integran la composición del alimento, se forman por acción enzimática varios compuestos que intervienen en el aroma; todos ellos requieren de la descompartimentalización previa de las enzimas, para su desarrollo.

Entre ellos se destacan las lactonas, de C8-C12, que otorgan el aroma característico del coco, y la formación de aldehídos, cetonas y alcoholes de C6, C8 y C9, propios del aroma de hierba fresca, del champignon y del pepino respectivamente.

Este tipo de reacciones tiene también un rol importante en el desarrollo del aroma típico en productos lácteos, fundamentalmente en los quesos. Durante el proceso de maduración de los quesos, se producen innumerables reacciones bioquímicas sobre sus constituyentes que conducen a definir las características típicas de cada variedad; una de estas transformaciones involucra la materia grasa, originándose ácidos grasos libres de C6, C8 y compuestos derivados de ellos, a partir de la acción enzimática de lipasas lácteas o provenientes de microorganismos (Gráfico 1).



**Gráfico 1.** Evolución de los AGL totales durante la elaboración de distintos quesos. *Grasas y aceites*, 59(2), abril-junio 152-159,2008, ISSN:0017-3495

### **Derivados de la oxidación, tras el tratamiento térmico**

Varios de los componentes del flavor deseables de los alimentos cocinados proceden de compuestos generados

a partir de la oxidación de a materia grasa durante la aplicación de tratamientos térmico.

Entre las reacciones que dan origen a estos compuestos se destacan:

- *reacción de Maillard*: se desarrolla en los procedimientos de fritura y asado al reaccionar un grupo carbonilo, proveniente de las grasas con un aminoácido constituyente del alimento;
- *reacciones de oxidación de lípidos provenientes de las carnes*: a partir de estas reacciones se forman diversos compuestos derivados de los ácidos grasos, vinculados al flavor específico de cada tipo de carne. Por ej. el sabor característico "a sudor", en el cordero tras su cocción (ácido 4 metiloctanoico) estrechamente ligado con ácidos grasos de cadena media volátiles y de cadena ramificada con grupos metilo, y el aroma característico en el pescado, proveniente de carbonilos producidos por oxidación de los  $\omega 3$  insaturados.

## TEXTURA

La *textura* es una propiedad sensorial detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído. Los parámetros que la describen relacionados con las grasas son los siguientes:

Parámetros mecánicos:

- terneza / suavidad;
- alveolosidad;
- firmeza;
- crujiente, crocante;
- friabilidad;
- cremosidad;
- volumen.

## Parámetros de composición

- grasoso;
- aceitoso;
- jugoso.

## Textura y funcionalidad de los lípidos

Los lípidos tienen diferentes propiedades funcionales en los alimentos que los incluyen, entre ellas se destacan:

- poder lubricante y efecto estructural;
- capacidad de formar y estabilizar emulsiones;
- capacidad de incorporar aire.

La función que cada uno desempeña depende de su naturaleza química y de sus propiedades físicas.

En relación a la naturaleza química, su funcionalidad varía en función del tipo de ácido graso, de la longitud cadena, del grado de insaturación, de la isomerización, y de la configuración del mismo.

La naturaleza física de la grasa incide también en su funcionalidad, la cual es afectada por: la consistencia, el polimorfismo y el punto de fusión de cada una de ellas.

## Consistencia de las grasas

Las grasas pueden ser sólidas, líquidas o plásticas. Estas últimas están formadas por cristales de grasas suspendidos en aceite. La consistencia depende de varias propiedades entre ellas:

- la proporción entre números cristales / volumen aceite. A mayor contenido de sólidos, más dura es la grasa;
- el tamaño y tipo de cristales.

Para igual contenido de sólidos, la abundancia de cristales pequeños determina mayor dureza de la grasa que unos

pocos cristales grandes, a su vez los cristales formados por ácidos grasos de alto punto de fusión ofrecen mas rigidez que aquellos de punto de fusión más bajo.

- la temperatura, está directamente vinculado al punto de fusión y a la consistencia de la grasa;
- la viscosidad del líquido, gran parte del cambio de la consistencia producida por la temperatura esta producida por la modificación de la viscosidad;
- el trabajo mecánico, son tixotrópicos, se vuelven mas blandos reversiblemente con una vigorosa agitación.

## Polimorfismo

Las cadenas de ácidos grasos cuando se enfrían, se alinean y forman una estructura compacta llamada cristal.

Las formas polimorfas son fases sólidas de la misma composición química que difieren en su estructura cristalina, según como se orienten las moléculas, pero que en la fusión dan fases líquidas idénticas.

Cada forma polimórfica tiene propiedades específicas, con efecto muy marcado en el punto de fusión y en la funcionalidad de la grasa que afecta sus aplicaciones industriales.

El polimorfismo esta asociado con los distintos tipos de empaquetamiento de las cadenas hidrocarbonadas y de los ángulos de inclinación. Se han identificado hasta siete distribuciones de empaquetamiento, entre las que se destacan tres: la primera,  $\alpha$ , se caracterizan por formar empaquetamientos poco densos, y por tener un bajo punto de fusión; la  $\beta$ , por ser cristales mas densos, grandes, toscos y rugosos, con un alto punto de fusión, es la más estable de las tres formas, y la  $\beta'$  tiene características intermedias entre los dos, forman empaquetamientos mas estrechos que los  $\alpha$ , son cristales lisos, pequeños y afilados, con un punto de fusión medio.

El comportamiento polimórfico de las grasas depende fundamentalmente de la composición en ácidos grasos, de la posición que ocupan y de su forma de enfriamiento.

### **Punto de fusión**

Las grasas naturales no tienen punto de fusión neto y definido, sino que presentan un intervalo de temperatura, cuya magnitud depende de la variedad de triglicéridos (TG) que componen la grasa. Un TG simple, tiene un rango de fusión estrecho, una mezcla de TG, tendrá un rango de fusión amplio. Este intervalo de temperatura es una de las variables que requiere ser conocida para la formulación de alimentos. En muchas oportunidades, a través de la mezcla de TG, se busca un rango de fusión específico, según la función que cumple la grasa en el sistema alimentario.

El punto de fusión (PF) refleja la fuerza de atracción entre los ácidos grasos en los cristales: cuanto mayor atracción, mayor será el punto de fusión. Está determinado por la longitud de la cadena: cuanto más corta, menor PF; por el número de dobles enlaces, cuanto más cantidad, disminuye el PF; por el tipo de isomería, disminuye en las formas *cis*; por el tipo de cristales que forman durante su empaquetamiento, siendo menor en los tipo  $\alpha$ .

### **Poder lubricante y efecto estructural**

Las grasas actúan como lubricantes al prevenir la cohesión entre las superficies con reducción de la fricción y contribución a la suavidad y deslizamiento. Este poder lubricante contribuye a la sensación bucal da mayor suavidad al masticar así como una sensación húmeda.

Está básicamente determinado por la fase líquida de la grasa y por el punto de fusión de la misma.

Esta propiedad de las grasas se manifiesta principalmente en las carnes, en las masas, los productos de panificación, confitería y galletería.

En el caso de las carnes, los lípidos se encuentran emulsionados entre las células y constituyen el marmoleado de la carne.

Al cocinar la carne, la grasa se funde y penetra en el tejido magro, lubricando al tejido muscular. A su vez el sabor a grasa, estimula la secreción salival, incrementa la impresión de humedad (suculencia) provocando una sensación de jugosidad mantenida. Este aumento en la jugosidad es percibido como un aumento en la ternura de la carne.

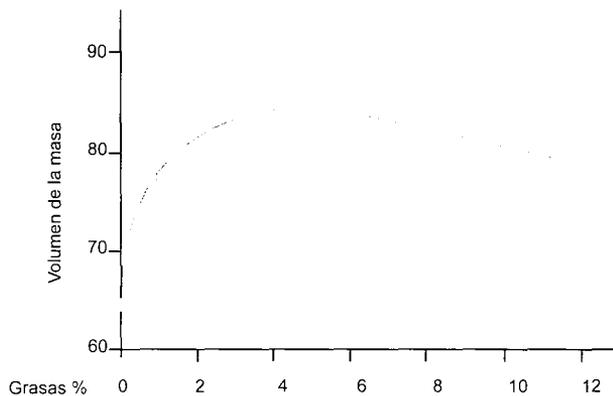
En el caso de las masas, panificados, la fase líquida de una grasa plástica otorga una sensación de mayor suavidad al masticarlo, una sensación bucal húmeda y de lubricación. Evita la cohesión de las cadenas de gluten "acortando" las mismas generando productos horneados tiernos, propiedad conocida como efecto shortening.

Los lípidos impermeabilizan el gluten, limitando su desarrollo, e interactúan con el almidón alterando sus propiedades de hidratación y gelificación.

La porción sólida contribuye fundamentalmente a la estructura de la masa y a su capacidad de retener las burbujas de aire durante el mezclado, siendo determinante en los atributos de textura de cada producto.

*Panes con levadura* (pan de molde, pan de Viena): estos productos se caracterizan por presentar una miga finamente granulosa con celdas de aire adecuadamente distribuidas.

La función de la grasa es otorgar firmeza a la masa en las paredes del pan horneado, suavizarla y darle mayor volumen. La grasa aumenta la expansión inicial del pan dentro del horno, incrementa su volumen a medida que aumenta la grasa hasta aproximadamente un 5% de la base de harina, al continuar aumentando la proporción de grasa el volumen permanece más o menos constante.



**Gráfico 2.** Volumen final de la masa de pan blanco, en función de la cantidad de grasa plástica adicionada. A&G. Tomo XIV. Vol. 3 420-432, 2006.

Los tipos de grasa, que se emplean en estos panes generalmente son: grasa vacuna, shortening y oleo margarina. En oportunidades se utiliza aceite ayudado por la tecnología (por ej. uso de reforzadores) para lograr un buen volumen en el pan.

*Masa de hojaldre con levadura* (media luna, bizcochos). En estos panificados la textura característica es la de una masa suave y foliada. La grasa cumple la función de suavizar, otorgar la estructura en capas y lubricar las bandas de gluten formadas.

Los tipos de grasa que se utilizan como ingrediente, habitualmente en los bizcochos son: grasa y shortening y en las medialunas: manteca y margarinas, para contribuir a su sabor.

*Masa de hojaldre sin levadura.* La textura en este tipo de productos es la de una masa suave al cortarla, que se desintegra en la boca al morderla y no se desmorona.

La función de la grasa es dar suavidad a la masa y otorgar la estructura foliada característica. Esta estructura se atribuye a que al hornear estos productos las bandas

de gluten se levantan, por el vapor de agua generado, formando ampollas.

Estos productos requieren el uso de emulsiones grasas, generalmente se utilizan para su elaboración margarinas con al menos un 17 a 20% de agua, para que permita la generación de vapor para su expansión.

*Producto de galletería.* Estos productos se caracterizan por tener una textura crocante. La grasa tiene una función básicamente de limitar el crecimiento del gluten.

La grasa no constituye en estos productos un ingrediente imprescindible y su uso está fuertemente ligada a la tecnología y condiciones de proceso. La gama de aceites y grasas que se usan en su elaboración es muy variada, entre ellos se encuentran: la oleomargarina, la grasa vacuna refinada, el aceite vegetal hidrogenado, y el aceite de girasol alto oleico.

En conclusión, el uso de grasas en productos horneados, permite, entre otros aspectos, obtener masas de distinta texturas. Afecta la suavidad, el volumen, la estructura de los productos y retarda el envejecimiento de los panes. El tipo de grasa es variado, y muchas veces diseñado específicamente para cada producto.

La tendencia actual es reducir la cantidad de las grasas y seleccionar su calidad de modo de compatibilizar la funcionalidad de las mismas, aplicando tecnología, en el uso de ingredientes y aditivos que sustituyan la función de las grasas.

## **Capacidad de las grasas y aceites de formar emulsiones**

Una *emulsión* es una dispersión termodinámicamente inestable de dos líquidos inmiscibles entre sí, normalmente de naturaleza polar y apolar, en los que uno de ellos forma gotas líquidas y o cristales líquidos de pequeño tamaño (0,1 a 100 micras de diámetro), que se denomina

fase dispersa o interna, dispersos en un líquido, llamado fase dispersante o externa.

Requieren de un tercer componente: un emulsionante que facilite su formación, disminuyendo la tensión interfacial, y que aporte al menos, cierta estabilidad física al sistema.

Según la naturaleza de la fase dispersa se pueden clasificar en emulsiones de:

- aceite en agua ac/ag: por ejemplo mayonesa, aderezos, crema de leche;
- agua en aceite ag/ac: por ejemplo manteca, margarina;
- ag/ac/ag, ac/ag/ac, que resultan generalmente aplicaciones tecnológicas. Por ejemplo helados.

*Fase oleosa de las emulsiones.* La fase oleosa de las emulsiones puede ser:

- de naturaleza orgánica: aceites vegetales;
- químicamente modificadas: grasas hidrogenadas.

Entre sus componentes se destacan los TG, aunque pueden estar presentes otros tales como vitaminas liposolubles, colorantes liposolubles y estanoles.

Las propiedades de la fase oleosa de interés al seleccionarla como ingrediente de emulsiones son:

- las características organolépticas;
- la densidad;
- la viscosidad;
- la tensión superficial;
- la característica apolar;
- la cristalización de lípidos.

En las emulsiones alimentarias, la fase oleosa constituye uno de los puntos de progreso en lo que respecta a

formulaciones innovadoras y existe un interés creciente en la reducción del contenido graso, de grasas trans y la incorporación de ingredientes con propiedades funcionales. Son ejemplos de ello las mayonesas elaboradas con aceite de arroz, las salsas a base de soja con aceite de oliva y las margarinas libres de trans y con fitoestanoles.

## **Emulsionantes**

Las emulsiones al ser termodinámicamente inestable, y presentar dos fases de diferente naturaleza, tienden a separarse y romperse. Requieren de la inclusión de emulsionantes para contrarrestar esta tendencia espontánea de minimizar el área interfacial.

Los emulsionantes cumplen la función de facilitar la formación de la emulsión, disminuyendo la tensión interfacial y de aportar cierta estabilidad física al sistema, más o menos larga dependiendo de su naturaleza, de las características del proceso y las condiciones externas

Los emulsionantes se ubican en la interfase entre las dos sustancias inmiscibles, formando monocapas o multicapas de naturaleza cristalina. Son sustancias anfipáticas de bajo o alto peso molecular. Según su origen se clasifican en:

- naturales, por ejemplo fosfolípidos;
- artificiales, entre los que se encuentran: monoacilglicéridos, obtenidos de grasa y aceites por interesterificación con glicerol, ésteres de sacarosa, ésteres de sorbitano, ésteres de monoacilglicéridos con ácidos orgánicos: acético, cítrico, láctico.

La capacidad de formar emulsiones que tienen las grasas y aceites inciden en la textura de los sistemas alimentarios, determinando la cremosidad, suavidad y homogeneidad de los mismos. Son ejemplos de emulsiones alimentarias la leche y la yema de huevo, en los alimentos naturales, las mayonesas, salsas y aderezos en productos a base a

grasas y las tortas, fiambres, helados en los productos industrializados y/o elaborados.

### **Capacidad de grasas de incorporar aire-cremas**

La fase sólida de la grasa, tiene la capacidad de formar espumas, denominadas cremas.

Las cremas (espuma de grasa) son sistemas coloidales, formados por burbujas de gas rodeadas por una emulsión grasa. La grasa cumple la función de formar espumas en los siguientes sistemas alimentarios: crema de leche, torta de manteca, rellenos de galletas y helados.

*Crema de leche.* Al batir la crema de leche los glóbulos de grasa se liberan parcialmente del emulsificante y se unen entre sí se "agrupan" alrededor del aire incorporado, formando burbujas de aire rodeadas por la lamela de grasa emulsionada en agua.

*Torta de manteca.* Se caracteriza por presentar una textura de grano fino cerrado. La grasa interviene en el volumen final del producto y en la sensación húmeda.

El tipo de grasa utilizado en este producto requiere que sea una grasa plástica con agente emulsificante, para que permita retener el aire al batirla con el azúcar y que las burbujas se dividan en numerosas células de aire, rodeadas por emulsión ac/ag, dando la textura característica, de grano fino y cerrado.

Contribuyen al volumen final del producto, debido a que en el horneado los gases retenidos en la espuma de grasa ( $\text{CO}_2$ , vapor), se expanden. Las variedades de grasa que se emplea en estos productos son: margarinas, shortening, grasa vacuna refinada con adición de emulsificadores (2 a 4% monoglicéridos) y con cristales  $\beta'$ .

*Rellenos, galletas, obleas.* La textura en este tipo de rellenos se caracteriza por ser de consistencia suave, firme

a temperatura ambiente, y que se derrita a la temperatura bucal.

La función de la grasa es la de brindar suavidad al relleno. Para ello se requiere usar grasas plásticas, que retienen el aire al batir con el azúcar, con cristales  $\beta'$  y un rango de plasticidad estrecho.

*Helados.* Los helados son semisólidos o sólidos de textura plástica y suave, que han de mantener hasta el momento del consumo (RBN). Son sistema coloidales complejos formados por una espuma sólida de celdas de aire rodeadas por grasa emulsionada, junto a cristales de hielo, rodeados por un sol (helados de crema o de leche).

La grasa además de formar una emulsión, actúa como *emulsificante*, mejorando la capacidad de batido y textura (mono y diglicéridos y fosfolípidos) y como estabilizante (grasa congelada), permitiendo la formación de un sistema homogéneo y su permanencia. Además la grasa limita crecimiento de cristales de hielo, otorgando suavidad al sistema.

**Otras funciones** que tiene la materia grasa en los productos alimentarios son:

- intervenir en el aspecto, otorgando brillo, por ejemplo en el chocolate y en los recubrimientos en repostería;
- función antiadherente, en la formulación de productos y en el equipo.

# BIBLIOGRAFÍA

- Badui, D., *Química de los Alimentos*, 5ª impresión, México DF, Ed. Longman- México editores, 1997.
- Boatella, J. y Godoy, R., *Química y Bioquímica de los alimentos II*, Barcelona, Ediciones UB, 2004.
- Charley, H., *Tecnología de Alimentos*, 1ª ed., México DF, Limusa, 1987.
- Fenema, O., *Química de los Alimentos*, Zaragoza, Acribia, 1993.
- Hoseney, C., *Principios, Ciencias y Tecnología de los cereales*, Zaragoza, Acribia, 1991.
- Medin, R. y Medin, S., *Introducción, técnica y seguridad*, 2ª ed., Buenos Aires, Ediciones turísticas de Mario Banchik, 2003.
- Muñoz Alfaro, M. del C. y Zapata I., "Avances en la formulación de emulsiones", en *Grasa y aceites*, 58 (1), enero-marzo, 64-73, 2007, ISSN: 0017-3495
- Perotti, M. C.; Bernal, S.; Wolf, V. y Zalazar, C.A., "Perfil de ácidos grasos libres y características sensoriales de quesos reggianito elaborados con diferentes fermentos", en *Grasa y aceites*, 59(2), abril-junio 152-159, 2008, ISSN 0017\_3495
- Pollack, R., *Productos alternativos a las grasa hidrogenadas*, <[www.fanus.com.ar/07-11-23-Productos-alternativos-a-grasa-hidrogenadas.php](http://www.fanus.com.ar/07-11-23-Productos-alternativos-a-grasa-hidrogenadas.php)> Stauffer, C., "Los aceites y las grasas en los productos de madera y confitería"; en *A&G Aceites y grasas*. Stauffer C. N°64. Tomo XIV. Vol 3.420-432. 2006
- Valenzuela, A., Morgado, N., "Las grasas en la nutrición humana: algo de su historia", en *Revista Chilena de Nutrición*. Vol. 32, N°2, Santiago de Chile, agosto de 2005. Ziller, S., *Grasa y aceites alimentarios*, Zaragoza, Acribia, 1996.

# COCCIÓN Y ABSORCIÓN DE ALIMENTOS POR CUERPOS GRASOS

---

Lic. Nut. Graciela Romano  
Prof. Agda. de Alimentos

En los procesos de cocción por cuerpos grasos se destaca la fritura como el más habitual.

La fritura confiere a los alimentos características sensoriales particulares como olor, sabor, color, textura. También preserva a los alimentos ya que la temperatura alcanzada destruye los microorganismos, inactiva enzimas y reduce la actividad de agua superficial.

Se diferencia de otros métodos de cocción por la conjunción de tres fenómenos: la deshidratación, altas temperaturas y absorción de aceite. Utiliza grasa o aceite como medio de transferencia de calor, distinguiéndose dos formas: fritura superficial o por contacto (salteado) que constituye un proceso simple en el que se utiliza una pequeña cantidad de aceite y fritura por inmersión o profunda donde el alimento se sumerge en un baño de aceite o grasa caliente, y es a este proceso al que habitualmente se le denomina fritura.

## PROCESO DE FRITURA

El proceso de fritura involucra cambios físicos, químicos y sensoriales en el alimento.

En la fritura por inmersión se produce, mediante un proceso complejo, transferencia simultánea de calor y masa.

---

Inicialmente la alta temperatura del medio graso produce la ebullición del agua cercana a la superficie del alimento que, convertida en vapor, escapa removiendo la energía térmica desde la superficie del alimento. Esta evaporación previene que la superficie del alimento se deshidrate excesivamente y carbonice.

La mayoría de los atributos deseables de los alimentos fritos son derivados de la formación de una estructura compuesta por: una corteza externa crocante, porosa y aceitosa y un interior húmedo y cocinado, cuyas microestructuras se forman durante el proceso de fritura.

Según investigaciones, el proceso de fritura está compuesto por 4 etapas:

- *calentamiento inicial*: período que dura unos pocos segundos en el cual la temperatura superficial alcanza el punto de ebullición; la transferencia de calor es por convección natural y no ocurre vaporización del agua;
- *evaporación superficial*: se caracteriza por una lenta pérdida de agua, que se corresponde con el comienzo de la formación de la corteza;
- *fase de pérdida*: es el período más largo, la temperatura del centro húmedo aumenta hasta el punto de ebullición, la humedad interna abandona el alimento, la capa de la corteza aumenta en espesor y finalmente la transferencia de vapor hacia la superficie disminuye;
- *punto final del burbujeo*: no hay burbujeo notorio del medio de fritura pues la mayoría del agua del alimento se ha eliminado. Durante esta etapa el alimento incrementa su color tostado.

Los dos grandes fenómenos que se producen durante el proceso de fritura son la transferencia de energía y la transferencia de masa.

En la transferencia de energía, al ser un medio fluido, predomina la convección, siendo por conducción en el interior del alimento.

Parte de la energía transferida a la superficie del alimento es luego transferida dentro del alimento, para cocinar la parte interna, por conducción bajo condiciones inestables. La velocidad de conducción de energía depende de las propiedades térmicas del alimento: conductividad térmica, difusión térmica, calor específico y densidad) estas propiedades están sujetas a cambios durante la fritura.

La masa transferida desde el alimento al aceite incluye diferentes compuestos pero la pérdida de humedad del alimento y la absorción de aceite representan las principales transferencias de masa durante la fritura.

Diversos autores han explicado este proceso:

- La rápida deshidratación superficial causa migración del agua interna del alimento. La evaporación del agua desde la superficie remueve el calor desde el aceite circundante al alimento y previene la deshidratación excesiva y oscurecimiento de la superficie.
- La migración de agua del alimento produce porosidad a través de los cuales el aceite es absorbido por capilaridad como un proceso de reemplazo. La cantidad de aceite absorbida por el alimento se ve afectada por diferentes parámetros a medida que el alimento se fríe, influyen las condiciones de fritura incluyendo tiempo, temperatura y la composición química de la grasa.
- La velocidad de la transferencia de masa es afectada por condiciones de la fritura como el tiempo y la temperatura, siendo el mecanismo de pérdida de humedad un fenómeno de transferencia que tiene lugar debido al gradiente de difusión entre la superficie deshidratada y el centro húmedo del alimento.

- La pérdida de humedad es más rápida a altas temperaturas.
- El contenido de humedad de papas fritas fue menor cuando se freían a altas temperaturas con temperaturas fijas, decreciendo el contenido de humedad con el tiempo.
- La humedad del producto responde inversamente a los cambios positivos de temperatura. El incremento de la temperatura causa mayor evaporación de agua.

## TEMPERATURA DE FRITURA

Las temperaturas de fritura están en el rango de 120 a 200°C, pero las temperaturas más comunes se encuentran en el rango de 170 a 190°C, la mayoría de los autores coinciden en 180°C como temperatura óptima donde se produce el menor contenido de aceite total absorbido.

## CALIDAD DEL ACEITE DE FRITURA

La calidad del aceite contribuye a la calidad del alimento frito.

La grasa de fritura provee un medio efectivo de transferencia de energía desde el medio de cocción al alimento. El uso repetido del aceite a elevadas temperaturas en presencia de humedad y aire causa degradación térmica del aceite (hidrólisis, oxidación y polimerización).

La degradación de un aceite de fritura depende, entre otros aspectos, de su composición en ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados; un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados incrementa las reacciones. Por lo que el contenido de ácidos grasos poliinsaturados se constituye en un buen parámetro en la selección.

Desde el punto de vista nutricional una grasa de fritura debería ser baja en ácidos grasos libres, saturados, trans y alta en cis monoinsaturados, sin embargo las

grasas insaturadas son más factibles de sufrir degradación oxidativa.

Se ha demostrado en diversos estudios, al evaluar diferentes aceites de fritura, el buen comportamiento del aceite de oliva en los procesos de fritura por el alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, menor contenido de ácidos grasos poliinsaturados y propiedades antioxidantes, pero su accesibilidad está limitada por el costo. El aceite de arroz con mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados pero mayor temperatura de punto de humo, que determina mayor estabilidad del aceite durante la fritura, es una opción de menor costo que el de oliva.

### Composición aceites comercializados en plaza

Aceite	Valor Energético (Kcal)	Grasas totales (g)	Ácidos grasos saturados (g)	Ácidos grasos monoinsaturados (g)	Ácidos grasos poliinsaturados (g)
Oliva a	869	92,31	13,08	66,92	13,08
Oliva b	831	92,31	15,38	61,54	15,38
Oliva c	831	92,31	11,54	62,31	17,69
Arroz	823	92,31	19,23	40,00	32,31
Maíz a	840	93,33	14,67	35,33	43,33
Maíz b	831	92,31	13,85	30,77	47,69
Soja a	840	93,33	14,67	20,00	56,67
Soja b	831	92,31	14,62	20,77	56,92
Girasol a	831	92,31	11,54	24,62	56,15
Girasol b	840	93,33	10,00	25,33	58,00
Girasol c	831	92,31	10,00	22,31	60,00

### Punto de humo de diferentes aceites

Aceite	Punto de humo (°C)
Oliva	210
Arroz	260
Soja	210
Girasol	200

## DETERIORO DE LA CALIDAD DEL ACEITE

Estudios realizados por Blumenthal en fritura continua a temperaturas de 180-200°C describen el proceso de degradación del aceite en etapas por las cuales progresa el aceite durante la fritura:

- *Aceite original.* Es un aceite nuevo con bajas concentraciones de surfactantes y alta tensión de la interfase. Hay poco oxígeno en el aceite. En estas condiciones poco aceite se adhiere al exterior del alimento debido al gradiente de vapor que escapa y a las bajas concentraciones de polímeros, resultando en baja absorción de aceite y poca cocción del alimento. Esta etapa se considera como tiempo cero del proceso.
- *Aceite fresco.* Presenta poca formación de burbujas de vapor durante la fritura. El tiempo de contacto entre el alimento y el aceite se incrementa y comienza a colorearse ligeramente en los bordes de la fritura, se encuentra parcialmente cocido en el centro, crujiente la superficie y la absorción de aceite aumenta ligeramente. Es el estadio inicial para el proceso de hidrólisis a punto de partida de los mono y diglicéridos que han comenzado a formarse. Representado en el tiempo correspondería a los primeros cinco minutos del proceso.
- *Aceite óptimo.* Presenta tensión de la interfase moderada que resulta en una buena transferencia de energía, deseable en compuestos volátiles, absorción normal de aceite en el alimento y apropiada cocción, textura, color y olor. Corresponde al período comprendido entre los cinco y quince minutos del proceso.
- *Aceite degradado.* Donde la tensión superficial se reduce y se aprecian grandes y persistentes burbujas. La velocidad de cocción entre la corteza y el centro no es homogénea debido a que hay un incremento de la transferencia de energía en la superficie del alimento para convertir el fluido superficial en vapor con menos calor disponible en el centro del alimento donde por

lo tanto se cocina más lentamente (por conducción). Cuanto más vapor escapa desde el alimento permite que más aceite se absorba. Esto produce un alimento excesivamente grasoso, oscuro, corteza dura (quemado). Flavor y olor indeseables. Después de un tiempo excesivo la humedad disminuye reduciendo la cantidad de burbujas liberadas a la superficie. Los niveles de oxidación e hidrólisis son altos. Estas características evolucionan desde los quince minutos hasta las diez horas del proceso.

- *Aceite descartado.* En que la calidad de la fritura se ve fuertemente afectada y esto determina su descarte. Aparecen sabores y olores desagradables, el punto de humo disminuye notoriamente y se produce a partir de las diez horas de fritura.

Numerosos compuestos se forman durante el proceso de fritura, algunos de ellos se utilizan como indicadores de deterioro o degradación del aceite.

La degradación del aceite es generalmente seguida por un incremento en la polaridad del aceite, por lo que el nivel de compuestos polares es buen indicador de la calidad del aceite. Su contenido ha sido adoptado como parámetro por la legislación de muchos países para monitorear la calidad del aceite. Incluye todos los compuestos nuevos formados, son la suma de aquellos materiales que no son triglicéridos e incluyen a los triglicéridos oxidados, triacilglicéridos polimerizados, diacilglicéridos, ácidos grasos libres, contaminantes alcalinos, esteroides, tocoferoles, mono y diglicéridos, alcoholes, aldehídos, cetonas y otros compuestos solubles en aceite que sean más polares que lo triglicéridos. La formación de compuestos de alto peso molecular (dímeros y polímeros), conduce a un incremento en la viscosidad del aceite. Por lo tanto puede ser considerado como un indicador de deterioro del aceite usado.

Los dímeros y polímeros son responsables, además, de la producción de espuma en el aceite de fritura. Es la clase mayoritaria de productos de degradación del aceite de fritura y se constituyen en excelentes marcadores de la degradación.

El incremento de los ácidos grasos libres que se desarrollan a punto de partida de la hidrólisis y de la oxidación se relacionan con la disminución del punto de humo, cuanto mayor es la cantidad de ácidos grasos libres menor punto de humo en el aceite de fritura, siendo otro de los indicadores del deterioro del aceite.

El nivel de peróxidos, productos inestables que se producen desde las reacciones de oxidación del aceite, se descomponen rápidamente a compuestos secundarios de oxidación. La medida del valor de peróxidos, permite determinar el grado de oxidación de las grasas pero por su inestabilidad solo es útil en tiempos limitados y tempranos.

Las sustancias volátiles que se producen (hidrocarburos, alcoholes, ácidos, aldehídos, cetonas, furanos, ácidos carboxílicos peróxidos, mono y di glicéridos), al ser de menor peso molecular tienden volatilizar; razón por la cual son difíciles de medir.

Se pueden considerar indicadores del deterioro del aceite de fritura:

- compuestos polares totales: 25-27%;
- contenido en polímeros: > 10% o > 16%;
- punto de humo: < 170 ° C.

Existen tests para medir la calidad de los aceites de fritura, no hay un test simple y universal, a continuación se detallan algunos de ellos:

- medición de propiedades físicas:
  - Fri-Check® mide viscosidad, densidad y tensión superficial, se correlacionan con el contenido de componentes polares;

- PCT 120 (polar compound tester). Permite determinar el porcentaje de compuestos polares.
- Pruebas colorimétricas:
  - Oxifrit: determina productos de oxidación;
  - ACM (alkaline contaminant materials) y PCM (polar contaminant materials). Miden materiales contaminantes y compuestos polares.
- Medición de calidad del aceite:
  - LRSM (shortening monitor). Consiste en una tira de papel blanco de 1,0 x 10 cm con cuatro bandas azules. La tira es usada como una prueba de pH, las bandas que cambian de color a amarillo al sumergir la tira son contadas y éstas determinan los ácidos grasos libres acumulados.
  - AV (acid value)-Check. Tira plástica con un indicador que cambia de azul oscuro a un verde oliva ligero. Ésta prueba es usada para determinar el valor ácido.
  - VERY-FRY®. Al aceite caliente y filtrado se le añade un gel. Al fundir el gel produce un color, mientras permanece caliente, el tubo es colocado en un colorímetro pequeño para obtener la lectura.

Aun considerando los diferentes indicadores y tests antedichos los parámetros subjetivos de oscurecimiento, viscosidad, formación de espuma y tendencia a humear siguen siendo los más habituales al decidir el descarte de un aceite de fritura, aunque requieren de habilidad para interpretar los cambios producidos en el aceite y no son suficientes para determinar la calidad.

## ABSORCIÓN DE ACEITE

Uno de los más importantes problemas durante la fritura está relacionado con la absorción de aceite la cual ocurre

durante el proceso pero más trascendente es la que se produce en el enfriado del producto final.

Se distinguen tres zonas de absorción de aceite en el alimento: el aceite estructural que corresponde a la cantidad de aceite absorbido durante la fritura, el aceite absorbido es la cantidad de aceite succionado al interior del alimento durante el enfriamiento posterior a la remoción del alimento de la freidora y el aceite superficial es el que permanece sobre la superficie del alimento. Del total de aceite absorbido, el 2 a 5% corresponden al aceite superficial, el 8 a 20% al aceite absorbido y 70 a 85% al aceite absorbido. Esto significa que la mayor absorción de aceite se produce durante el enfriamiento del alimento.

La absorción tiene su efecto más evidente cuando se forman pequeños poros en la corteza, se ha demostrado que existe una estrecha relación entre la formación de poros en el alimento y la absorción de grasa. Sin embargo la absorción de aceite es un fenómeno complejo para el cual se han descrito varios mecanismos:

- la mayor concentración de aceite tiende a encontrarse en la corteza externa produciéndose por retención física;
- reemplazo del agua: los sitios por donde escapa el vapor de agua se secan y el aceite se adhiere a la superficie penetrando luego hacia el interior del alimento a través de estos sitios;
- la tensión de la interfase: el tipo de superficie y el área superficial expuesta juegan un papel fundamental en la absorción. Inmediatamente iniciado el proceso de fritura, el aceite es absorbido en la superficie del producto lo que indica que las tensiones interfaciales tienden a cero;
- efecto del vacío: el aceite adherido a la superficie del alimento ingresa al interior del alimento al retirarse del medio de cocción, producto del vacío generado por condensación del vapor;

- mecanismo de penetración capilar: se basa en la existencia de una matriz porosa en la cual existe penetración de aceite por capilaridad, produciéndose por la diferencia de presiones a través de la superficie;
- formación de corteza y adsorción preferencial: la corteza tiene cantidad de polímeros oxidados y se ha postulado que estos compuestos se retienen por adsorción física o que su presencia involucra la reacción de múltiples puentes de hidrógeno y enlaces covalentes.

Lo más probable es que durante la fritura operen simultáneamente varios de estos mecanismos.

Factores que afectan la absorción de aceite:

- Temperatura del aceite: hay trabajos que afirman que no se encontró correlación entre la temperatura y la absorción de aceite en rodajas de papas fritas, pero concluyeron que las bajas temperaturas del aceite resultaron en bajo contenido de aceite en etapas tempranas del proceso de fritura, con mayores diferencias entre 145 y 165°C que entre 165 y 185°C. Otros determinaron mayores diferencias en la absorción de aceite entre 130 y 160°C que entre 160 y 190°C. Otros autores encontraron que el contenido de aceite se incrementa con el aumento de la temperatura de fritura.
- Tipo y calidad del aceite: la influencia del tipo y calidad del aceite y los residuos absorbidos por los productos fritos ha sido ampliamente documentada, sin embargo no se ha encontrado ninguna relación entre el tipo de aceite y la absorción de éste. Se ha demostrado que incrementos en la tensión interfacial inicial del aceite disminuyen la absorción de aceite. Mientras que la degradación produce surfactantes que actúan como agentes humectantes, los cuales incrementan la absorción de aceite.

- Algunos pre-tratamientos han demostrado disminuir la absorción de aceite durante la fritura, ejemplos someter las rodajas de papa a secado previo a la fritura, así como también, pos-tratamientos como el secado con aire caliente reducen la absorción de aceite.
- Un incremento en otros factores, como el contenido inicial de sólidos, grosor de las rodajas, fuerza del gel y tiempo de cocción tienen un efecto positivo sobre la absorción de aceite.
- Un descenso en la porosidad inicial reduce la absorción de aceite.
- Área superficial: gran superficie incrementa absorción. Reduciendo el área superficial puede ser el mejor método para disminuir la absorción.
- Efecto de superficie: se ha encontrado una relación lineal entre el área superficial y la cantidad de aceite absorbida.

Porcentajes de absorción: No existen grandes diferencias entre los porcentajes de absorción de aceite reportados. Para papas tipo chips oscilan entre 30 a 40%, carnes empanadas 15 a 20%, papas fritas 14%, doghnuts 15 a 20%.

Los estudios realizados por el Dpto. de Alimentos de la Escuela de Nutrición y Dietética han reportado valores menores que los citados. Promedialmente la absorción de aceite en milanesas y papas fritas oscila entre 10 y 11%, siendo menor el aceite absorbido cuando, en el caso de milanesas, éstas son introducidas en agua en ebullición inmediatamente después de ser retiradas del medio del aceite caliente, reafirmando que la mayor absorción se produce durante el enfriamiento del alimento.

LIPIDOS ASPECTOS  
TECNOLÓGICOS Y  
ABORDAJE NUTRICIONAL  
EN LA SALUD Y EN  
ENFERMEDAD

## CALIDAD NUTRICIONAL

Dos estudios realizados en la Escuela de Nutrición y Dietética sobre la composición de ácidos grasos en milanesas de pescado reportan que la composición en ácidos grasos del aceite crudo y usado mantienen igual calidad nutricional, no modificando, el reuso del aceite de fritura, la composición en ácidos grasos de las milanesas.

El perfil de ácidos grasos (porcentaje de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados) en el aceite tras la cocción fue similar al aceite crudo. Se observó, sin embargo, una disminución del 18:2 respecto al aceite crudo. No se encontraron diferencias de importancia nutricional en el perfil de ácidos grasos de las milanesas durante la cocción.

Estudios sobre las pérdidas y ganancias de macro y micronutrientes en papas fritas, realizados por Fillion en 1985, reportan incrementos de la fibra dietética debido a la formación de almidón resistente, concentraciones de vitamina C similares a la de papa cruda y disminución de algunos ácidos grasos poliinsaturados y vitaminas, sin evidenciarse grandes cambios en las proteínas y minerales. Por su parte, Candela *et al.*, en 1996, encontraron disminución de los ácidos grasos saturados y aumento de los poliinsaturados, especialmente linoleico en pechuga de pollo, costilla y lomo de cerdo.

En general, la fritura con aceites de primer uso no produce grandes modificaciones nutricionales, aumenta el valor calórico del alimento y algunos nutrientes aumentan su concentración debido a la deshidratación del alimento.

Otro aspecto relacionado con la salud es la formación de acrilamida. En el año 2002, la Agencia Sueca de Seguridad Alimentaria y la Universidad de Estocolmo, reportaron altos niveles de acrilamida en alimentos fritos u horneados, no encontrándose dicho compuesto en alimentos sin tratamiento térmico o tratados térmicamente por vía húmeda.

La acrilamida es un contaminante químico que se produce durante el cocinado de alimentos a partir de la reacción de Maillard, estando implicado el aminoácido aspargina como principal aminoácido libre para reaccionar con azúcares reductores. Otros aminoácidos que pueden estar implicados en la producción de acrilamida son: alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, glutamina, metionina, treonina, valina.

La presencia de niveles relativamente altos de acrilamida es genotóxica y carcinogénica en animales (roedores y primates) y esto constituye una preocupación para la salud humana.

FAO-OMS estableció en 2002 que el nivel de no-presencia de efectos adversos (NOAEL) para neuropatía se sitúa en 0,5mg/kg peso/día siendo cuatro veces mayor para cambios en fertilidad.

La ingesta crónica promedio se estima en 1µg/kg peso/día por lo que el margen entre exposición y NOAEL es 500 veces superior.

Investigaciones en el proceso de formación de acrilamida han permitido a la biotecnología producir una enzima, la asparginasa, que reduce hasta 90% los niveles de acrilamida en el alimento al transformar la aspargina en ácido aspártico. Esta enzima ha sido evaluada positivamente por FAO-OMS, Unión Europea y la FDA.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, J. M. y Gloria, H., "Determination of oil in fried potato products by differential scanning calorimetry", en *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 781-785, 1997.
- Baumann, B. y Escher, E., "Mass and heat transfer during deep fat frying of potato slices-I. Rate of drying and oil uptake", en *Lebensm. Wiss. u.-Technol*, 28:395-403, 1995.
- Blumenthal, M. M. y Stier, R. F., "Optimization of deep-fat frying operations", en *Trends in Food Science & Technology*, 2, 144-148, 1991.
- Blumenthal, M. M., "A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying", en *Food Technol.* 45(2): 68-71, 94, 1991.
- Blumenthal, M. M., "Frying technology. In Edible Oil and Fat Products: Products and Application Technology. Pp. 429-481", en Y. H. Hui (ed.), *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 5ª ed., Nueva York, Wiley and Sons Inc., Vol. 3, 1996.
- Bouchon, P., *Modeling oil uptake during frying*. Thesis submitted as a partial fulfillment for the degree for Doctor of Philosophy, University of Reading-School of Food Biosciences, Reading, 2002.
- Buhri, A. B. y Singh, R. P. , "Measurement of food thermal conductivity using differential scanning calorimetry", en *Journal of Food Science*, 58(5):1145-1147, Buhri, A. B. y R. P. Singh, 1994.
- Fenemma, *Química de los Alimentos*, Zaragoza, Acribia, 1993.
- Fernández, E., Elichalt, M., Janson, P., Russo, M., Alonso, *Estudio de la Composición en Ácidos Grasos de Milanesas de Pescado, del Medio de Cocción (en diferentes proporciones)*, Montevideo, ENYD-UDELAR, 1993.
- Gamble, M. H. y Rice, P., "Effect of pre-fry drying of oil uptake and distribution in potato crisp manufacture", en *International Journal of Food Science & Technology*, 22, 535-548, 1987.
- Gamble, M. H.; Rice, P. y Selman, J. D., "Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. Record U.K. tubers", en *International Journal of Food Science and Technology*, 22, 233-241, 1987.

- Godnic, M., *Acrilamida en los alimentos*, <<http://www.nutrinfo.com.ar>>, 2002.
- Institute of Shortening and Edible Oils, *Food Fats and Oils*, 9a edición, <<http://www.iseo.org/foodfats.htm>>, 2006.
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B. y Marinos-Kouris, D., "Effect of osmotic dehydration pretreatment on quality of French fries", en *Journal of Food Engineering*, 49, 339-345, 2001.
- Lawson, H., *Aceites y Grasas Alimentarias*, Zaragoza, Acribia, 1999.
- Mellema, M., "Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods", en *Trends in Food Science and Technology*, 14, 364-373, 2003.
- Moreira, R. G., Castell-Perez, M. E. y Barrufet, M. A., *Deep fat frying: fundamentals and applications*, Aspen Publication, 1999.
- Moreira, R. G.; Sun, X. y Chen, Y., "Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying", en *Journal of Food Engineering*, 31, 485-498, 1997.
- Pinthus, E. J. y Saguy, I. S., "Initial interfacial tension and oil uptake by deep-fat fried foods", en *Journal of Food Science*, 59, 804-807, 823, 1994.
- Pinthus, E. J.; Weinberg, P. y Saguy, I. S., "Oil uptake in deep fat frying as affected by porosity", en *Journal of Food Science*, 60, 767-769, 1995.
- Rossell, J. B., *Frying*, Ed. CRC Press, 2001.
- Saguy, I. S. y Pinthus, E. J., "Oil uptake during deep fat frying: factors and mechanisms", en *Food Technol.* 49(4): 142-145, 152, 1995.
- Saguy, S.; Uheil, G. y Livings, S., "Physical Aspects of the Procedure Oil Uptake in Deep Fat Frying: Review", en *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*. Vol. 5, Nº1, 30-5, 1998
- Tseng, Y. C., Moreira, R. y Sun, X., "Total frying-use time effects on soybean-oil deterioration and on tortilla chip quality", en *International Journal of Food Science and Technology*, 31, 287-294, 1996.
- Ufheil, G. y Escher, F., "Dynamics of oil uptake during deep-fat frying of potato slices", en *Food Sci. and Technol.-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* 29(7): 640-644, 1996.

# SUSTITUTOS DE GRASAS

---

Lic. Nut. María Jesús Reyes  
Prof. Adj. de Alimentos

Las grasas cumplen funciones variadas en las distintas preparaciones en que se encuentran; algunas de ellas se detallan a continuación.

En la pastelería fundamentalmente proporcionan lubricación y suavidad a las masas.

- *Carnes y productos derivados*, proporcionan ternura y jugosidad, opacidad, capacidad de fusión, desarrollo de aromas y sabores.
  - *Aceites de frituras*, si bien no es un ingrediente propiamente dicho es un transmisor de calor, provoca sensación de crujibilidad, y además son absorbidas con un aumento del valor calórico de la preparación.
  - *Emulsiones*, dan cuerpo y consistencia, controlando el flujo como en las mayonesas, proporcionan sensación de untabilidad (paté).
  - *Quesos*, proporcionan consistencia suave, al igual que en otros lácteos enteros.
  - *Helados*, confieren cremosidad, cumplen también funciones asociadas como son:
    - facilitar la masticación y la deglución;
    - proporcionar sensación de saciedad una vez ingeridas;
-

- brindar percepción de aceitosidad en determinadas preparaciones.

Reducir el contenido de grasa de los alimentos y mantener sus características sensoriales inalteradas es todo un desafío y requiere el uso innovador de ingredientes comunes y de otros desarrollados expresamente.

Existen en la naturaleza algunos constituyentes que al ser incorporados a los alimentos no proporcionan calorías; entre ellos encontramos el agua y el aire, ambos pueden ser añadidos a los alimentos para reducir grasa aunque no siempre el producto final es aceptable por lo tanto es necesario incluir otros compuestos.

Básicamente son las propias grasas, los glúcidos y las proteínas los elementos esenciales que se utilizan para desarrollar industrialmente los alimentos con contenido reducido en grasa.

## RAZONES PARA SUSTITUIR GRASAS EN ALIMENTOS

- Disminuir el valor calórico total del producto.
- Disminuir o retirar completamente el componente graso de la dieta para disminuir el contenido de grasas saturadas y / o colesterol.
- Adaptar el producto a regímenes especiales.
- Satisfacer las demandas de consumidores exigentes y/o informados que desean consumir alimentos sin componentes que puedan ser considerados dañinos para la salud.

## LÍNEAS ACTUALES DE SUSTITUCIÓN

- Síntesis de compuestos denominados *miméticos*, son de origen glucídico y proteico e *imitan a las grasas* reemplazándolas, simulando alguna de sus propiedades

(lubricidad y viscosidad), aportando menos calorías, y no alterando en forma sustancial las características del producto final, pero por sus propias características estos ingredientes o aditivos no pueden sustituir totalmente el contenido de grasas en un alimento. Son productos metabolizables y por lo tanto aportan energía entre 0,5 y 4 Kcal/g.

- Empleo de compuestos con estructura semejante a la de las grasas pero con el enlace éster modificado lo que los hace de baja digestibilidad (menor absorción por lo tanto menor aporte energético). Genéricamente denominados *sustitutos de grasas*.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUSTITUTOS DE GRASAS

- Tener analogía funcional con las grasas que reemplazan (controlando el flujo en alimentos con elevada viscosidad, siendo barrera física a la penetración de aceites durante una fritura).
- No ser tóxicos.
- No ser metabolizados por el organismo o producir metabolitos diferentes.
- Ser excretados por el organismo.
- No aportar calorías o aportar menos cantidad.

## SUSTITUTOS DE NATURALEZA PROTEICA (IMITADORES O MIMÉTICOS)

### PROTEINAS MICROPARTICULADAS

El proceso industrial a que son sometidas permite que simulen muy bien las características sensoriales de las grasas; industrialmente y a partir de proteínas lácteas o de clara de huevo se produce la generación de un producto

conformado por partículas de proteínas hidratadas, de forma esferoidal, de tamaño uniforme y pequeño que son percibidas en la lengua como un fluido cremoso lo que las hace óptimo sustitutos de las grasas.

Desde el punto de vista nutricional el proceso tecnológico no las afecta, por lo que su valor biológico continúa siendo excelente; proporcionan entre 1 y 2 Kcal/g debido a su grado de hidratación, esta estructura hidratada también es la responsable de que no resistan temperaturas de fritura; sí de pasterización.

Se adicionan en proporciones del 1 al 30%.

Se emplean en yogures, helados, quesos cremosos, mayonesas y margarinas fundamentalmente.

Simplese®: de NutraSweet Co., de los EEUU, es el nombre comercial de un producto de estas características.

## PROTEÍNAS EN "SOLUCIÓN" (SUSPENSIÓN COLOIDAL)

También proporcionan cuerpo y lubricación a los productos en que se agregan; son básicamente concentrados de proteínas de suero de leche; proporcionan 4 Kcal. /g. y en realidad cuando hablamos de "solución" tenemos que recordar que este concentrado de proteínas se encuentra verdaderamente formando una suspensión coloidal, suspensión que para ser mantenida en el tiempo requiere de la presencia de agentes de textura en el producto final y por supuesto estabilizantes del sistema alimentario.

La calidad nutricional de este tipo de productos se mantiene intacta.

Se emplea en bebidas, golosinas, comidas preparadas y productos de panadería fundamentalmente.

Dayri – Lo® es la marca comercial de un producto con estas característica (proteína de suero de leche producida por la empresa láctea Parmalat.

A escala mundial son producidos sustitutos con estas características empleando proteínas de clara de huevo, soja y maíz además de suero de leche; productos en los que se combina además hidrocoloides como agentes de textura.

## GELATINA

Otra de las proteínas empleadas como sustituto de grasas de origen animal y bajo valor biológico, proporciona 4 Kcal/g y es estable a elevadas temperaturas; es un producto de bajo costo de obtención.

Se emplea en margarinas, yogures, salsas y mayonesas entre otros alimentos.

## SUSTITUTOS DE NATURALEZA LIPÍDICA

### MONO Y DIGLICÉRIDOS

Actúan como emulsionantes de los sistemas alimentarios; recordemos que los emulsionantes hacen posible la formación o el mantenimiento de una mezcla uniforme de dos o más sustancias inmiscibles en un alimento.

Son empleados para lograr estabilidad en emulsiones como ser helados, mayonesas, salsas, embutidos, grasas y cremas para repostería; actúan además como agentes de unión entre proteínas y almidón y tienen capacidad de hidratación por ello su uso permite aumentar la cantidad de agua agregada a algunos productos como forma de disminuir el aporte calórico total.

Deben ser adicionados en baja concentración y proporcionan alrededor de 5 Kcal/g.

### TRIGLICÉRIDOS DE CADENA MEDIA

Son los que poseen entre 6 y 12 carbonos

Tienen menor punto de fusión que los de cadena larga, son líquidos a temperatura ambiente y tienen menor equivalente energético que los de cadena más larga, son rápidamente hidrolizados y proporcionan entre 5 y 8 Kcal/g.

Son relativamente miscibles en agua; esto hace que su incorporación a los sistemas alimentarios también permita aumentar la cantidad que se adiciona de agua. Se obtienen de diferente forma como ser el fraccionamiento o la interesterificación controlada de la glicerina con aceites de coco y palma que proporcionan ácido caprílico y cáprico.

Su absorción es directa por vena porta, no requiere de enzima pancreática y debe tenerse cuidado en las cantidades que se emplean en los productos pues se han reportado trastornos a nivel intestinal por un consumo poco cuidadoso.

Se emplean en fórmulas de nutrición para niños prematuros y en productos líquidos para deportistas.

## LÍPIDOS ESTRUCTURADOS

Son triglicéridos que contienen mezclas de ácidos grasos de cadena corta, media y larga unidos a la molécula de glicerol para lograr una función específica.

El proceso tecnológico se denomina interesterificación (que es el reordenamiento o redistribución de los ácidos grasos en el esqueleto de glicerol de la molécula).

Son moléculas "hechas a medida" formuladas para cumplir una función específica ya sea nutricional o tecnológica.

Su aporte energético oscila entre 5 y 8 Kcal/g.

Su aplicación es variada; fórmulas de nutrición parenteral y enteral, ya que permite decidir el destino metabólico de los ácidos grasos dependiendo del tamaño de la cadena y la posición, por lo tanto se logran beneficios nutricionales en paciente con requerimientos específicos, en fórmulas

para lactantes pues se desarrolla en la actualidad un triglicérido obtenido mediante procedimientos enzimáticos con una estructura similar a la del triglicérido mayoritario de la leche materna humana, fabricación de grasas de repostería para ser usadas en productos específicos que requieran una plasticidad determinada, símil chocolates, margarinas aligeradas.

Existe en el mercado internacional un producto cuya denominación es Salatrim® (con categoría GRAS de la FDA desde 1994), este término es en inglés y se corresponde en español con las iniciales de Molécula de Ácido Graso de Cadena Corta y Ácido Graso de Cadena Larga); Es una grasa estructurada obtenida por interesterificación no enzimática de aceites hidrogenados de soja o canola; y aporta únicamente 5 Kcal/g.

## PSEUDOGRASAS

Obtenidas teniendo en cuenta las propiedades físico-químicas de las grasas; los procesos para desarrollar estas "grasas de síntesis" como también se las denomina permiten que no sean reconocidos por las lipasas intestinales; esto impide su absorción y por lo tanto su aporte de energía es nulo.

Ejemplo de este tipo de productos es un poliéster (obtenido por interesterificación a partir de aceite de soja y algodón) de ácidos grasos de cadena larga con sacarosa, ésta se encuentra en el centro de una estructura y está unida a 6 u 8 moléculas de AGCL; como la estructura es compacta pues la sacarosa está rodeada de muchas moléculas de AG las enzimas digestivas no llegan a modificar esa estructura por lo que es excretada tal cual fue ingerida.

Olestra® y Olean® (de la empresa Procter & Gamble de los EEUU) son los nombres comerciales del producto. Prolestra®, es otro producto en que además se incorpora una proteína en la estructura.

Olestra se emplea en productos para copetín, snacks salados y picantes, ingredientes de relleno, aromatizantes; resiste temperaturas elevadas y en los productos industrializados que lo contienen es necesario incorporarle vitaminas liposolubles pues recordemos que el organismo es incapaz de reconocer esta "grasa" y durante su excreción también se eliminan las vitaminas liposolubles.

## SUSTITUTOS DE NATURALEZA GLUCÍDICA (IMITADORES O MIMÉTICOS)

Este tipo de sustitutos funciona de diferentes maneras para simular la textura y sensación de la grasa además de retener la humedad.

Estos reductores de grasas incluyen ingredientes tales como la celulosa, gomas, fibra, dextrinas, almidones modificados etc.

El grupo de mayor interés entre los productos naturales es el de los:

## HIDROCOLOIDES

Estos son aditivos; es decir constituyentes que se adicionan a los alimentos para mejorar la apariencia o la conservación de los alimentos sin incidir en su valor nutritivo.

Son denominados también biopolímeros o gomas, su aplicación se fundamenta en dos de sus características más importantes: la capacidad de alterar las propiedades de flujo del agua inmovilizándola y la posibilidad de formar geles.

Tienen incidencia directa en la percepción sensorial; su funcionalidad es tal que pueden actuar como espesantes, gelificantes, suavizantes, agentes de relleno, estabilizantes de emulsiones, formar complejos con las proteínas, retener agua, mejorar la incorporación de aire en helados, controlar el punto de fusión en ellos, no ser afectados por

impactos térmicos, controlar sinéresis en quesos, permitir la suspensión de partículas en salsas y jugos y aportar volumen.

Proporcionan entre 0 y 4 Kcal/g.

Las particularidades de su estructura es lo que permite tal versatilidad de funciones; son macromoléculas que se disuelven o dispersan en agua para producir un aumento muy grande de la viscosidad o un efecto gelificante.

Son polisacáridos; azúcares y derivados, glucosa, manosa, galactosa, moléculas hidroxiladas con alta capacidad de relacionamiento con el agua (puentes de hidrógeno, Van der Waals) son moléculas ramificadas cortas simples o múltiples, con cadenas laterales protectoras, con capacidad para interactuar con moléculas de otras sustancias y con el agua.

Su estructura espacial puede ser rígida y es altamente hidrodinámica cuando es muy ramificada; a mayor peso molecular mas afinidad por el agua, a más ramificaciones mayor capacidad de retener agua, cuando las ramificaciones son cortas la solubilidad es baja, la velocidad de hidratación es variable dependiendo del tipo de molécula.

Carragenina: es un hidrocoloide muy empleado por la industria de alimentos. Se extrae de algas rojas; también conocido como Musgo Irlandés, fue usado para espesar leche en una zona de Irlanda hace mas de 600 años.

Son polímeros sulfatados de unidades de galactosa unidos alternativamente; según el grado de sulfatación y la posición de los carbonos sustituidos por los ésteres sulfatos se distinguen tres tipos: kappa, iota (ambos gelifican) y lambda (no gelifica) actúa como espesante, es de destacar que es la fracción que posee mayor número de ésteres sulfato en sus cadenas. Son compuestos muy reactivos con la leche, y forman una red o tejido con la caseína.

Las carrageninas comerciales son mezcla en diferente proporción de las tres fracciones.

Se emplean en recubrimientos para tortas y postres pues los geles son firmes, transparentes y cohesivos, en productos cárnicos como salchichas y fiambres de pollo pues retienen humedad, mejorando el corte ya que al incorporarse al líquido presente se hidratan durante la cocción del producto y gelifican al enfriarse; actúan como lubricantes ya que estos productos no contienen grasa en cantidades significativas y actúan como estabilizantes de la emulsión agua o grasa; se emplean en productos lácteos como leches evaporadas, batidos, quesos untables, helados, leches con cacao, polvos para preparar flanes.

## ALMIDONES MODIFICADOS

Son empleados también como sustitutos de grasas así como dextrinas y maltodextrinas, los mismos absorben el agua para espesar y formar geles que simulan la textura y la sensación de la grasa, proporciona 4 Kcal/g.

Para modificar almidones se emplean métodos químicos, físicos y enzimáticos; obteniéndose almidones hidroxipropilados, entrecruzados y acetilados. Generalmente muestran mayor estabilidad, menor tendencia a la retrogradación y mejoran la estabilidad de los sistemas alimentarios durante la congelación-descongelación de los productos.

Las modificaciones producidas en la estructura de los almidones permiten adecuar las propiedades a la finalidad tecnológica que se requiera.

El almidón modificado más simple es el *pregelatinizado*, la gelatinización previa permite obtener almidones que no requieren un posterior calentamiento para adquirir sus propiedades espesantes. Se emplea en polvos instantáneos para preparar postres lácteos.

Otro proceso de modificación es la *hidrólisis*; en ella se acortan algunas cadenas del polisacárido obteniendo un producto que en caliente presenta poca viscosidad aumentando la misma cuando el alimento se enfría.

La *hidrólisis* en los almidones disminuye la temperatura de gelatinización y la viscosidad obteniéndose productos fluidos y transparentes.

En el proceso denominado *entrecruzamiento* se forman puentes con otros constituyentes y se forman geles mucho más viscosos a mayor temperatura que el almidón normal; los mismos se comportan muy bien en medio ácido y resisten elevadas temperaturas.

Otra modificación posible es la *formación de ésteres o éteres de almidón*; estos derivados son muy útiles para elaborar alimentos que deban ser congelados o enlatados, formando además geles más transparentes.

Se emplean como espesantes-gelificantes en flanes, puddings, sopas; para lograr mayor retención de agua en productos cárnicos magros; como recubrimiento en productos de confitería y pastelería, pueden además ser utilizados en la fabricación de helados, conservas y salsas y en la elaboración de yogures y otros lácteos.

## OTROS

Polialcoholes que son empleados como agentes de relleno.

Carboximetilcelulosa o CMC que actúa como barrera a la absorción de aceite por lo que se emplea para cubrir el alimento con ella.

Maltodextrinas obtenidas a partir de almidón de cereales o féculas de tubérculos como papa o mandioca.

Industrialmente existen productos comerciales que han sido desarrollados a partir de estos constituyentes, es así que existen en el mercado internacional productos que iremos mencionando:

Polidextrosa; producido a partir de la polimerización de glucosa, sorbitol y ácido cítrico, de baja absorción por el organismo, proporciona 1 Kcal/g no es cariogénica, no es de sabor dulce y es empleado en productos como

golosinas, postres, budines, tortas, gelatinas, dulces, salsas, mayonesas; actúa como un agente de "relleno" que reemplaza el volumen que se pierde cuando se retira la grasa de un alimento.

Maltrim M-040® es una maltodextrina obtenida a partir de almidón que estructuralmente consiste en un oligosacárido que posee sabor suave proporciona una textura similar a una margarina. Se la emplea para reemplazar parcialmente el componente graso de helados, pasteles, y postres fríos. Es soluble en agua caliente y aporta 4 Kcal/g.

N-Oíl® es un producto de National Starch and Chemical Co., USA, y posee la clasificación GRAS de la FDA; es una dextrina obtenida de la tapioca y puede reemplazar parcialmente el componente graso de un producto; aporta 1 Kcal/g. Es una molécula hidratada e inestable a temperaturas de fritura.

Paselli SA-2® es un producto de National Starch and Chemical Co., de los EEUU, y tiene categoría GRAS del FDA. Es preparado a partir de almidón de papa modificado enzimáticamente. Reemplaza parcialmente a la grasa en productos de pastelería y panificados, forma un gel termoestable que presenta la textura de la grasa vegetal hidrogenada, proporciona 3,8 Kcal/g.

NFLATE® es un producto de National Starch and Chemical formado por almidón modificado, goma guar, leche descremada en polvo y emulsificantes; se emplea como sustituto del elemento graso en tortas y bizcochos.

En nuestro país actualmente está aumentando la oferta de productos que se emplean como sustitutos de grasas; dicha oferta está exclusivamente dirigida a la industria de alimentos.

Los servicios de alimentación que se plantean modificar preparaciones para destinarlas a situaciones específicas o patologías determinadas y necesiten disminuir el valor calórico de la mismas así como su contenido graso deben elaborarlas disminuyendo directamente el componente

graso o sustituyéndolo por aceites vegetales hidrogenados. De esta forma se mejora la calidad de los lípidos contenidos en la preparación, pero no se incide sustancialmente en la disminución del valor calórico total, ya que al retirar el componente graso de un producto, los aspectos sensoriales como son la textura, el sabor y el olor se deterioran sensiblemente, disminuyendo entonces la calidad del alimento. Sería por tanto de sumo interés que los sustitutos de grasas pudieran emplearse en las áreas de producción de alimentos no industrial.

# ORIGEN Y OBTENCIÓN DE SUSTITUTOS DE GRASAS

---

Q. F. Ana Ma. Montesano  
Asistente de Alimentos

Las grasas se componen de los mismos tres elementos que los carbohidratos: carbono, hidrógeno y oxígeno. Sin embargo, tienen relativamente más carbono e hidrógeno y menos oxígeno, lo que explica el mayor valor combustible: 9 kcal/g.

Las grasas constituyen un ingrediente importante en los alimentos por sus propiedades funcionales. En muchas recetas *mejoran el sabor, el aroma y la textura*, características esenciales que se buscan y se disfrutan. Debido a que se digieren más lentamente que las proteínas o los carbohidratos también juegan un papel importante en la saciedad, ya que *proporcionan una sensación de plenitud después de comer*.

*Un sustituto ideal de grasas debe cumplir las funciones deseables pero contribuir con un aporte calórico menor, sin grasas saturadas ni colesterol.*

En otros casos además se busca imitar una grasa ya sea de costo elevado o de difícil acceso.

Cada tipo de ingrediente sustituto de grasas proporciona algunas o todas las funciones de la grasa original y será apto para un determinado tipo de alimento; por ejemplo, algunos no son estables frente al calor y así el tipo de sustituto que se utilice en un condimento para ensalada no puede utilizarse en una mezcla para preparar masas horneadas.

---

## SUSTITUTOS DE ORIGEN GLUCÍDICO

Estos sustitutos corresponden a la categoría de biopolímeros, que son macromoléculas sintetizadas mediante algún proceso biológico. En términos generales en la industria alimentaria se les incluye dentro de la categoría de los hidrocoloides o gomas cuyas aplicaciones se fundamentan en dos de sus características más importantes: la capacidad de alterar las propiedades de flujo del agua y la posibilidad de formar geles.

Se pueden obtener de varias fuentes naturales y a su vez pueden modificarse para mejorar o cambiar sus propiedades funcionales.

### NATURALES

- exudados de plantas (arábica, tragacanto, karaya, ghatti);
- extractos de algas marinas (agar, alginatos, carrageninas, furcellaranas);
- semillas (guar, tragacanto, Psyllium, tamarindo);
- cereales (almidones) y tubérculos (féculas);
- extractos de plantas (pectina, arabinogalactana);
- origen microbiano (dextrana, xantana).

### SEMISINTÉTICAS

- celulosas modificadas (CMC-carboximetilcelulosa, MC-metilcelulosa);
- almidones modificados (hidrolizados, entrecruzados, éteres, ésteres);
- pectinas de bajo metoxilo;
- alginato de propilenglicol;
- polidextrosa.

Los métodos de obtención pueden requerir:

- ajuste de medio (acidez, fuerza iónica);
- solubilización a distintas temperaturas durante distintos tiempos;
- precipitación en presencia de sales;
- formación de complejos.

Por ejemplo, el agar se recupera a partir de la solución filtrada que por congelación produce una separación de fases; la furcellarana se precipita en presencia de cloruro potásico, los alginatos son separados por procedimientos basados en su solubilidad, según su estado iónico y su poder complejante con el calcio.

Las gomas obtenidas mediante procesos microbianos tienen ventajas respecto de las que se extraen de fuentes naturales como las algas o plantas:

- su producción no depende de las condiciones climáticas, contaminación marina o fallas en la cosecha;
- los productos son menos susceptibles a la variabilidad en su calidad y su producción puede ser controlada cuidadosamente;
- a nivel microbiano se dispone de técnicas genéticas que eventualmente permitirán sintetizar gomas que presenten características reológicas "sobre pedido", lo cual es todavía lejano con las especies vegetales.

Las gomas microbianas tienen como principal desventaja su elevado costo. Algunas, especialmente la xantana, han logrado la captación de un mercado importante y ya se empieza a considerar como un commodity para variadas aplicaciones.

La povidexrosa merece una mención aparte en función de la relevancia que ha cobrado en los últimos tiempos. Es un polisacárido sintetizado por la polimerización al azar de glucosa, bajas cantidades de sorbitol y de ácido cítrico ligado. El proceso de síntesis se realiza en condiciones

de alta temperatura y vacío parcial. Se obtiene un polvo blanco soluble en agua.

Resiste la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas. No se absorbe en el intestino, sino que es fermentada en el intestino grueso por la flora bacteriana natural, con formación de anhídrido carbónico y ácidos grasos de cadena corta, entre otros. Es considerada como fibra dietaria soluble, y el 75% se excreta en las heces.

Es agente de masa, espesante, estabilizante y agente de firmeza. Aporta textura y palatabilidad, por lo que puede ser usado como sustituto de azúcar y de grasas. No tiene sabor dulce marcado por lo que puede ser usado en preparaciones finalmente dulces o saladas. Para preparaciones dulces se lo puede asociar con edulcorantes intensivos como el acesulfame-K o polialcoholes como el lactilol o sorbitol. La polidextrosa también puede combinarse con endulzantes tradicionales como sacarosa o fructosa.

Es crioprotectora y puede mejorar la resistencia a ciclos de congelamiento/descongelamiento de las masas para panificación, lo cual la hace apta para su inclusión en fórmulas de panes y bizcochos que llegan al consumidor congeladas listas para su cocción.

Existe por lo tanto, una amplia variedad de derivados de origen glucídico disponibles y cada uno se adaptará para determinadas aplicaciones.

Al utilizarlos como sustitutos de grasas proveen una adecuada modificación en la textura del producto y considerando la absorción de agua pueden aumentar el bolo alimenticio de modo que contribuyen a la saciedad.

La metabolización por el organismo humano depende del hidrocoloide considerado: algunos son totalmente metabolizados mientras que otros lo son parcialmente o nada. Aún en el caso de que sean totalmente metabolizados, dado el origen glucídico, el aporte calórico es menor que el de las grasas.

Para los fabricantes de alimentos resulta atractivo sustituir materias primas más caras como la carne por hidrocoloides de menor costo.

La aceptación por el consumidor es positiva ya que estos sustitutos se encuentran en un creciente número de productos alimenticios cada año.

## SUSTITUTOS DE ORIGEN PROTEICO

En el mercado se pueden encontrar: proteínas microparticuladas, concentrado de proteínas de suero lácteo, proteínas de otros orígenes, siendo particularmente interesante la mención de las primeras.

### PROTEÍNAS MICROPARTICULADAS

Microparticulated Protein Product (MPP) de la clara de huevo o los lácteos. Son productos compuestos a partir de la leche y/o proteínas de clara de huevo, con agua, azúcar, pectina y ácido cítrico; han sido reconocidos como sustancias GRAS por la FDA.

En la obtención de la microparticulación la proteína es calentada y mezclada, reduciéndola a pequeñas formaciones esferoidales hidratadas que corresponden a partículas de un diámetro entre 0,1 y 3 micrones. El proceso de microparticulación hace que las proteínas adquieran una forma microscópica tal que puedan girar fácilmente unas sobre otras, esto hace que le de una mejor sensación en el paladar que los sustitutos a base de hidratos de carbono, una sensación cremosa, fluida y no son percibidas por la lengua como partículas.

Son digeridas y absorbidas como proteínas, pero su valor energético está reducido: su estructura globular atrapa agua y tiene un valor calórico de entre 1,3 a 4 Kcal/g (menor valor calórico cuanto más agua hayan atrapado en el proceso de microparticulación).

Pueden soportar temperaturas pero no tanto como para ser utilizadas en frituras u horneados lo cual resulta un inconveniente. Las temperaturas extremas hacen que las proteínas coagulen, se desnaturalicen, pierdan su funcionalidad y su textura cremosa. En algunas fórmulas recientes han mejorado su estabilidad al calor.

En personas sensibilizadas es capaz de producir reacciones alérgicas. Los niños que son alérgicos a las proteínas del huevo o la leche deben evitar estas proteínas microparticuladas. Además, el uso como sustitutos de grasa supone un aumento del aporte de proteínas, aunque este aporte sea modesto, debe ser considerado en el caso de tratarse de niños con procesos renales.

Las proteínas microparticuladas son utilizadas en la preparación de postres congelados, helados, margarinas, cremas ácidas, queso y preparaciones para sazonar las ensaladas.

## GELATINA

Puede catalogarse como una goma de origen animal. Es una proteína que se extrae de los huesos y piel de los animales. Forma geles suaves y cohesivos.

Existe en el mercado una gran demanda de productos alternativos a ésta que presenten características similares. En este sentido algunos tipos de carrageninas (como la kappa o iota) son capaces de proveer las mismas propiedades sensoriales que la gelatina.

Las razones que llevan a la sustitución de gelatina por carragenina pueden ser: salud, hábitos alimentarios vegetarianos, cuestiones religiosas y costos.

## SUSTITUTOS DE ORIGEN LIPÍDICO

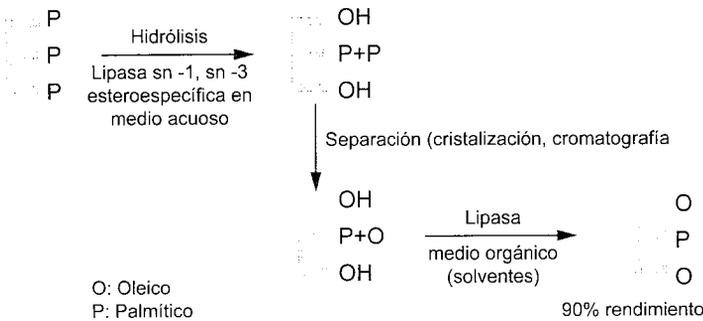
Las grasas de los alimentos se componen principalmente de triacilglicéridos (comúnmente llamados triglicéridos),

es decir, ésteres de ácidos grasos y glicerol. Sus propiedades físicas, digestión y metabolismo dependen de su *composición* en ácidos grasos y de su *posición* en el glicerol. Como la lipasa pancreática hidroliza de forma específica los ácidos grasos situados en las posiciones 1 y 3 de los triglicéridos, las grasas son absorbidas en forma de 2-monoglicéridos y ácidos grasos libres.

Para obtener grasas con propiedades específicas, a menudo es necesario modificarlas. La interesterificación es una técnica utilizada en la industria alimentaria para modificar grasas, siendo de particular interés, la catalizada por lipasas.

La interesterificación es un procedimiento catalizado por enzimas que implica la rotura de los enlaces éster existentes y la formación de nuevos enlaces éster. Se pueden obtener *lípidos estructurados* con determinados ácidos grasos en posiciones específicas.

#### Procedimiento enzimático para obtener lípidos estructurados



Las ventajas de la interesterificación catalizada por lipasas son: producir triglicéridos con determinados ácidos grasos en posiciones específicas; conducir la reacción a temperaturas más bajas, con lo que se reduce el consumo energético (costos); producto final de mejor calidad; menor sensibilidad a la humedad y otros contaminantes que tendría en el caso de interesterificación química.

Las lipasas se obtienen de frutas consideradas exóticas en el mercado internacional como el babaco y la papaya y, preferentemente, de microorganismos. Aunque existen lipasas cuya acción es aleatoria las preferidas son aquellas de acción específica sobre determinadas posiciones de los triglicéridos, en concreto las lipasas específicas para las posiciones 1 y 3 son las de mayor interés para su aplicación en la producción industrial de lípidos estructurados con propiedades funcionales o fisiológicas especiales. Estas lipasas son proteínas y por lo tanto pueden ser desnaturalizadas a temperaturas superiores a los 40°C, particularmente en medio acuoso. Se pueden usar enzimas inmovilizadas que son más termoestables.

La materia grasa del chocolate contiene un 35% de ácido oleico, un 35% de ácido esteárico, un 25% de ácido palmítico y un 5% formado por diversos ácidos grasos de cadena corta. La estructura de los triacilglicéridos que componen la materia grasa del chocolate, se caracteriza por tener un punto de fusión en el rango 27-32°C, y es esta la característica sensorial más interesante del chocolate, ya que una barra de este producto se funde con relativa rapidez en el paladar humano formando, sin originar grumos, una masa cremosa de textura y sabor muy agradable. Los «chocolates» de bajo costo confeccionados con manteca de cacao «sintética», o manteca industrial, no tienen esta característica, ya que la mayoría no funden a la temperatura corporal, de ahí el sabor desagradable y grasoso que producen en el paladar. Uno de los ejemplos más conocidos de interesterificación enzimática es la utilización de lipasas inmovilizadas para la producción de grasas que se asemejan a la manteca de cacao y presentan características físicas (punto de fusión y consistencia) que se requieren para la elaboración del chocolate y los productos de confitería. La manteca de cacao no solo es una de las grasas más caras del mercado sino que el precio está sujeto a grandes oscilaciones.

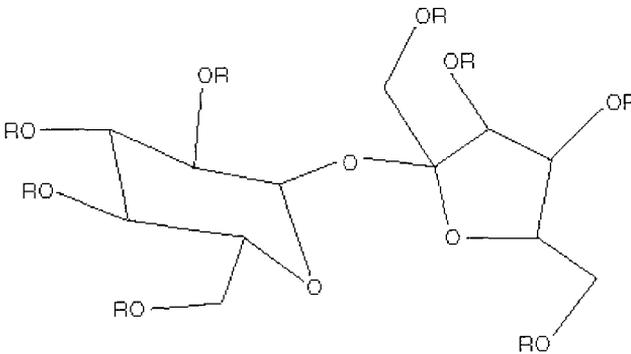
Existe una marca registrada, Betapol, de grasa estructurada diseñada para imitar a la grasa de la leche humana. En este producto, al igual que en la grasa láctea humana,

una gran parte del ácido graso saturado predominante, el ácido palmítico, se encuentra esterificada en la posición 2 del triglicérido.

Ambos productos poseen propiedades muy cercanas a las de los productos naturales y son muy utilizados en la elaboración de chocolates y en la industria de alimentos infantiles, respectivamente.

Se está investigando la utilización de triglicéridos estructurados en situaciones clínicas específicas. En estos estudios se han usado triglicéridos estructurados con ácidos grasos esenciales como los ácidos linoleico, eicosapentaenoico o docosahexaenoico en la posición 2 y ácidos grasos de cadena media (C8:0 y C10:0) en las posiciones 1 y 3. Los ácidos grasos de cadena media son el sustrato preferido para la producción de energía, mientras que el 2-monoglicérido sirve de molde para la síntesis de lípidos funcionales.

*Olestra*<sup>™</sup> es un sustituto de la grasa con base lipídica. Es un poliéster de la sacarosa que comparte las propiedades físicas de las grasas, pero no es absorbido en el intestino y por esto no aporta ni calorías ni grasa.



Molécula de Olean. Aquí se puede apreciar su estructura química, en la que se aprecia el núcleo muy semejante a la molécula de sacarosa.

*R = Ácidos grasos de cadena larga provenientes de grasas comestibles como aceite de soja o de algodón*

En la molécula de Olestra los ácidos grasos que se unen al núcleo de sacarosa provienen de diversos aceites vegetales: aceite de maíz, coco, palma, soja y de algodón. La complejidad de la molécula dificulta el ataque por las enzimas digestivas.

Otra ventaja de Olestra™ es que puede utilizarse para realizar frituras, una cualidad de la que casi todos los demás sustitutos de la grasa carecen.

A pesar de lo prometedor que parece, tiene algunas desventajas. Olestra™, al ser insoluble en un medio acuoso, tiende a formar una suspensión en el tracto digestivo, conformando un medio no polar, en el que se solubilizan otras sustancias no polares. La afinidad de las vitaminas liposolubles como la A, D, K, E y carotenoides, por este medio no polar, es grande y tienden a solubilizarse, por lo que, cuando se consumen productos que contienen Olestra™, junto con comidas ricas en estos nutrientes, su absorción se ve reducida. Procter & Gamble (los creadores de Olestra™), realizaron estudios en los cuales notaron que añadiendo cantidades extras de estas vitaminas liposolubles a los productos que contenían Olestra™, no se reducía la absorción. Olestra™ también puede causar calambres abdominales y deposiciones diarreicas. Procter & Gamble presentaron mas de 150 estudios que realizaron sobre la inocuidad de Olestra™. La FDA aprobó el uso de Olestra™ en 1996 para su uso en papas fritas, y otros snacks; y además este organismo se encarga de regular las cantidades extras de vitaminas liposolubles que se pueden agregar a los productos que contienen este sustituto de la grasa. El costo del desarrollo de esta molécula, se estima en U\$S 200.000.000.

# BIBLIOGRAFÍA

- Ballabriga, A., "Nuevos aspectos de la nutrición en la infancia", en *Boletín de la Sociedad de Pediatría de Asturias, Cantabria, Castilla y León*, Vol. 38, N°166, 1998, 38: 264-274.
- Ballabriga, A. y Carrascosa, A., *Sustitutos de grasa y edulcorantes. Nutrición en la infancia y adolescencia*, 2ª ed., Ergon, 2001.
- Decreto N°315/994 del Poder Ejecutivo, Reglamento Bromatológico Nacional*, 3ª edición, Montevideo, IMPO, 2008.
- Gaull, G. E., "Role of microparticulated protein fat substitutes in food and nutrition", en *Ann NY Acad Sci*, 623:350-355, 1991
- Kurtzwell, P., "Taking the fat out of food", en *FDA Consumer Magazine*, Rockwell, julio-agosto de 1996.
- Lawton, L., *Regulation of energy and fat intakes and body weight: the role of fat substitutes*, <www.fda.gov>, Nutrition Society, 1998.
- Mingo Arechederra, T., "Ingredientes para bebidas", en *Énfasis Alimentación Argentina*, Año VIII, N°3, Buenos Aires, 2002.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, *La Alimentación en España*, Secretaría General de Agricultura y Alimentación, Madrid, 1996
- Olestra® and other fat substitutes*, <www.fda.gov>, 1995.
- Papazian, R., "Healthful Snacks for the Chip-and-Dip Crowd", en *FDA Consumer Magazine*, Rockwell, abril de 1996.
- Roller, S., Jones, S. S., *Handbook of fat replacers*, Florida, CRC Press, 1996.

# NORMATIVA VIGENTE: ROTULACIÓN NUTRICIONAL

---

Lic. Nut. Graciela Romano  
Prof. Agda. de Alimentos

El Decreto del Poder Ejecutivo N° 117/06 (Dec. 117/06) establece la Rotulación de Alimentos Envasados e incluye la obligatoriedad del rotulado nutricional desde el 1° de agosto de 2006, derogando la Sección 4-Rotulación de Alimentos Envasados del Capítulo 1-Disposiciones Generales del Decreto del Poder Ejecutivo No.315/94-RBN.

El Dec. 117/06 internaliza cuatro Resoluciones del Mercosur: 26/03, 44/03, 46/03 y 47/03.

*Mercosur/GMC/Res. N°26/03 - Reglamento Técnico Mercosur para rotulación de alimentos envasados (deroga la Res. GMC N°21/02):* incluye definiciones y principios generales y establece la información de carácter obligatorio que debe registrarse en los rótulos de los alimentos (denominación de venta del alimento, lista de ingredientes, contenidos netos, identificación del origen, nombre o razón social y dirección del importador, para alimentos importados, identificación del lote, fecha de duración y preparación e instrucciones de uso del alimento, cuando corresponda).

*Mercosur/GMC/Res. N°44/03 - Reglamento Técnico Mercosur para la rotulación nutricional de alimentos envasados.* Establece la obligatoriedad y determina los nutrientes que se deben declarar: valor energético, pro-

---

teínas, carbohidratos, grasas totales, grasas saturadas, grasas trans, fibra alimentaria y sodio.

*Mercosur/GMC/Res. N°46/03 - Reglamento Técnico Mercosur sobre el rotulado nutricional de alimentos envasados.* Establece los alimentos excluidos, definiciones, la forma en que se deben declarar los nutrientes y las reglas para la declaración de la información nutricional.

*Mercosur/GMC/Res. N°47/03 - Reglamento técnico mercosur de porciones de alimentos envasados a los fines del rotulado nutricional.* Establece los tamaños de las porciones que se deberán utilizar en el rotulado nutricional con su correspondiente medida casera

El rotulado nutricional se define como toda descripción destinada a informar al consumidor sobre las propiedades nutricionales de un alimento; comprendiendo la declaración del valor energético y de nutrientes y la declaración de propiedades nutricionales (información nutricional complementaria).

El Dec. 117/06 presenta definiciones para el valor energético y cada uno de los nutrientes, en lo referente a grasas o lípidos se establece:

*Grasas o lípidos:* Son sustancias de origen vegetal o animal, insolubles en agua, formadas de triglicéridos y pequeñas cantidades de no glicéridos, principalmente fosfolípidos.

*Grasas saturadas:* Son los triglicéridos que contienen ácidos grasos sin dobles enlaces, expresados como ácidos grasos libres.

*Grasas monoinsaturadas:* Son los triglicéridos que contienen ácidos grasos con un doble enlace con configuración cis, expresados como ácidos grasos libres.

*Grasas poliinsaturadas:* Son los triglicéridos que contienen ácidos grasos con doble enlaces cis-cis separados por un grupo metileno, expresados como ácidos grasos libres.

*Grasas trans:* Son los triglicéridos que contienen ácidos grasos insaturados con uno o más dobles enlaces en configuración trans, expresados como ácidos grasos libres.

Las grasas totales del alimento, así como el contenido de grasas saturadas y trans son de declaración obligatoria y, cuando se incluya una declaración de propiedades nutricionales (información nutricional complementaria) con respecto al tipo y/o la cantidad de grasas y/o ácidos grasos y/o colesterol, se deberán indicar las cantidades de grasas saturadas, trans, monoinsaturadas, poliinsaturadas y colesterol.

Se determinan las unidades en que se deberán utilizar en la rotulación nutricional:

- valor Energético: kilocalorías (kcal) y kiloJoule (kJ);
- proteínas: gramos (g);
- carbohidratos: gramos (g);
- grasas: gramos (g);
- fibra alimentaria: gramos (g);
- sodio: miligramos (mg);
- colesterol: miligramos (mg);
- vitaminas: miligramos (mg) o microgramos ( $\mu\text{g}$ );
- minerales: miligramos (mg) o microgramos ( $\mu\text{g}$ );
- porción: gramos (g) o mililitros (ml) y en medidas caseras.

La cantidad de energía a declarar se deberá calcular utilizando los siguientes factores de conversión:

Carbohidratos (excepto polialcoholes)	4 kcal/g-17 kJ/g
Proteínas	4 kcal/g - 17 kJ/g
Grasas	9 kcal/g - 37 kJ/g
Alcohol (Etanol)	7 kcal/g - 29 kJ/g
Ácidos orgánicos	3 kcal/g - 13 kJ/g
Polialcoholes	2,4 kcal/g - 10 kJ/g
Polidextrosas	1 kcal/g - 4 kJ/g

Se establece, además, cuando es factible expresar la información nutricional con valores "cero" o "0" o "no contiene" para el valor energético y/o nutrientes, en este caso el alimento deberá contener cantidades menores o iguales a las establecidas como "no significativas" de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>Valor Energético / Nutrientes por porción (expresada en g o ml)</b>	<b>Cantidades no significativas</b>
Valor energético	Menor o igual que 4 kCal o menor que 17 kj
Carbohidratos	Menor o igual que 0,5 g
Proteínas	Menor o igual que 0,5 g
Grasas totales(*)	Menor o igual que 0,5 g
Grasas saturadas	Menor o igual que 0,2 g
Grasas trans	Menor o igual que 0,2 g
Fibra alimentaria	Menor o igual que 0,5 g
Sodio	Menor o igual que 5 mg
<i>(*) Se declarará "cero" "0", o "no contiene", cuando la cantidad de grasas totales, grasas saturadas y grasas trans cumplan con la condición de cantidades no significativas y ningún otro tipo de grasa sea declarado en cantidades superiores a cero.</i>	

La obligatoriedad de declaración de grasas totales, grasas saturadas y grasas trans puede estar acompañada por el desglose de otros ácidos grasos (monoinsaturados y poliinsaturados) y colesterol cuya declaración no es obligatoria, en este caso el registro en el rótulo nutricional se realizará según se establece:

<b>Grasas totales:</b>	<b>g, de las cuales:</b>
Grasas saturadas:	g
Grasas trans:	g
Grasas monoinsaturadas:	g
Grasas poliinsaturadas:	g
Colesterol:	mg

A los efectos de establecer el aporte de cada uno de los nutrientes y del valor energético se establecieron los valores diarios de referencia, cuya relación porcentual se

registra en el rotulo nutricional en la columna correspondiente a "%VD":

### Valores diarios (VD) de referencia de nutrientes de declaración obligatoria (1)

Valor Energético	2000 kcal - 8400kJ
Carbohidratos	300 gramos
Proteínas	75 gramos
Grasas totales	55 gramos
Grasas saturadas	22 gramos
Grasas trans	
Fibra alimentaria	25 gramos
Sodio	2400 miligramos
<i>(1) FAO/OMS –Diet, Nutrition and Prevention of Chronic Diseases. WHO Technical. Report Series 916 Geneva, 2003.</i>	

Se presentan tres modelos, llamados Tabla Nutricional, para incluir la información nutricional en el envase:

<b>Información nutricional</b>		
Porción .....g o ml (medida casera)		
	Cantidad por porción	%VD (*)
Valor energético	.... Kcal = ....kJ	
Carbohidratos	....g	
Proteínas	....g	
Grasas totales	....g	
Grasas saturadas	....g	
Grasas trans	....g	(No declarar)
Fibra alimentaria	....g	
Sodio	....mg	
<i>No aporta cantidades significativas de .... (Valor energético y/o el/los nombre/s del/de los nutriente/s) (Esta frase se puede emplear cuando se utilice la declaración nutricional simplificada)</i>		
<i>* Valores Diarios con base a una dieta de 2.000 Kcal u 8.400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.</i>		

## Modelo tabla nutricional A

Información nutricional	Cantidad por porción		%VD*	Cantidad por porción		%VD*
	Valor energético	....Kcal = ....kJ		Grasas saturadas	....g	
Porción ....g o ml (medida casera)	Carbohidratos	....g		Grasas trans	....g	(No declarar)
	Proteínas	....g		Fibra alimentaria	....g	
	Grasas totales	....g		Sodio	....mg	
<i>No aporta cantidades significativas de .... (Valor energético y/o el/los nombre/s del/de los nutriente/s) (Esta frase se puede emplear cuando se utilice la declaración nutricional simplificada)</i>						
<i>* Valores Diarios con base a una dieta de 2.000 Kcal u 8.400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.</i>						

## Modelo tabla nutricional B

<p>Información Nutricional: Porción ....g o ml (medida casera). Valor energético ....Kcal = ....kJ (...%VD*); Carbohidratos ....g (...%VD); Proteínas ....g (...%VD); Grasas totales.....g (...%VD); Grasas saturadas ....g (...%VD); Grasas trans ....g; Fibra alimentaria ....g (...%VD); Sodio ....mg (...%VD).</p> <p>No aporta cantidades significativas de .... (Valor energético y/o el/los nombre/s del/de los nutriente/s) (Esta frase se puede emplear cuando se utilice la declaración nutricional simplificada)</p> <p>* Valores Diarios con base a una dieta de 2.000 Kcal u 8.400 kJ. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades energéticas.</p>
--

## Modelo lineal

Dos aspectos importantes se destacan en el Dec. 117/06: la obligatoriedad de la declaración de la información nutricional y el establecimiento de que dicha información se registre en porciones y medidas caseras para que sean fácilmente comprendidas por el consumidor. La Resolución GMC N°47/03 determina las porciones para diferentes alimentos en cantidad (gramos o mililitros) y su correspondiente medida casera, presentando una tabla con la mayoría de los alimentos de consumo habitual.

Para una mayor interpretación del Dec. 117/06 el MSP a través del Departamento de Alimentos elaboró una *Guía sobre la Aplicación del Dec. 117/06* que se encuentra disponible en el sitio web del MSP.

# NORMATIVA VIGENTE: ESPECÍFICA DE GRASAS Y ACEITES

---

Q. F. Ana Ma. Montesano  
Asistente de Alimentos

La legislación bromatológica es el conjunto de disposiciones de un país que regulan la producción, manipulación, industrialización, transporte y comercialización de alimentos. Sus objetivos están dirigidos principalmente a proteger a los consumidores contra:

- los peligros para la salud;
- los fraudes y las adulteraciones que puedan ser perjudiciales tanto desde el punto de vista nutricional y como desde el punto de vista económico.

En nuestro país y en la región, esta legislación está establecida en decretos de origen departamental, nacional y regional.

En particular, a nivel nacional rige el Decreto del Poder Ejecutivo 315/94: RBN que se mantiene actualizado mediante modificaciones periódicas.

## ROTULACIÓN DE ALIMENTOS ENVASADOS EN AUSENCIA DEL CONSUMIDOR

Se trata en el Capítulo 1-Sección 4 del RBN, la cual fue derogada por el Decreto del Poder Ejecutivo 117/06. Este Decreto declara aplicable en el derecho interno el documento denominado *Reglamento Técnico Mercosur para*

---

*la Rotulación de Alimentos Envasados* del Grupo Mercado Común Mercosur, que se anexa a dicho decreto y forma parte integral del mismo. Incluye las Resoluciones del GMC N°26/03, 44/03, 46/03 y 47/03.

En la Resolución 26/03 se establece la información obligatoria que deben presentar los envases de estos alimentos:

1. Denominación de venta del alimento.
2. Lista de ingredientes.

Deben enumerarse en orden decreciente de peso inicial. El agua se debe declarar excepto cuando forme parte de salmueras, jarabes, almíbares o similares. En cuanto a los aditivos debe declararse su función principal, nombre completo o su número INS o ambos, estando declarados después del resto de los ingredientes; para los aromatizantes/saborizantes se declara solo la función y optativamente su clasificación.

3. Contenidos netos.

Para alimentos en una fase debe declararse *peso bruto* y *peso neto*, mientras que para alimentos en dos fases se declara *peso bruto*, *peso neto* y *peso escurrido* o *drenado*.

4. Identificación del origen. Incluye:
  - nombre (razón social) del fabricante o fraccionador;
  - domicilio;
  - país de origen y localidad;
  - número de registro ante el organismo competente.

En el caso de Montevideo, por ejemplo, esto aparece representado con dos números separados por una barra: SRA. IMM. XX/ZZ, lo cual significa Servicio de Regulación Alimentaria de la Intendencia Municipal de Montevideo, siendo XX el número de registro de la habilitación de la empresa y ZZ el número de registro del producto.

5. Nombre o razón social y dirección del importador, para alimentos importados.
6. Identificación del lote.
7. Fecha de duración.

Se indica día y mes para alimentos que tengan una duración de hasta 3 meses, y mes y año cuando superen ese tiempo.

8. Preparación e instrucciones de uso del alimento, cuando corresponda.

## NORMATIVA PARTICULAR RESPECTO A GRASAS Y ACEITES

Está dada en el RBN, Capítulo 17-Alimentos Grasos. El capítulo está dividido en dos secciones:

- sección 1: grasas;
- sección 2: aceites.

La estructura general de ambas secciones es la misma, comenzando por definiciones legales y siguiendo por disposiciones generales y disposiciones particulares donde se indican las condiciones que deben cumplir las grasas y aceites para:

- Evitar la adulteración con otro tipo de grasa distinta de la declarada.
- Tener la aptitud adecuada para el consumo, lo que implica estar libres de:
  - rancidez (oxidativa o hidrolítica);
  - alteraciones químicas;
  - contaminaciones químicas.

Así por ejemplo, en el artículo 17.1.24 se dan especificaciones generales para grasas, a través de valores numéricos de determinados parámetros como la acidez libre y

el índice de peróxidos que se refieren a la estabilidad de la grasa y que si sobrepasan los máximos establecidos son indicio de rancidez.

También se especifican contenidos máximos para:

- jabones, que indican hidrólisis de los triglicéridos (rancidez hidrolítica);
- hierro, cobre, plomo y arsénico, que indican contaminación de origen químico.

Las alteraciones de origen microbiológico son solo posibles en las emulsiones grasas compuestas por dos fases (fase acuosa + fase oleosa), donde el desarrollo microbiano podría ocurrir en la fase acuosa.

En las disposiciones particulares, se establecen límites microbiológicos para las emulsiones grasas en general (margarina, crema vegetal y minarina):

Coliformes	Máx. 10/g
Escherichia coli	Ausencia
Gérmenes patógenos	Ausencia
Hongos y levaduras	Máx. 20/g

Estableciendo aquí, para microorganismos no patógenos, un máximo permitido que es posible cuando se trabaja con buenas prácticas de fabricación y "ausencia" para microorganismos patógenos.

Respecto a las emulsiones grasas se hace expresa referencia a:

- la forma de conservación, (en refrigeración) que debe figurar en el rótulo;
- la prohibición de asemejar estos productos a la manteca (evitar el engaño al consumidor);
- la prohibición de mencionar la presencia de vitaminas excepto en la lista de ingredientes (el agregado de tocoferoles o ascorbatos se hace con fines antioxidantes y no para vitaminizar el producto).

# BIBLIOGRAFÍA

MSP; Decreto 315/994, *RBN*; IMPO. 2008.

Pagano, M. T. y Montesano, A., *Manual práctico para el manejo del Decreto 315/994*, Montevideo, Editorial Universitaria-UDELAR, 2009.

# LA IMPORTANCIA DE LOS LÍPIDOS EN EL ORGANISMO HUMANO

---

Lic. Nut. M. Jacqueline Lucas Minetti  
Prof. Agda. de Nutrición Básica

Los lípidos, que incluyen las grasas y los aceites, son nutrientes necesarios, beneficiosos para la salud, siempre y cuando en la alimentación diaria, se realice una selección y aporte adecuado, de dichos lípidos. Estos desempeñan varias funciones importantes en el organismo, entre ellas se destacan, que son fuente de energía, componentes de membranas celulares, transportan las vitaminas liposolubles, son precursores de hormonas y vitamina D y proveen los ácidos grasos esenciales requeridos para el crecimiento y la salud.

En la alimentación, los lípidos que predominan son los triacilglicéridos, pero también se encuentran, el colesterol, fosfolípidos, vitaminas liposolubles y fitoesteroles.

Con respecto a los ácidos grasos que forman parte de los triacilglicéridos provenientes de la alimentación, los poliinsaturados de cadena larga principalmente los que son esenciales y sus derivados de la familia  $\omega 3$  y  $\omega 6$ , cumplen un rol importante, principalmente en lo que se refiere al desarrollo de la retina y el cerebro en la infancia y a la formación de eicosanoides los cuales participan en la regulación de la homeostasis vascular en etapas posteriores de la vida, respectivamente.

---

Los ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y trans producen diferentes efectos en el perfil lipídico. Ciertos lípidos poseen funciones especiales además de las nutricionales, en donde los principales efectos son los hipocolesterolémicos.

En los siguientes capítulos se profundizará en los aspectos mencionados anteriormente y además se abordará la digestión de los triacilglicéridos y del colesterol esterificado, la absorción de los diferentes ácidos grasos y el metabolismo extracelular e intracelular de los lípidos.

# DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE LOS LÍPIDOS

---

Lic. Nut. M. Jacqueline Lucas Minetti  
Prof. Agda. de Nutrición Básica

## INTRODUCCIÓN

Los lípidos ingresan al organismo formando parte de los alimentos, es necesario entonces obtenerlos como nutrientes, esto se logra a través del proceso digestivo.

En la digestión, moléculas complejas son escindidas en sustancias más simples que el organismo puede incorporar y utilizar. La degradación de los lípidos se cumple mediante reacciones de hidrólisis, catalizadas por enzimas que son secretadas a nivel de la boca, del estómago y del intestino. La hidrólisis consiste en la ruptura de un enlace covalente por adición de agua.

En este capítulo se profundizará en la digestión y absorción de los triacilglicéridos y del colesterol, debido a que el primero es la forma lipídica que más se consume y el colesterol, por su importancia en la salud.

La digestión de los lípidos se lleva a cabo en diferentes partes del aparato digestivo: en la boca, en el estómago y en el intestino, requiriendo de una serie de enzimas que proceden de la boca, del estómago y del páncreas. En el lactante, la lipasa de la leche materna participa en la digestión principalmente en las primeras semanas de vida.

---

## DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE LOS TRIACILGLICÉRIDOS

La digestión de los lípidos es un proceso complejo, en donde la hidrólisis de los triacilglícéridos requiere de la participación de varias enzimas lipolíticas, cuya denominación bioquímica es ACIL-ESTER-HIDROLASAS, estas enzimas son relativamente específicas en su actividad catalítica y alguna de ellas se distinguen por su alta estereoespecificidad. Para comprender mejor el concepto planteado anteriormente es necesario considerar que los triacilglícéridos son moléculas estructurales asimétricas de modo que cada unión del glicerol con un ácido graso particular es diferente a otra, dependiendo de la posición de la unión del ácido graso con el respectivo grupo hidroxilo del glicerol. Cada unión se designa como sn-1, sn-2 y sn-3. La estereoespecificidad de las lipasas se refiere a la capacidad de estas enzimas para distinguir e hidrolizar en forma específica una o algunas de las uniones éster del ácido graso con el glicerol en las posiciones sn-1, sn-2 o sn-3.

La hidrólisis digestiva de los triacilglícéridos, comienza en la cavidad bucal, y continúa a nivel gástrico e intestinal del ser humano. De esta forma se pueden identificar tres etapas en el proceso digestivo de los lípidos, en las cuales participan diferentes enzimas.

*Antes de comenzar a explicar cada una de las etapas, es necesario recordar como se produce el control hormonal de la digestión de los lípidos.*

**Colesistoquinina y Secretina:** control hormonal de la digestión de los lípidos.

Cuando a nivel del duodeno distal y del yeyuno proximal se encuentran lípidos y proteínas parcialmente digeridas, se produce una pequeña hormona peptídica la *Colecistoquinina*, la cual actúa sobre la vesícula biliar produciendo la contracción de ésta y la liberación de la bilis y sobre las células exócrinas del páncreas, causando la liberación de las enzimas digestivas. Esta hormona

también reduce la motilidad gástrica, disminuyendo así el flujo del contenido gástrico (quimo) desde el estómago hacia el intestino delgado, logrando esto una mejor digestión gástrica de los alimentos.

En respuesta al bajo pH del contenido gástrico que llega al intestino, a nivel intestinal se produce otro péptido llamado *Secretina*, éste estimula al páncreas y al hígado secretando una solución acuosa rica en bicarbonato, que neutraliza este pH, de esta forma se produce el pH adecuado para la acción de las enzimas pancreáticas

*Para entender mejor la digestión de los lípidos se abordará el tema explicando que sucede en cada etapa del proceso.*

## DIGESTIÓN A NIVEL BUCAL Y EN EL ESTÓMAGO

Actividad de las enzimas en la cavidad bucal y en el estómago

La digestión a nivel de la boca se inicia con la actividad lipolítica de la *lipasa lingual* o *lipasa salival*, la cual se secreta ante la presencia física del alimento en la boca (factor mecánico) y por la estimulación parasimpática (factor neurológico) producido esto por una percepción sensorial visual u olfatoria. Esta lipasa actúa sobre el bolo alimenticio en su tránsito hacia el estómago y también durante la permanencia del alimento en éste.

El pH óptimo de la enzima es de 4-4.5, pero su actividad comienza a pH 2.0-2.5 y aún es activa a pH 7.5, aunque a nivel intestinal es inactivada por las hidrólisis ejercidas por las enzimas proteolíticas pancreáticas.

*La lipasa lingual es una acilesterasa de alta esteroespecificidad ya que reconoce casi específicamente la posición sn-3 de los triacilglicéridos.*

Se ha descrito también una *lipasa gástrica* secretada por la mucosa de este tejido, sus características estructurales y catalíticas son muy similares a las de la lipasa lingual.

Ambas lipasas son identificadas como lipasas ácidas ya que actúan a pH ácido y son activas en el recién nacido, cumpliendo entonces una función muy importante en la digestión de la grasa de la leche.

La lipasa lingual-gástrica actúa principalmente en la posición sn-3, pero si el tiempo de acción de las enzimas es mayor, pueden llegar a actuar en la posición sn-1.

### **Productos de la hidrólisis en esta etapa**

De la hidrólisis de los triacilglicéridos a nivel de bucal y gástrico se puede obtener:

- sn-1, sn-2 DG;
- sn-2 MG;
- ácidos grasos, entre ellos ácidos grasos de cadena corta, media, larga y de cadena muy larga.

Pueden quedar triacilglicéridos sin digerir los cuales pasarán intactos al intestino delgado.

## DIGESTIÓN A NIVEL INTESTINAL

Actividad de las enzimas a nivel intestinal.

Las enzimas que actúan a nivel intestinal son la *lipasa pancreática* y la *carboxil éster hidrolasa*, ambas son de origen pancreático.

La *lipasa pancreática* requiere ser activada por la *colipasa* esta es una proteína de origen también pancreático. La colipasa es secretada como una procoenzima inactiva y es transformada a su forma de coenzima activa por la acción hidrolítica de la tripsina (enzima que participa en la digestión de proteínas).

En relación con su actividad hidrolítica la lipasa pancreática es menos esteroespecífica que las lipasas lingual-gástrica, por lo que puede hidrolizar la posición sn-1 y la posición sn-3 del triacilglicérido, *siendo ligeramente*

*más activa en la posición sn-1.* Esta lipasa actúa también en diacilglicéridos, en sn-1, sn-2 DG o sn-2, sn-3 DG. Esta enzima complementa la acción de la lipasa lingual-gástrica.

La carboxil esterasa participa solo en la hidrólisis de diacilglicéridos, su acción es complementaria a la acción hidrolítica de la lipasa pancreática. En condiciones fisiológicas sólo rompe las posiciones sn-1 o sn-3 de diacilglicéridos. En la digestión de aceites marinos es necesaria la participación de esta enzima para hidrolizar diacilglicéridos con ácidos grasos de cadena larga, ya que la lipasa pancreática es poco efectiva para hidrolizar ácidos grasos de 20 carbonos o más de aceites marinos.

Como se puede concluir en la posición sn-2 no se produce hidrólisis, solamente existe esta posibilidad en los lactantes que reciben leche materna debido a que esta contiene una lipasa que sí hidroliza en esta posición, esto se explicará más adelante.

### **Importancia de la bilis en la digestión de los lípidos**

La bilis es producida en el hígado y se acumula en la vesícula en los períodos interdigestivos.

Las sales biliares ejercen dos efectos importantes en el tubo digestivo:

Tienen una acción detergente sobre las partículas de grasa de los alimentos, disminuyendo su tensión superficial, favoreciendo así la fragmentación de los glóbulos en otros de tamaño menor, aumentando así la superficie de ataque de las enzimas hidrolíticas, lo que constituye la función emulsionadora o detergente de las sales biliares.

Las sales biliares ayudan en la absorción de los ácidos grasos, monoacilglicéridos, colesterol y otros lípidos en el tubo digestivo formando diminutos complejos llamados micelas.

## **Productos de la hidrólisis en esta etapa**

Como resultado de la acción de la lipasa pancreática y de la carboxil éster hidrolasa a nivel del segmento duodeno-yeyuno del intestino delgado se produce :

- sn-2 monoacilglicéridos;
- ácidos grasos libres de diferente longitud de cadena y grado de saturación, provenientes de las posiciones sn-1 y sn-3 de los triacilglicéridos y diacilglicéridos.

## **Absorción de los ácidos grasos y monoacilglicéridos**

De la digestión de los triacilglicéridos se obtienen:

- ácidos grasos de cadena corta (C4 a C10 o menor de C12);
- ácidos grasos de cadena media y larga;
- ácidos grasos de cadena muy larga;
- monoacilglicéridos (MG), los cuales en la posición sn-2 pueden presentar ácidos grasos de diferente número de carbonos, siendo estos saturados, monoinsaturados o poliinsaturados.

Como se explicó anteriormente en la cavidad bucal y en el estómago al secretarse lipasas se produce la digestión de los lípidos, pudiéndose obtener entonces a nivel del estómago por ejemplo ácidos grasos de cadena corta los cuales se absorben en su mayoría a este nivel y son transportados unidos a la albúmina a través de la sangre por la red de las venas tributarias de la vena porta hasta llegar al hígado donde son utilizados con fines energéticos. Un porcentaje minoritario de AGCC puede ser absorbido a nivel intestinal, sin incorporarse a la micela, difunden pasivamente de las membranas al sistema venoso portal, sin reesterificación en la mucosa y sin formar parte de los quilomicrones.

Hasta un 70% de la grasa proveniente de la alimentación puede ser absorbida por la acción de la lipasa-lingual

gástrica, la acción de la lipasa pancreática es secundaria a la acción de dichas enzimas.

El resto de los ácidos grasos y los MG requieren para su absorción formar parte de la micela mixta, estas estructuras macromoleculares, en forma de microgotas, están constituidas por una monocapa molecular de fosfolípidos formando una partícula esférica, en donde en su interior contiene a los ácidos grasos libres, a los sn-2 monoacilglicéridos y al colesterol libre. Los fosfolípidos que estructuran la capa externa de la micela mixta provienen en gran parte de la secreción biliar. La micela se forma principalmente en la región anatómica del intestino delgado, identificada como la zona de baja turbulencia o sea de menor peristaltismo, adyacente a las vellocidades intestinales, aquí las micelas tienen contacto con las microvellocidades (proyecciones externas de la membrana plasmática apical de los enterocitos) de las células intestinales. Las microvellocidades están recubiertas externamente por polisacáridos que unidos a los lípidos y proteínas de la membrana constituyen el glicocalix.

El contacto de las micelas mixtas con el glicocalix desensambla la micela mixta, debido al microambiente ácido que se forma en el entorno de las microvellosidades, permitiendo esto que los componentes internos de la micela mixta fluyan a través de la membrana plasmática.

La absorción de los ácidos grasos se realiza por difusión facilitada, sin gasto de energía, implicando esto la necesidad de transportadores específicos FATP4 y un gradiente de concentración mayor en la luz intestinal.

La absorción depende de la longitud de cadena del ácido graso, grado de saturación y la estructura molecular de este. En los ácidos grasos saturados a mayor longitud de la cadena hay menor solubilidad, los ácidos grasos poliinsaturados se absorben mejor.

# DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DEL COLESTEROL

## DIGESTIÓN DEL COLESTEROL

El colesterol proveniente de la alimentación se encuentra esterificado en un 80% y a nivel bucal o a nivel gástrico no experimenta ningún tipo de modificación.

En el intestino por acción catalítica de la enzima Colesterol Esterasa (carboxil esterasa o carboxil ester hidrolasa), comienza la hidrólisis del colesterol esterificado obteniéndose como producto colesterol libre y el ácido graso esterificante.

Las sales biliares estimulan a la acción de la enzima colesterol esterasa.

El colesterol es incorporado a las micelas mixtas, luego es removido de éstas al tomar contacto con las paredes de las vellosidades intestinales en las regiones distales del duodeno y proximales del yeyuno.

Es importante destacar que los otros esteroides (fitoesteroides) no son absorbidos y tampoco lo son las sales biliares en estas regiones del intestino, siendo entonces muy selectivo el proceso de absorción del colesterol

## ABSORCIÓN DEL COLESTEROL

Se realiza en la región distal del duodeno y proximal del yeyuno. El colesterol se encuentra incorporado a la micela mixta, esta toma contacto con la microvellosidad. Una proteína de transporte participa en la absorción desde la micela al enterocito, llamada NPCL1.

Los fitoesteroides de la dieta compiten con el colesterol de la siguiente forma:

- incorporándose en la micela mixta reduciendo la absorción del colesterol;

- disminuyendo la esterificación del colesterol en los enterocitos;
- estimulando el eflujo de colesterol desde el enterocito hacia el lumen intestinal.

## DIGESTIÓN DE LOS LÍPIDOS EN EL LACTANTE

La leche humana contiene una lipasa, *la lipasa láctea*, que puede hidrolizar indistintamente las posiciones sn-1, sn-2 y sn-3 de los triacilglicéridos de la grasa láctea, lo cual permite que los recién nacidos y los lactantes puedan hidrolizar casi totalmente la grasa láctea a glicerol y ácidos grasos libres, aún en ausencia de las lipasas lingual-gástrica y pancreática.

La acción de la lipasa láctea, en donde su actividad es estimulada por las sales biliares, y que no requiere de la presencia de la colipasa para su activación, es muy importante en el recién nacido y especialmente en el prematuro, ya que en ellos la secreción de las enzimas digestivas es aún muy incipiente.

A las pocas semanas posnacimiento se inicia la actividad lipolítica digestiva, por lo cual después de este período la lipasa láctea solo adquiere importancia en la hidrólisis de los sn-2 monoacilglicéridos formados a partir de la actividad de las lipasas lingual-gástrica y pancreática.

## BIBLIOGRAFÍA

- Biesalski, H., Grimm, P., *Nutrición. Texto y Atlas*, Madrid, Panamericana, 2007.
- Blanco, A., *Química Biológica*, 4ª ed., Buenos Aires, El Ateneo, 1998.
- Guyton-Hall, *Tratado de Fisiología Médica*, 10ª ed., México DF, Mc Graw Hill, 2003.
- López, L. y Suárez, M., *Fundamentos de Nutrición Normal*, Buenos Aires, El Ateneo, 2002.
- Valenzuela, A.; Sanhueza, J. y Nieto, S., "El uso de Lípidos estructurados en la Nutrición: Una tecnología que abre nuevas perspectivas en el desarrollo de productos innovadores", en *Rev Chil nutr.* vol. 29, N°2, Santiago de Chile, agosto de 2002.
- Valenzuela, A. y Ronco, A., "Fitoesteroles y fitoestanoles", en *Rev Chil Nutr*, Vol 21, Suplemento N° 1, Santiago de Chile, noviembre 2004.
- Valenzuela, A., *Digestión y absorción de los lípidos*, Diplomado Grasas y Aceites en la Nutrición Humana-INTA, Santiago de Chile, 2006-2007.
- Valenzuela, A., "El uso de lípidos estructurados en el desarrollo de fórmulas innovadoras en pediatría", en *Revista Ecuatoriana de pediatría*, Quito.

# METABOLISMO EXTRACELULAR DE LÍPIDOS

---

Dra. en Cs. Bs. en Bioquímica  
y Biología Molecular  
Laura Barreiro Parillo  
Prof. Adj. de Nutrición Básica

La mayoría de los lípidos son moléculas solubles en solventes no polares, no solubles en soluciones acuosas. Por lo tanto, debido a la insolubilidad de triglicéridos y colesterol en el plasma sanguíneo, éstos deben ser transportados en estructuras complejas llamadas *lipoproteínas* a través del torrente sanguíneo. De ésta manera, las lipoproteínas proporcionan a los lípidos un sistema de transporte eficaz.

Las lipoproteínas contienen como estructura básica, un núcleo central lipídico apolar que contiene fundamentalmente triacilglicéridos y ésteres de colesterol, rodeado de una capa externa de fosfolípidos, colesterol libre y proteínas asociadas, conocidas como *apolipoproteínas* o *apoproteínas*.

Las lipoproteínas se clasifican según su densidad por centrifugación: a menor densidad y por ende mayor cantidad de lípidos, mayor tamaño.

Las lipoproteínas plasmáticas se clasifican en:

- Quilomicrón (QM)
  - Very Low Density Lipoprotein (VLDL)
  - Low Density Lipoprotein (LDL)
  - High Density Lipoprotein (HDL)
-

Lipo-proteína	Densidad (g/ml)	Diámetro (nm)	% proteína	% fosfolípidos	% colesterol	% colesterol esterificado	% triacilglicéridos
QM	<0.95	100-500	2	9	1	3	85
VLDL	<1.006	30-80	10	18	7	12	50
LDL	1.019-1.063	18-28	23	20	8	37	10
HDL	1.063-1.210	5-12	55	24	2	15	4

Las lipoproteínas difieren en su composición, en las apolipoproteínas, en el tipo y cantidad de lípidos, en su función y en su tamaño.

## APOLIPOPROTEÍNAS

La fracción proteica correspondiente a las apolipoproteínas, es la fracción que da especificidad a la molécula.

Dentro de las funciones de las apolipoproteínas, se encuentran cumplir un rol estructural así como ser sitios de reconocimiento para receptores o enzimas. Las apolipoproteínas se encuentran débilmente asociadas con el complejo lipoproteico por lo que la transferencia entre ellas es relativamente fácil.

Dentro de las apolipoproteínas se encuentran varias familias:

Familia apo A:

- apo AI, apo AII. Relacionadas con la estructura y función de las HDL.

Familia apo B:

- apo B100 asociada a las VLDL y LDL
- apo B48 asociadas a los QM

Familia apo C:

- apo CI, apo CII relacionadas a la activación de enzimas del metabolismo de las lipoproteínas.
- Apo CIII, asociada a las HDL

Familia apo E:

- apo E, asociada al receptor de la apo B100.

## METABOLISMO DE LAS LIPOPROTEÍNAS

Se le denomina al conjunto de reacciones y transformaciones que sufren las lipoproteínas durante su circulación por el sistema vascular.

Debido a que los lípidos utilizados por el organismo pueden ser de origen exógeno (obtenidos de la dieta) o endógeno (sintetizados por el organismo), se diferencian dos vías para el transporte de lípidos en el organismo:

*Metabolismo exógeno:* los QM transportan los lípidos aportados por la dieta hasta los tejidos correspondientes.

*Metabolismo endógeno:* las lipoproteínas VLDL, LDL y HDL transportan los lípidos sintetizados en el hígado hasta los tejidos correspondientes.

## METABOLISMO EXÓGENO DE LIPOPROTEÍNAS

Los quilomicrones son lipoproteínas grandes de densidad muy baja, transportan los triacilgliceroles, fosfolípidos, vitaminas liposolubles y los ésteres de colesterol del alimento, desde el intestino a los tejidos muscular y adiposo. Estos complejos moleculares lipoproteicos son formados en los enterocitos con material lipídico absorbido proveniente de la alimentación.

Los triacilglicéridos incorporados en los QM son formados en los enterocitos a partir de los ácidos grasos absorbidos por el mismo. A su vez, el colesterol que es transportado

en el núcleo de la lipoproteína, es esterificado con ácidos grasos también en el enterocito.

Los QM nacientes presentan apolipoproteínas apo B48 del enterocito, estas son secretadas a los vasos linfáticos y posteriormente, en su circulación se van incorporando nuevas proteínas apo CII y apo E importantes para la función de la lipoproteína. La proteína apo CII activa a una enzima, la lipoproteína lipasa (LPL) capilar que actúa sobre los triacilglicéridos liberando moléculas de ácidos grasos que se internarán en las células adyacentes (células musculares y adipocitos, fundamentalmente) al capilar.

Cuando la cantidad de ácidos grasos presente en los QM ya es aproximadamente el 10% del inicial, el QM pierde apo CII y se transforma en QM remanente el cual ya no es más blanco de acción de la LPL por lo que estas lipoproteínas se dirigen al hígado. En los espacios de Disse, los QM remanentes son blanco de acción de la lipasa hepática (LH), enzima con acción similar a la de la LPL pero que no precisa apo CII para su acción, disminuyendo aún más su contenido en triacilglicéridos. Posteriormente, los QM remanentes son reconocidos por receptores específicos apo B48-apo E, e internalizados por la célula. Dentro de la célula hepática, el QM remanente es degradado y moléculas resultantes de la degradación, serán utilizadas por la célula para nuevas reacciones metabólicas.

## METABOLISMO ENDÓGENO DE LIPOPROTEÍNAS

El hígado es un órgano capaz de sintetizar lípidos que posteriormente serán utilizados por los tejidos extrahepáticos como ser tejido muscular esquelético y cardíaco.

Las lipoproteínas VLDL, son sintetizadas en el hígado y transportan triacilglicéridos y colesterol también sintetizados en el hígado, a los tejidos. Las VLDL nacientes presentan en su superficie apo B100. Posteriormente reciben apo CII y apo E provenientes de las HDL.

Al circular las VLDL por el organismo, van perdiendo triacilgliceroles debido a la acción de la lipoproteín lipasa (LPL) capilar e intercambian triacilgliceroles y colesterol esterificado con las HDL. Finalmente, los restos de VLDL, con baja cantidad de triacilgliceroles y alto en colesterol, son captados por el hígado o convertidos en LDL.

Las LDL son formadas a partir de las VLDL, debido a la acción de la lipasa hepática (LH), presente en los espacios de Disse de las células hepáticas, ésta actúa sobre los restos de VLDL eliminando más triacilgliceroles, sintetizando lipoproteínas ricas en colesterol. A su vez, sobran fosfolípidos de la superficie de la VLDL que son transferidos a las HDL, al igual que las apo CII.

Parte de las VLDL modificadas son internalizadas por los hepatocitos, debido al reconocimiento de las apo E de la superficie y parte de ellas pierden las apoE de la superficie ya que son devueltas a las HDL. Estas últimas lipoproteínas pequeñas, con fundamentalmente colesterol en su interior y únicamente apo B100 en la superficie; estas son las denominadas LDL.

Las lipoproteínas LDL cumplen, un papel importante en el transporte de colesterol a los tejidos.

En la superficie de todas las células existen receptores específicos para apo B100 (también llamados receptores LDL). Las LDL son captadas por esos receptores, introducidas por endocitosis y posteriormente son degradadas por la maquinaria de la célula.

El colesterol aportado por las LDL desencadena una serie de mecanismos regulatorios en la célula:

- activa la enzima acil CoA colesterolaciltransferasa (ACAT), enzima responsable de esterificar el colesterol y de esa manera ser almacenado en el citoplasma hasta su utilización;
- inhibe la HMG CoA reductasa, enzima importante para la síntesis de colesterol intracelular;
- inhibe el reciclaje de receptores LDL y su síntesis.

La mayor parte del colesterol que circula dentro de las lipoproteínas está esterificado encontrándose en el interior de las lipoproteínas. El resto del colesterol, en estado libre, es transportado en la superficie de las lipoproteínas.

Las lipoproteínas HDL son sintetizadas en el hígado y en menor proporción, en el intestino. Las partículas nacientes son de forma discorde, tienen apo A, apo CII, apo E y a medida que van recibiendo colesterol, va cambiando su estructura a forma esférica (HDL2 y HDL3).

Las lipoproteínas HDL cumplen varias funciones importantes en el metabolismo de lipoproteínas. Como reservorio de apolipoproteínas, ya que transfiere éstas proteínas a las lipoproteínas en circulación. Colecta colesterol liberado por otras lipoproteínas (por QM remanentes o VLDL), de recambio de membranas de recambio celular. Aporta colesterol a otras lipoproteínas (a VLDL para transformarse en LDL) a tejidos esteroideogénicos (corteza suprarrenal, ovarios, testículos). Transporta colesterol esterificado al hígado.

Respecto a la función de recolección de colesterol o llamado también, "*transporte reverso (o invertido) de colesterol*", las HDL interactúan con la membrana plasmática de las células mediante la interacción de apolipoproteínas apoAI. El colesterol intracelular es movilizado a la superficie de la célula, transferido a la HDL y esterificado por una enzima asociada a las HDL, denominada lecitina-colesterol-acilttransferasa (LCAT) que es activada por apo AI y transfiere un residuo de ácido graso desde la lecitina (de la membrana celular) al colesterol. De ésta manera, el colesterol esterificado es almacenado en el interior de la lipoproteína determinando que ésta aumente de tamaño y cambie su forma de discoide a esférica. De ésta manera, los ésteres de colesterol recogidos en la circulación, tendrán diferentes destinos, como ser transferidos a otras lipoproteínas como las VLDL o QM (las cuales intercambian triacilglicéridos por colesterol con las HDL), o ser reconocidos por receptores específicos SRB1 (scavenger receptor class B1) de las células hepáticas.

Dentro de las HDL esféricas encontramos de dos tamaños diferentes: las HDL2 tienen más colesterol que las HDL3 y son más grandes. Debido a la transferencia de colesterol a las otras lipoproteínas, las HDL2 se convierten en HDL3, más pequeñas, con capacidad para adquirir más colesterol en células periféricas y regenerar HDL3.

## BIBLIOGRAFÍA

Blanco, A., *Química biológica*, 4ª edición, Buenos Aires, El Ateneo, 1998.

Valenzuela, A., *Metabolismo extracelular de ácidos grasos, transporte lipoproteico*, Santiago de Chile, Laboratorio de Lípidos y Antioxidantes, INTA-Universidad de Chile, 2006.

# METABOLISMO INTRACELULAR DE LÍPIDOS

---

Dra. en Cs. Bs. en Bioquímica  
y Biología Molecular  
Laura Barreiro Parillo  
Prof. Adj. de Nutrición Básica

Por *metabolismo intracelular* se entiende el conjunto de reacciones bioquímicas que tienen lugar en una célula.

Cuando se hace referencia al conjunto de procesos bioquímicos involucrados en la síntesis de macromoléculas, con almacenamiento de energía, se refiere a reacciones anabólicas o Anabolismo. Sin embargo, si el conjunto de reacciones bioquímicas están relacionadas con la degradación de macromoléculas, siendo necesaria la utilización de energía para éstos procesos, nos encontramos frente a un proceso catabólico o Catabolismo.

El organismo cuenta con glucosa, ácidos grasos, cuerpos cetónicos y aminoácidos, en último caso, como fuentes de energía.

El metabolismo lipídico cuenta con rutas catabólicas como la lipólisis (degradación de triacilgliceroles para generar ácidos grasos), la  $\beta$ -oxidación de ácidos grasos y la cetogénesis. Como ejemplos de rutas anabólicas de lípidos, se encuentran, la síntesis de ácidos grasos y la síntesis de triacilglicéridos.

---

## METABOLISMO DE ÁCIDOS GRASOS

Como se ha mencionado anteriormente, la *lipoproteína lipasa* del endotelio vascular actúa sobre los triacilglicéridos de las lipoproteínas que circulan por el torrente sanguíneo, liberando ácidos grasos. Estos ácidos grasos son utilizados para generar energía o para ser almacenados, por las células adyacentes.

La ruta que siguen los ácidos grasos para la generación de energía después de haber entrado a la célula, consiste en una serie de etapas sucesivas iniciadas por activación del ácido graso, posteriormente el ácido graso es transportado a la mitocondria. Dentro de la mitocondria, es oxidado a través de la ruta de la  $\beta$ -oxidación, completa el ciclo de Krebs y finalmente se genera energía en forma de ATP.

En caso de que los ácidos grasos ingresen a los adipocitos para ser almacenados, las transformaciones que sufren una vez activados, corresponden a lo que se denomina la ruta de síntesis de triacilglicéridos, para la cual es necesario glicerol activado (fosforilado). El glicerol es aportado por el metabolismo de la glucosa, este se genera a partir de un intermediario metabólico de la glucólisis, la dihidroxiacetonafosfato.

Es interesante hacer notar que en casos de dietas con gran aporte calórico debido fundamentalmente a la alta ingesta de carbohidratos, la síntesis de ácidos grasos aumenta. Básicamente las rutas que entran en juego son la glucólisis donde la glucosa es oxidada hasta piruvato, posteriormente éste ingresa a la mitocondria, es transformado en acetil CoA. Esta ruta se encuentra muy estimulada gracias a la gran cantidad de glucosa que ingresa a ésta vía por lo que se generan grandes cantidades de acetil CoA. Dentro de la mitocondria, el acetil CoA ingresa en el ciclo de Krebs transformándose en citrato. Los altos niveles de citrato generados son una señal para la célula de manera de que parte de éste citrato es transportado fuera de la mitocondria. Una vez fuera de la mitocondria el citrato es transformado en acetil CoA que es el sustrato

de la enzima acetil CoA carboxilasa, primer enzima específica de la ruta de la síntesis de ácidos grasos.

Esta ruta se da íntegramente en el citosol a diferencia de la  $\beta$ -oxidación que se da íntegramente en la matriz mitocondrial.

La primer reacción de la síntesis de ácidos grasos es la reacción reguladora de la velocidad de la ruta. La enzima acetil CoA carboxilasa es estimulada por insulina y por citrato por lo tanto, altos niveles de insulina en sangre debidos a una alta ingesta de carbohidratos así como altos niveles de citrato generados a partir de altos niveles de acetil CoA provenientes de alta tasa de glucólisis debido a la gran cantidad de glucosa disponible para oxidar, estimulan la vía.

De la ruta de síntesis de ácidos grasos se obtiene como producto final el ácido palmítico. Posteriormente éstos ácidos grasos saturados pueden ser transformados por la célula, según sus necesidades. Se realizarán entonces etapas de elongación y/o desaturación según sea necesario.

A partir de ácidos grasos monoinsaturados generados en la célula, ejemplo ácido oleico, se podrán generar ácidos grasos poliinsaturados de manera que los dobles enlaces se localicen separados por un grupo metileno generándose dobles enlaces no conjugados. Un ejemplo es, a partir de ácido oleico 18:1(9) se podría generar 18:2 (6,9).

Vimos que existe en nuestro organismo la posibilidad de generar ácidos grasos a partir de carbohidratos en determinadas condiciones.

La generación de glucosa a partir de ácidos grasos es posible a partir de los compuestos glucogénicos glicerol, generado de la hidrólisis de los triacilglicéridos en el proceso de lipólisis (catabolismo de triacilglicéridos generando como productos ácidos grasos y glicerol) y propionil CoA, producto resultante de la  $\beta$ -oxidación de ácidos grasos de número impar de carbonos.

## CUERPOS CETÓNICOS

La ruta de generación de cuerpos cetónicos es una vía alternativa para el uso de acetil CoA. Esta ruta de síntesis de cuerpos cetónicos se da únicamente en los hepatocitos los cuales exportan los productos de la vía para ser utilizados por tejidos extrahepáticos. El hígado no utiliza cuerpos cetónicos como fuente de energía.

Fundamentalmente, ésta fuente energética es utilizada en condiciones de ayuno prolongado cuando las reservas de carbohidratos ya se están agotando y por lo tanto, la reserva de ácidos grasos comienza a movilizarse.

## SÍNTESIS DE COLESTEROL

El organismo no depende del aporte exógeno de colesterol para cumplir sus requerimientos ya que tiene la capacidad de sintetizarlo a partir de acetil CoA. Los tipos celulares que presentan ésta ruta sintética son fundamentalmente los hepatocitos, así como también en menor medida, las células del intestino, gónadas, glándulas suprarrenales, células de la piel, musculares y adipocitos.

En la ruta de síntesis de colesterol se pueden diferenciar 3 etapas:

1. conversión de acetato a mevalonato. En esta etapa participa la enzima HMG CoA reductasa, enzima que regula la velocidad de la ruta;
2. conversión de mevalonato en escualeno;
3. conversión de escualeno en colesterol.

El colesterol que se encuentra en estado libre dentro de la célula es el que regula la velocidad de la ruta de la síntesis de colesterol ya que el colesterol inhibe la acción de la enzima.

El colesterol presente en el hígado puede provenir de:

- el aporte de la dieta, el cual es transportado por los quilomicrones a los hepatocitos;
- los tejidos extrahepáticos quienes se lo ceden a las HDL cumpliéndose el “transporte reverso de colesterol”;
- su propia síntesis de colesterol a partir de acetil CoA.

A su vez, el colesterol de origen hepático es utilizado para formar los ácidos biliares los cuales son convertidos en sales biliares en un medio con determinado pH y concentración de iones  $\text{Na}^+$ . Las sales biliares son moléculas anfipáticas que cumplen el papel de retener moléculas lipídicas como ser fosfolípidos, colesterol, en un medio acuoso, favoreciendo la emulsión de éstas en la bilis.

Por lo tanto, con la bilis se excretan ácidos biliares y colesterol. Estas moléculas en el intestino son parcialmente reabsorbidas y vuelven al hígado cumpliendo el *ciclo enterohepático*.

## HOMEOSTASIS DE LA GLUCOSA

La concentración de glucosa en sangre es sostenida dentro de niveles estables gracias a un eficaz sistema regulador integrado por un conjunto de hormonas.

Existe un riguroso balance entre las acciones tendientes a elevar y disminuir las concentraciones de glucosa en sangre. En ese balance participan hormonas hiperglucemiantes tales como el glucagón, la adrenalina, el cortisol y por otro lado, la insulina como hormona hipoglucemiante.

Los ejemplos de hormonas preponderantes en el proceso de homeostasis son la insulina y el glucagón. Ambas hormonas son de origen proteico y son sintetizadas en el páncreas, en las células de Langerhans tipo B y A, respectivamente.

El principal mecanismo regulador de la secreción de las hormonas es el nivel de glucosa en sangre.

## Insulina

Las acciones metabólicas de ésta hormona son diversas, como ser:

- estimula la captación de glucosa y aminoácidos;
- activa vías de consumo de glucosa como ser la glucólisis, vía de las pentosas fosfato;
- estimula la síntesis de ácidos grasos y triacilglicéridos en hígado, tejido adiposo y otros tejidos;
- estimula la acción de la lipoproteín lipasa del endotelio vascular;
- inhibe la lipasa sensible a hormonas de los adipocitos lo cual inhibe la tasa de lipólisis;
- estimula la incorporación de aminoácidos a las proteínas en síntesis.

## Glucagón

Aumento de los niveles de glucosa en sangre inhibe la secreción de glucagón, cuando los niveles de glucosa en sangre disminuyen, la secreción se activa.

Ejemplos de la acción del glucagón sobre las células:

- promueve la degradación de reservas de glucosa y su liberación al torrente sanguíneo;
- estimula la formación de glucosa a partir de compuestos no glucídicos;
- estimula la degradación de triacilgliceroles por aumento de la acción catalítica de la lipasa sensible a hormonas;
- aumenta la oxidación de ácidos grasos;
- aumenta la formación de cuerpos cetónicos.
- inhibe la síntesis de ácidos grasos y triacilglicéridos.

El glucagón actúa sobre las células hepáticas en el mismo sentido que la adrenalina actúa sobre las células

musculares en lo que al metabolismo de glucógeno se refiere. Ambas promueven la glucogenólisis con formación de glucosa en ambos tipos celulares.

Para estudiar el proceso de homeostasis de la glucosa, se divide primariamente en 3 estados, aunque debemos tener en cuenta que el proceso es dinámico, sin límites bien definidos:

- estado postprandial (desde una comida hasta 4hs);
- ayuno fisiológico (tras un ayuno de 8-10hs);
- ayuno prolongado (ayuno por más de 12hs).

Para poder disponer de energía cuando lo necesita, el organismo reserva combustibles cuando hay exceso, que luego utiliza cuando lo necesita.

Durante el *ayuno fisiológico* el organismo se encuentra en estado catabólico, utilizando combustible almacenado para obtener la energía necesaria para cumplir con las reacciones metabólicas de forma adecuada. Generalmente corresponde al estado entre la cena y el desayuno y por lo que los requerimientos energéticos de ese período serán satisfechos utilizando energía almacenada previamente.

Los niveles de glucosa van decayendo por lo que los niveles de glucagón van aumentando y los de insulina disminuyendo. Esto favorece a que se generen ácidos grasos a partir de las reservas de triacilgliceroles de los adipocitos y que éstos sean liberados al torrente sanguíneo. Otros tipos celulares los captarán y los oxidarán generando así, energía para su propio metabolismo.

El hígado es el órgano responsable de generar glucosa por glucogenólisis degradando las reservas de glucógeno para formar glucosa y posteriormente, por gluconeogénesis partiendo de compuestos no glucídicos (por ejemplo aminoácidos provenientes de las células musculares). Esta glucosa sintetizada es liberada al torrente sanguíneo y será utilizada, fundamentalmente por las neuronas.

El cerebro no utiliza ácidos grasos como combustible sino que utiliza la glucosa que va escaseando y en caso de que el ayuno se prolongue, el cerebro se irá adaptando a utilizar cuerpos cetónicos como combustible.

La adaptación al uso de cuerpos cetónicos reduce la necesidad de gluconeogénesis y evita la movilización de proteínas de músculo.

Cuando el estado en el que se encuentra el organismo es *estado postprandial*, es decir, el organismo recibió recientemente combustible a través de la dieta, el estado en el que se encuentra es anabólico, es decir de almacenamiento de energía.

Luego de haber ingerido alimentos, los niveles de glucosa en sangre aumentan por lo que los niveles de insulina incrementan de manera que las vías de captación y utilización de glucosa son estimuladas, así como también las relacionadas al almacenamiento de ácidos grasos, según lo visto anteriormente.

# BIBLIOGRAFÍA

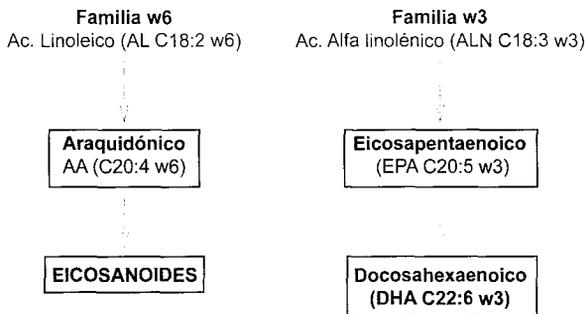
Blanco, A., *Química biológica*, 4ª edición, Buenos Aires, El Ateneo, 1998

Valenzuela, A., *Metabolismo extracelular de ácidos grasos, transporte lipoproteico*, Santiago de Chile, Laboratorio de Lípidos y Antioxidantes, INTA-Universidad de Chile, 2006.

# EICOSANOIDES

Lic. Nut. M. Jacqueline Lucas Minetti  
Prof. Agda. de Nutrición Básica

Los ácidos grasos esenciales linoleico (AL) y alfa linolénico (ALA) por procesos de elongación y desaturación que se realizan en el organismo humano forman derivados de mayor cadena y de mayor número de dobles enlaces, llamados ácido araquidónico (C20:4  $\omega$ 6) y ácido docosahexaenoico (C22:6  $\omega$ 3) respectivamente, lo cual se puede observar en el cuadro n° 1.



**Cuadro n°1.** Ácidos grasos esenciales. Precursores y derivados

Un producto intermedio de la transformación del ALA en DHA es el ácido Eicosapentaenoico (C20:5  $\omega$ 3). Los efectos fisiológicos de este ácido graso son relevantes en el organismo cuando dicho EPA se ingiere como tal a través de fuentes marinas o suplementos. El EPA que se forma

como intermediario en el organismo humano tiene importancia solamente como precursor del DHA.

A partir del AA y del EPA (solo proveniente de la alimentación) se forman los eicosanoides. Estos son entonces derivados de ácidos grasos de veinte carbonos llamados eicosanoicos.

El AA es el ácido en general más abundante en el humano y en los mamíferos, por este motivo es el precursor más importante de los eicosanoides de la serie 2. El EPA da origen a los eicosanoides de la serie 3, estos se producen cuando existe disponibilidad metabólica de EPA, lo que sucede por ejemplo en los consumidores de aceite marino, de animales marinos o de la suplementación con aceites marinos obtenidos de estos organismos.

Los eicosanoides de la serie 1, no se produce en los humanos en cantidades importantes y son inactivos.

Los eicosanoides actúan como potentes reguladores de la respuesta celular participando principalmente en procesos inflamatorios e inmunes, tienen múltiples funciones, entre ellas:

- alteran el tamaño y la permeabilidad de los vasos sanguíneos;
- modifican la actividad de las plaquetas;
- contribuyen en la coagulación sanguínea;
- modifican el proceso de inflamación.

Los eicosanoides llevan a cabo sus funciones interviniendo en los sistemas cardiovascular, respiratorio e inmunitario.

El grupo de los eicosanoides esta conformado por:

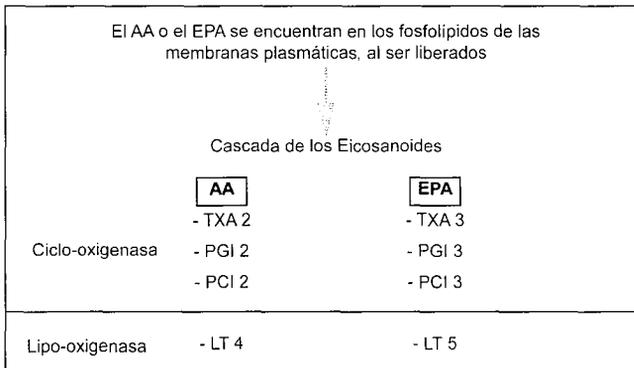
- prostaglandinas;
- tromboxanos;
- prostaciclina;
- lucotrienos;
- hidroxiácidos (precursores de leucotrienos).

La producción de clases específicas de eicosanoides es determinada por sistemas enzimáticos de acción inmediata e inactivación rápida. Las prostaglandinas y los tromboxanos se originan en la vía de las enzimas ciclooxigenasas. Los leucotrienos y los hidroxiácidos se producen por medio de la lipooxigenasa.

## FORMACIÓN DE EICOSANOIDES

Los AA y EPA se encuentran unidos al C-2 en la bicapa de fosfolípidos estos son desdoblados por una fosfolipasa en respuesta a mediadores inflamatorios o a lesiones. Los ácidos grasos liberados desde los fosfolípidos entran en las vías para la síntesis de eicosanoides (observar cuadro nº 2), estos son considerados como hormonas locales (parácrinas).

El AA es transformado en las plaquetas por la *enzima ciclo-oxigenasa* en tromboxanos de la serie 2 ( $TXA_2$ ). En las células endoteliales el AA es convertido en prostaglandinas de la serie 2 ( $PGI_2$ ) y en prostaciclina de la serie 2 ( $PCI_2$ ) por la acción de la misma enzima.



**Cuadro nº 2.** Cascada de los Eicosanoides

En los leucocitos el AA es transformado por la *enzima lipo-oxigenasa* en los *leucotrienos* de la serie 4 ( $LT_4$ ).

## EFFECTOS DE LOS EICOSANOIDES FORMADOS A PARTIR DEL AA

Los  $TXA_2$  ejercen un poderoso efecto estimulante de la agregación plaquetaria y son vasoconstrictores. En cambio, las  $PCI_2$  liberadas por las células endoteliales tienen un efecto inhibitorio de la agregación plaquetaria y son vasodilatadoras. La homeostasis vascular depende, en gran medida, del adecuado equilibrio en la formación de  $TXA_2$  y  $PCI_2$ .

Los  $LT_4$  liberados por los leucocitos ejercen efectos proinflamatorios, quimiotáxicos y estimulan la adhesión celular.

Las  $PGI_2$  regulan procesos inflamatorios y la liberación de *citoquinas*.

Los ácidos grasos  $\omega 6$ , a través del AA pueden ejercer importantes efectos reguladores en la homeostasis celular y vascular a través de las prostaglandinas, las prostaciclinas y los tromboxanos de la serie 2 y de los leucotrienos de la serie 4.

## EFFECTOS DE LOS EICOSANOIDES FORMADOS A PARTIR DE EPA

El EPA, principalmente de origen dietario, y que está presente casi exclusivamente en los aceites de origen marino (de origen vegetal o animal), puede ser almacenado en el hígado a partir de los quilomicrones remanentes que capta este tejido y que transportan los lípidos de la alimentación. Dicho ácido graso ocupa generalmente la posición sn-2 de los fosfolípidos y de los triacilglicéridos de origen marino que forman parte de nuestra dieta. Al ser liberado por la acción de la fosfolipasa A2, el EPA también participa de la cascada de los eicosanoides dando origen por la acción de la enzima ciclo-oxigenasa a los tromboxanos de la serie 3 ( $TXA_3$ ), a las prostaglandinas de la serie 3 ( $PGI_3$ ) y a las prostaciclinas de la serie 3

( $PCI_3$ ). La enzima lipo-oxigenasa, a su vez, transforma al EPA en los leucotrienos de la serie 5 ( $LT_5$ ).

Los productos de la acción de la ciclo-oxigenasa y de la lipo-oxigenasa sobre el EPA tienen generalmente muy poca actividad biológica, o presentan efectos antagónicos a los productos de las mismas enzimas pero derivados del AA.

Los  $TXA_3$  plaquetarios son biológicamente inactivos, las  $PCI_3$  formadas en las células endoteliales tienen efectos inhibidores de la agregación plaquetaria y son vasodilatadoras.

Las  $PGI_3$  presentan escasa actividad biológica, y los  $LT_5$  formados en los leucocitos tienen efectos antiinflamatorios, e inhiben la quimiotaxis y la adhesión celular.

## IMPORTANCIA DEL ÁCIDO ARAQUIDÓNICO EN LA HOMEOSTASIS VASCULAR

La formación de  $TXA_2$  y  $PCI_2$  a partir de AA, al tener efectos metabólicamente opuestos, representa un mecanismo fisiológico de regulación en la interacción de las plaquetas y la pared vascular, lo que definitivamente determina o no la producción de trombos y por esta razón participan de esta forma en la homeostasis vascular.

## COMPETENCIA EN LA AGREGACIÓN PLAQUETARIA

Se produce una competencia en la agregación plaquetaria, entre los productos del metabolismo de los ácidos grasos  $\omega_6$  (AA) y de los ácidos grasos  $\omega_3$  (EPA), obteniéndose como resultado de estas acciones de competencia, una modificación del equilibrio agregación/no agregación de las plaquetas, *favoreciéndose los efectos no agregatorios*.

*De esta forma el mecanismo de la coagulación se ve alterado, ya que se inhibe la agregación plaquetaria y el riesgo de la formación de trombos, obteniéndose así un efecto antitrombótico.*

## BIBLIOGRAFÍA

- Jones, P. y Papamandjaris, A., "Lípidos: metabolismo celular", en: Bowman, Bárbara A., Russell, Robert M. (ed.), *Conocimientos actuales sobre nutrición*, 8ª edición, Washington, OPS-Instituto Internacional de Ciencias de la Vida, .
- López, L. y Suárez, M., *Fundamentos de Nutrición Normal*, Buenos Aires, El Ateneo, 2002.
- Romayne, P., "Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante", en *Arch. argent. pediatr.*, Buenos Aires, 2000.
- Valenzuela, A., "El salmón: un banquete de salud", en *Rev Chil Nutr*, Vol. 32, N°1, Santiago de Chile, abril 2005.
- Valenzuela, A., *Diplomado Grasas y Aceites en la Nutrición Humana*, Santiago de Chile, INTA, 2006-2007.

# ÁCIDOS GRASOS Y LÍPIDOS CON FUNCIONES ESPECIALES

---

Lic. Nut. Fabiana Palmigiani  
Asistente de Nutrición Básica

## ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO (CLA)

El término CLA se usa genéricamente para describir un conjunto de isómeros geométricos y de posición del ácido linoleico con dobles ligaduras en las posiciones 8 y 10, 9 y 11 y 10 y 12 u 11 y 13. Cada uno de dichos isómeros pueden presentar configuraciones geométricas cis-trans, trans-cis, cis-cis o trans-trans.

Dentro de la abundante y variada flora microbiológica del rúmen, constituida por bacterias y protozoos principalmente, la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens*, realiza la hidrogenación del ácido linoleico para transformarlo en un ácido graso monoinsaturado, genera como intermediarios del proceso a los diferentes isómeros del CLA. Por su origen ruminal al CLA se le conoce también como *ácido ruménico*. Existe también otra vía metabólica para la formación de CLA. Esta puede ocurrir en el hígado de los rumiantes, y posiblemente también en los mamíferos no rumiantes. El ácido vaccénico (18:1, 11t) es producido por la hidrogenación del ácido linoleico en el rúmen. Este ácido graso puede ser desaturado en el carbono 9 por las enzimas desaturasas intestinales y/o hepáticas de los rumiantes, transformándose en CLA (forma 9c-11t). Esta podría ser la razón por la que en los mamíferos no rumiantes, incluidos los humanos, también se encuentra CLA en sus tejidos y secreciones, como la leche, aunque en menor proporción que en los rumiantes. Al consumir

---

carne de rumiantes o productos lácteos, conteniendo ácido vaccénico, este sería transformado en los no rumiantes a CLA por desaturación enzimática hepática. Este proceso también ocurriría en los rumiantes, con lo cual se incrementaría el aporte de CLA proveniente de la carne y de la leche de estos.

## APORTE DIETARIO DE CLA DE LAS DIFERENTES POBLACIONES

Se estima que una dieta mixta promedio occidental posea cantidades muy variables de CLA, dependiendo de los hábitos de consumo de cada país.

Dentro de los países cuyo consumo se ha establecido, Australia presenta los valores más altos (1,5 a 1,8 g/día), en tanto que Alemania muestra los valores más bajos (0,5 g/día). En Estados Unidos el consumo promedia los 0,9-1,2 g/día.

Se desconoce el consumo de CLA en América Latina, aunque se puede sospechar que en países con alta tradición de consumo de carne bovina, como es el caso de Argentina, Brasil y Uruguay, la ingesta promedio de CLA debería ser alta (sobre 1 g/día).

En Chile, Perú y Ecuador, ocurriría todo lo contrario, ya que la ingestión de carne está representada principalmente por el consumo de aves (pollo, principalmente), las que por su tipo de alimentación, principalmente de origen vegetal, no constituyen un aporte significativo de CLA.

La mejor fuente dietaria naturales de CLA son las carnes y productos lácteos (leche, queso, manteca, grasa) procedentes de rumiantes, siendo la estructura predominante con un 70 a 95% de los CLA totales los isómeros 9 *cis*-11 *trans*.

También puede obtenerse por hidrogenación controlada a partir fundamentalmente de aceite de maíz y cártamo.

## EFFECTOS DEL CLA EN LA SALUD

Michael Pariza y colaboradores, de la Universidad de Dublin, Irlanda en el año 1990, fue quien transmitió información relacionada con los posibles efectos beneficiosos derivados del consumo de CLA.

En la actualidad se le considera como un "regulador metabólico", dado la variada gama de información científica disponible.

En modelos experimentales, el CLA ha demostrado producir disminución de los niveles plasmáticos de colesterol y triglicéridos y un aumento de la relación tocoferol/colesterol.

Los resultados obtenidos en animales de experimentación, parecen alentadores. Sin embargo, es necesario realizar más estudios en humanos para establecer los reales efectos del CLA en la regresión de la aterogénesis, que si resultan positivos y significativos podrían colocar al CLA como un ácido graso potencialmente adecuado para la prevención de las complicaciones cardiovasculares.

El CLA ha sido otro factor considerado beneficioso para producir baja de peso a fines de la década anterior e inicios de la actual década.

Los estudios más recientes si bien no son negativos no muestran efectos en la disminución del peso corporal.

Se ha llegado a concluir que los resultados dependen del tipo de isómero utilizado, la variedad fenotípica y/o genética.

Los efectos del CLA sobre el sistema inmune constituyen parte de los conocimientos más recientes y se refieren, principalmente, al estímulo que el ácido graso ejerce en la síntesis de las inmunoglobulinas IgA, IgG, e IgM, y a la disminución significativa de los niveles de la inmunoglobulina IgE, por lo cual se presume que el ácido graso podría tener efectos favorables en la prevención y/o tratamiento de ciertas alergias alimentarias.

Además se han documentado otros efectos como:

- aumento de linfocitos, IgG e IgM;
- disminución de leucotrieno B<sub>4</sub>;
- disminución de la producción de prostaglandinas;
- regulación de la diferenciación de las células de sistema inmune;
- aumento de la respuesta mediada por las células inmunes.

En estudios realizados en humanos el CLA aparece como inhibidor de la iniciación, promoción y progresión de ciertos tipos de cánceres.

Trabajando con células de carcinoma mamario y colorrectal humano, se ha demostrado que la mezcla de CLA 9c, 11t : 10t, 12c, es eficiente para inhibir la proliferación celular y la incorporación de leucina-H<sup>3</sup>, uridina-H<sup>3</sup> y timidina-H<sup>3</sup>, lo que probaría que el CLA disminuye la síntesis de proteínas, de RNA, y de DNA en este tipo de células

Sin embargo el mecanismo de los efectos inhibitorios que ejerce el CLA sobre la diferenciación celular anormal, que finalmente conduce al desarrollo de un cáncer, no es del todo conocido en la actualidad.

Ha habido avances, pero no es posible establecer conclusiones definitivas como un agente terapéutico.

La información sobre el posible efecto antioxidante atribuido al CLA es menos clara y más controversial que las acciones biológicas ya descritas. Dependiendo del modelo de estudio, es el efecto observado. En modelos *in vivo*, el CLA produce una disminución significativa de los niveles de peróxidos. En Estudios realizados *in vitro*, se ha observado que el CLA posee una efectiva capacidad atrapadora de radicales libres prooxidantes, lo cual es atribuible a una actividad antioxidante.

## EFFECTOS ADVERSOS

En estudios experimentales consumos mayores a un gramo día de isómeros 10t y 12c han producido los siguientes efectos:

- trastornos gastrointestinales;
- hipersensibilidad especialmente en asmáticos;
- recrudescimiento de cuadros de asma;
- aumento de la resistencia a la insulina.

Cabe destacar que como se cita anteriormente este tipo de isómeros no son los más abundantes dentro de los alimentos fuentes de CLA.

Por otra parte recientes estudios en embarazadas con una dieta *ad libitum* y adecuada para su estado fisiológico los resultados sugieren que el CLA produciría una disminución del peso en el recién nacido.

Sin embargo se sugiere cuantificar otras variables antes de llegar a conclusiones certeras.

## CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Es necesario realizar más estudios en cuanto a cuál es la cantidad de CLA recomendable, no dañina, y efectiva para alcanzar sus beneficios en estudios clínicos y epidemiológicos en humanos a largo plazo, y en diferentes poblaciones y grupos etarios, que aseguren así la real efectividad de este ácido graso con isomería *trans* de características tan particulares.

# NUEVAS GENERACIÓN DE AGENTES HIPOCOLESTEROLEMIANTES

## A) FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES

Los *fitoesteroles (FE)* son esteroides de origen vegetal y que se encuentran ampliamente distribuidos en los vegetales de consumo habitual. La creciente relevancia del consumo de alimentos ricos en FE se ha centralizado, principalmente, en sus propiedades hipocolesterolémicas.

Los *fitoestanoles (FES)* son las formas hidrogenadas de los FE, y se ha demostrado que poseen efectos similares a los FE, si bien la proporción en la que se encuentran estos compuestos en la naturaleza es menor.

Son tres los FE que están en mayor proporción en sus fuentes de origen: el  $\alpha$ -sitosterol (C29), el campesterol (C28) y el stigmasterol (C29), quienes en conjunto constituyen el 95%-98% de los FE identificables en extractos vegetales. Además de su forma "libre", los FE existen en 3 formas diferentes como "conjugados", en los cuales el grupo 3-OH se encuentra: esterificado por un ácido graso; o glicosilado con una hexosa (generalmente glucosa); o con una hexosa esterificada con un ácido graso en la posición 6 de la hexosa. Así es que los conjugados se denominan Sitostanol, Campestanol y Stigmostanol.

## CONCENTRACIÓN ESTIMADA EN LOS ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

Todos los alimentos de origen vegetal contienen cantidades apreciables de FE. Estos están presentes en los frutos, semillas, hojas, y tallos de prácticamente todos los vegetales conocidos, por lo que obligadamente forman parte importante de nuestra dieta. Aunque hasta la actualidad no existe una base de datos acerca del contenido específico de cada forma de FE en los alimentos.

Se estima que la ingesta diaria de FE (la que obviamente es muy variable ya que depende de los hábitos alimentarios de la población), se encuentra en un rango que va desde los 160 mg/día hasta los 500 mg/día en dietas vegetarianas, una ingesta muy similar a la del colesterol. Aunque no tan estudiados como los FE, los FES también se encuentran en la dieta, reportándose excreciones de 20-30 mg/día de FES en sujetos que no han recibido tratamiento con estanoles. Esto sugiere que la ingesta de FES puede constituir aproximadamente un 10% de la ingesta dietaria de FE+FES, aunque un porcentaje de estos últimos puede ser formado por la flora bacteriana intestinal.

En general, los FE y FES se absorben escasamente en el tubo digestivo, FE 0.5% a 1% y de FES menos aún.

Diversos estudios, en los cuales se ha utilizado sitosterol radioactivo, reportan una absorción entre el 0,65 y 1,50% de la dosis administrada. Cuando los individuos se suplementaron con 2-3 g/día de estanoles el nivel sérico de estos subió en un 200-275%. Sin embargo, los niveles absolutos permanecían muy bajos, en rangos menores que 0,02% del colesterol. El porcentaje de absorción fue inversamente proporcional a la dosis de FES administrada, sugiriendo que el consumo de dosis elevadas de estanoles produce una limitación de la absorción de estos.

## EFFECTO HIPOCOLESTEROLÉMICO

Desde el año 1950 se reconoce el efecto del FE como agente hipocolesterolemico y hasta la actualidad está científicamente demostrado, tanto a nivel del colesterol total como del colesterol-LDL. La evidencia experimental de este efecto es contundente y está sustentada por abundante literatura científica en trabajos realizados con animales (ratas) y en humanos. La reducción del colesterol-LDL varía según la edad, siendo mayor el efecto en sujetos de mayor edad. Se ha propuesto que la diferencia estructural en la cadena lateral de los FE y de los FES con

el colesterol, es la responsable de los particulares efectos hipocolesterolémicos atribuidos a ambos esteroides vegetales, y también de la baja absorción a nivel del tracto intestinal que se ha observado para estos.

La mayoría de los estudios indican que disminuyen el colesterol total y LDL colesterol aun cuando se encuentra dentro de cifras normales.

No obstante el consumo de Fes y Fe esta especialmente indicado en personas con niveles de colesterol entre 200 y 240 mg/dl.

No está completamente elucidado el mecanismo mediante el cual los FE y los FES dietarios ejercen efectos hipocolesterolémicos. Sin embargo, basado en sus propiedades fisicoquímicas, se ha postulado que estas sustancias actúan a tres niveles diferentes:

- a. *a nivel micelar:* inhiben la absorción a nivel intestinal del colesterol desde las micelas mixtas, tanto aquel de origen dietario como biliar;
- b. *a nivel intraenterocito:* inhiben la re-esterificación del colesterol estimulando la actividad de la ACAT en las células intestinales;
- c. *a nivel intraenterocito:* aumentan la actividad y la expresión de transportadores del tipo ABC, acelerando así el eflujo de colesterol desde las células intestinales al lumen intestinal

## EFFECTO DE LOS FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES CON RELACIÓN A LA DIETA NORMAL

Estudios del Programa de Educación Nacional del Colesterol en los Estados Unidos, demostraron que la adición de 2-3 g/día de ésteres de estanol aumenta el efecto hipocolesterolémico de una dieta baja en grasas, produciendo una disminución en el colesterol-LDL de hasta un 23%.

Se recomienda combinar la ingesta de alimentos ricos en Fe/Fes con una dieta reducida en grasas saturadas

y colesterol, y que provea alimentos de alto contenido en fibra, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales, como un complemento al efecto hipocolesterolémico de estos esteroides.

Las concentraciones séricas del 25-OH colecalciferol, de retinol, y de la vitamina K no se vieron afectadas en ninguno de los estudios disponibles.

Es muy importante aclarar que todos los efectos adversos observados en humanos y en animales, solo se producen con la administración de altas dosis de FE, muy distantes de aquellas obtenidas a partir de la ingesta dietaria o de una suplementación de 2-3 g/día.

## B) POLICOSANOLES

Los policosanoles son productos de origen vegetal desarrollados originalmente en Cuba desde hace más de una década.

Se obtienen de la cera residual del procesamiento de la caña de azúcar y están constituidos por una mezcla de alcoholes alifáticos de cadena larga, principalmente el 1-octacosanol, un alcohol de 28 átomos de carbono, y en una menor proporción por otros alcoholes.

El efecto hipocolesterolémico de los policosanoles ha sido demostrado en una variedad de modelos experimentales y clínicos, siendo su acción principal el producir una significativa reducción en los niveles de colesterol-LDL.

Gran cantidad de estudios realizados en su mayoría en Cuba, y confirmados por trabajos realizados en Chile y Argentina, han concluido que una dosis diaria de 10 a 20 mg de policosanoles es efectiva para reducir los niveles de colesterol-LDL.

Los importantes efectos hipolipidémicos observados en los estudios controlados realizados con los policosanoles, han demostrado que estos efectos no dependen del nivel de colesterol inicial, pudiendo ser utilizados en pacientes

normo e hipercolesterolémicos e incluso en pacientes con otras patologías asociadas.

La principal ventaja del uso de estos derivados naturales es su nula toxicidad y la escasa presencia de efectos secundarios asociados a su consumo aun en altas dosis.

### **Posibles mecanismos de acción**

Las principales rutas metabólicas involucradas en la mantención de la homeostasis del colesterol son: la absorción, la biosíntesis endógena de colesterol, y la eliminación de colesterol a través de la secreción biliar. De estas tres rutas, la biosíntesis endógena de colesterol es la que aporta el mayor porcentaje de este esterol en la circulación.

Se plantea que el efecto de los policosanoles ocurre en la primera etapa de la síntesis de colesterol, es decir, sobre la enzima HMG-CoA red, disminuyendo la síntesis y degradación de la enzima.

También se postula aunque sin certezas que el efecto hipocolesterolemico sérico se da debido al aumento de la captación hepática de colesterol- LDL, aumento de la excreción biliar de colesterol y por un aumento de la 7 $\alpha$ -hidroxilasa enzima determinante en la síntesis de ácidos biliares a partir del colesterol hepático.

Se requiere de mayor cantidad de estudios ya que, aún no existen antecedentes experimentales que permitan explicar con certeza a través de qué mecanismos moleculares los policosanoles estarían ejerciendo su efecto.

### **Efectos sobre el colesterol sérico**

Los importantes efectos hipolipidémicos observados en los estudios controlados realizados con los policosanoles, han demostrado que estos efectos no dependen del nivel de colesterol inicial, pudiendo ser utilizados en pacientes normo e hipercolesterolémicos.

Dosis de 20 a 30 mg producen una reducción del 20 al 25% de colesterol en pacientes con hipercolesterolemia tipo II y un aumento del HDL colesterol entre el 8% y el 15%.

En un exhaustivo metaanálisis realizado por Cohen y col., en el año 2005, se demostró que los policosanoles fueron, incluso, más efectivos que los fitoesteroles para reducir los niveles de colesterol.

## **Perspectivas y conclusiones**

La evidencia experimental permite recomendar el uso de estos compuestos.

Aun no se ha establecido específica y claramente cuales son los mecanismos de acción.

Cuba ha insistido en los beneficios del los policosanoles, avalados por estudios clínicos realizados en la Isla.

Durante el año 2006 han aparecido publicaciones de trabajos realizados fuera de Cuba, que utilizando el mismo derivado de la caña de azúcar, no han logrado reproducir los resultados obtenidos en Cuba.

Sin lugar a dudas, ante la interesante perspectiva que los policosanoles puedan constituirse en una alternativa de bajo costo para la prevención y el tratamiento de la hipercolesterolemia, existe la imperiosa necesidad de realizar todos los estudios, epidemiológicos que permitan validar con certeza los mecanismos de acción y el efecto de estas sustancias en poblaciones diferentes a la cubana.

## BIBLIOGRAFÍA

- García, P. T., *Isómeros conjugados del ácido linoleico (CLA) en productos de origen animal*, Buenos Aires, Instituto de Tecnología de Alimentos-Centro de Investigaciones de Agroindustria, 2005.
- Morgado, T., *Policisanoles: una nueva generación de agentes hipocolesterolemicos de origen vegetal*, Santiago de Chile, Laboratorio de Lípidos y Antioxidantes-INTA-Universidad de Chile, 2006
- Morgado, N., *Ácidos grasos con isomería trans y sus efectos metabólicos*, Santiago de Chile, INTA-Posgrado de Lípidos, 2006.
- Morgado, N., *El colesterol: digestión, absorción, transporte y metabolismo intra y extracelular*, Santiago de Chile, INTA-Posgrado de lípidos, 2006.
- Ronco, M., *Fitoesteroles y Fitoestanoles como agentes hipocolesterolémicos de origen no farmacológico*, Santiago de Chile, Laboratorio de Hormonas y Receptores-INTA-Universidad de Chile, 2006.
- Sanhueza, C. J., *Ácido Linoleico Conjugado y sus acciones a nivel tisular*, Santiago de Chile, Laboratorio de Lípidos y Antioxidantes-INTA -Universidad de Chile, 2006.
- Shills, M., *Nutrición en salud y enfermedad*, 9ª ed., México DF, Mc Graw, 2002.
- Valenzuela, A. y Ronco, A. M., "Fitoesteroles y Fitoestanoles aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular", en *Rev Chil Nutr*, Vol. 21, Suplemento N°1, Santiago de Chile, noviembre de 2004, pp. 161-169.

# LOS LÍPIDOS Y SUS FUNCIONES EN EL ORGANISMO

---

Lic. Nut. Guillermo Velasco  
Prof. Adj. de Nutrición Básica

## INTRODUCCIÓN

Los lípidos constituyen un grupo de moléculas con la característica de ser solubles en solventes apolares e insolubles en agua.

Se encuentran en los alimentos fundamentalmente en forma de triglicéridos. Otros lípidos presentes en los alimentos son los esteroides, fosfolípidos, y las vitaminas liposolubles.

Los lípidos cumplen en el organismo diversas funciones: energéticas, estructurales y reguladoras, que se resumen a continuación.

- fuente y reserva energética;
  - sostén de órganos;
  - protección contra lesiones traumáticas;
  - mantenimiento de la temperatura corporal;
  - precursor de la vitamina D;
  - participación en la digestión, absorción y transporte de vitaminas liposolubles;
  - componentes esenciales de las membranas celulares;
-

- estructura de tejidos (del sistema nervioso y de la visión);
- síntesis de mediadores parácrinos;
- regulación de la velocidad de vaciamiento gástrico;
- estimulación del flujo biliar.

## ÁCIDOS GRASOS SATURADOS Y MONOINSATURADOS: FUNCIONES Y EFECTOS SOBRE EL PERFIL LIPÍDICO SANGUÍNEO

El principal destino de los ácidos grasos saturados (AGS) y monoinsaturados (AGM) es la beta oxidación, por lo que cumplen una función energética, aportando aproximadamente 9 kcal/g.

Los AGS provocan un aumento del colesterol sanguíneo. Por cada 1% de aumento en el total de consumo de energía a expensas de AGS se prevee un aumento de 2.7 mg/dl de la colesterolemia.

El ácido graso más potente en elevar los niveles plasmáticos de colesterol es el ácido mirístico (C14:0), seguido por el ácido palmítico (C16:0). En tercer lugar se encuentra el ácido láurico (C12:0), en cambio el ácido esteárico se considera "neutral", ya que no afecta sensiblemente el perfil lipídico, tal vez porque en gran parte es transformado a ácido oleico (18:1).

Si se reemplazan AGS por AGM se reduce el colesterol total, el LDL-Col. y los triglicéridos plasmáticos. El efecto sobre el HDL va a depender del total de grasas de la dieta. En la dieta mediterránea, donde el aporte de grasas es mayor al 30% de las calorías, con un predominio de AGM, se observa que éstos ácidos grasos elevan el HDL-Col.

# ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS

## ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES

En 1929 se observó que las ratas alimentadas sin grasa enfermaban y no crecían adecuadamente. Al añadir grasa a la dieta, el problema desapareció. Ello sugirió que había algún factor graso indispensable para las ratas. Pero, no se creía que ocurriera lo mismo con los seres humanos. En un estudio con 428 lactantes alimentados con fórmulas que diferían en su contenido graso (grasa de leche vacuna, aceite hidrogenado o aceite de maíz), encontraron dermatitis y alteración del crecimiento en los 2 primeros grupos. El problema se corrigió al añadir ácido linoleico (AL) y ácido araquidónico (AA). Por primera vez se demostró la esencialidad de ácidos grasos para el ser humano, aunque, en principio se lo atribuyó sólo en los lactantes.

En los adultos se demostró la esencialidad cuando se empezó a utilizar la nutrición parenteral total, donde se administraba solamente hidratos de carbono y aminoácidos.

Los ácidos grasos esenciales son aquellos que el organismo no puede sintetizar a partir de precursores. Para el ser humano son el ácido linoleico y el ácido alfa linoléico, ya que el organismo no puede desaturar más allá del carbono 7.

A partir de estos ácidos grasos se producen otros ácidos grasos de mayor longitud de cadena y más insaturados, así como otro tipo de sustancias con diferentes funciones, las que se analizarán más adelante, en este y otros capítulos.

## ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES Y DERIVADOS

El ácido graso linoleico (AL) es un ácido poliinsaturado de la familia  $\omega 6$ . Es precursor del ácido araquidónico.

El 95% del AL tiene como destino metabólico la beta oxidación en las mitocondrias.

El 5% restante es transformado en AA en el hígado, desde donde viaja hacia otros tejidos unido a fosfolípidos y triglicéridos, en posición SN-2, en las VLDL, o unido a albúmina, como lisofosfolípido (hacia cerebro y placenta principalmente).

Si bien se distribuye a todos los tejidos, el destino principal es cerebro, ojos y testículos.

El ácido alfa linolénico (ALA), es un ácido graso poliinsaturado de la familia  $\omega 3$ . Es precursor del ácido docosahexaenoico (DHA) y del ácido eicosapentaenoico (EPA).

El 85% del ALA sufre beta oxidación. El 15% restante es transformado en el hígado en DHA. Se transporta como lisofosfolípido en posición sn-2, unido a albúmina.

Los destinos principales de estos AG son cerebro, ojos y testículos.

A diferencia con los derivados del AL éstos no son transportados por las VLDL.

La reserva de DHA es hepática, excepto durante el embarazo, que también se acumula en el tejido adiposo.

### **Funciones del DHA**

- Importante para el desarrollo del sistema nervioso y visual del feto y recién nacido.
- A nivel del sistema nervioso participa en la neurogénesis, migración neuronal, sinaptogénesis, apoptosis y mielinización, por lo que posee un probable efecto preventivo y terapéutico en enfermedades del sistema nervioso
- Tiene participación en la regulación del sistema inmune.
- Otorga fluidez a las membranas celulares (ocupa la posición SN-2)
- Regulación de la expresión de genes.

- Estimula la termogénesis por lo que podría tener un papel en la regulación del peso corporal y en la prevención del sobrepeso

En la actualidad se está estudiando si el feto y el recién nacido cuentan con la capacidad para sintetizar todo el DHA que necesitan. Ello obliga a preguntarse si ¿será necesario suplementar a las mujeres embarazadas y madres lactantes?

### **Importancia de la relación $\omega 6$ y $\omega 3$**

La importancia de una adecuada relación de los AG  $\omega 6$  y  $\omega 3$  de la dieta está dada por el hecho de que comparten el mismo sistema enzimático de desaturación y elongación. Además, un hecho no menor, es que la afinidad de estas enzimas es mayor para el ALA que para el AL. Por lo tanto, un aporte dietario de ALA muy alto, disminuye la formación de derivados de AL. Por otra parte, si el consumo de AL es muy elevado (dieta occidental) la transformación de ALA en sus derivados será marginal.

### **Efectos de los AGP sobre el perfil lipídico**

El AL ( $\omega 6$ ) reduce el LDL Col y aumenta el HDL Col, aunque en dietas muy bajas en grasa disminuiría ambas fracciones.

Los consumos muy elevados de AL favorecen la oxidación de las LDL, por ello se ha propuesto que el límite superior de ingesta estaría en torno al 7% del VCT.

Los AG  $\omega 3$  EPA y DHA disminuyen las concentraciones de triacilglicéridos porque reducen la síntesis de Apo B 100, aunque producen un aumento de las LDL.

### **Los ácidos grasos esenciales y la expresión de genes**

Los ácidos grasos pueden regular la expresión de ciertos genes.

Los ácidos grasos  $\omega 6$  y  $\omega 3$  inhiben la transcripción de genes que codifican la síntesis de enzimas de la lipogénesis hepática, por lo tanto, inhiben la síntesis de ácidos grasos. También activarían la betaoxidación de AG dietarios.

Pueden inhibir la diferenciación de las células precursoras de los adipocitos y reducir la acumulación de TG en ellos.

Dietas ricas en AGS y AGt con bajo aporte de AGE  $\omega 6$  y  $\omega 3$  producen disminución de la beta oxidación y un aumento del depósito en los adipocitos. Ello inhibe la síntesis de AGP de cadena larga, en particular de DHA.

## ÁCIDOS GRASOS Y ENFERMEDADES CRÓNICAS

El consumo de AG  $\omega 6$   $\omega 3$  y AGM se asoció con menor probabilidad de desarrollar Alzheimer, en una cohorte de 815 adultos mayores mientras que el consumo de AGS duplicó el riesgo de desarrollar esta enfermedad.

## ÁCIDOS GRASOS CON ISOMERÍA TRANS

Los ácidos grasos cis son aquellos en los que los átomos de hidrógeno se localizan en el mismo lado de la molécula, en cambio los ácidos grasos trans (AGt) son aquellos en los que los átomos de hidrógeno se localizan en los lados opuestos del doble enlace.

“Todas las funciones metabólicas y estructurales de los ácidos grasos se encuentran asociadas a la isomería *cis*”, por lo que esta isomería es estrictamente controlada durante la biosíntesis de ácidos grasos.

Desde el punto de vista dietario, los ácidos grasos que consume el ser humano pueden ser clasificados en:

1. *De origen biológico.* Constituyen aquellos ácidos grasos sintetizados por bacterias y protozoarios del rumen (carne y leche —y sus derivados—) y pueden constituir actualmente, en el contexto de la dieta

“occidental” del 1 al 5% de la ingesta de ácidos grasos trans.

2. *De origen tecnológico.* Constituyen los ácidos grasos trans producto de la hidrogenación de aceites (fundamentalmente vegetales), de la desodorización de aceites y, producto del tratamiento térmico: frituras. En su conjunto, pueden representar el 95% del aporte de ácidos grasos trans.

Desde el punto de vista de los efectos sobre la salud, la evidencia actual sugiere que mientras los ácidos grasos trans de origen biológico podrían tener efectos beneficiosos, sobre todo el ácido linoleico conjugado (CLA) en la prevención de algunos tipos de cáncer, por ejemplo; los ácidos grasos trans de origen tecnológico son postulados como muy perjudiciales para la salud.

Las investigaciones demuestran que estos AGt modifican en forma negativa el perfil lipídico: aumentan los niveles de LDL-Col y reducen los niveles de HDL-Col; por lo que son potencialmente nocivos para la salud cardiovascular. Asimismo se cree que aumentan el riesgo de cáncer y Alzheimer.

Por tener una estructura similar a la de los ácidos grasos saturados, ejercen la misma influencia que éstos en las membranas, afectando la fluidez de las mismas: le confieren rigidez a las membranas por cambios en el punto de fusión, con la consecuente modificación de algunas funciones enzimáticas de la membrana.

Los AGt también tienen efectos en el metabolismo de los AGE y sus derivados ya que inhiben los procesos de desaturación y elongación. Ello afecta entonces la síntesis de eicosanoides.

## COLESTEROL

El colesterol es un lípido que pertenece al grupo de los esteroides; en la naturaleza se presenta en su forma libre o formando ésteres. Es una molécula indispensable para el funcionamiento del organismo, aunque es más conocido por la población general por su asociación a patología vascular aterosclerótica. Entre sus funciones se destacan ser componente esencial de las membranas celulares, precursor de la vitamina D3, necesario para la síntesis de sales biliares y de hormonas: Glucocorticoides (cortisona y cortisol), Mineralocorticoides (corticosterona y aldosterona) y hormonas sexuales (estradiol, estrona, estrol, androsterona y testosterona).

En relación al metabolismo del colesterol, en primer lugar debemos recordar que 2/3 del colesterol de nuestro organismo proviene de la síntesis endógena, fundamentalmente hepática, mientras que el tercio restante proviene de la dieta. El organismo tiene la capacidad de sintetizar todo el colesterol que necesita, por lo que su ingesta no sería necesaria. La regulación tanto de la síntesis como de la excreción es hepática.

La excreción de colesterol es a través de las sales biliares.

Niveles altos de colesterol en sangre se asocian con mayor riesgo de cardiopatía isquémica. Las concentraciones de colesterol en sangre dependen de varios factores:

Un mayor consumo de colesterol se acompaña de un aumento en los niveles sanguíneos (1 mg/dl por cada 25 mg de colesterol aumentado en la dieta, hasta los 500 mg/día de ingesta, por encima del cual no se observan diferencias).

Los distintos ácidos grasos ejercen efectos distintos en la concentración de colesterol: los ácidos grasos saturados y los ácidos grasos trans producto de procesos de industrialización producen un aumento en las concentraciones plasmáticas de colesterol, mientras que los ácidos grasos monoinsaturados tienen un efecto que depende

de la proporción de éstas en el valor calórico de la dieta (VCT).

Otros factores que influyen en la regulación de las concentraciones del colesterol son: estado nutricional, donde el exceso de peso corporal con aumento de grasa intra-abdominal favorece el aumento del colesterol sanguíneo. También hay influencias de hormonas, actividad física, tolerancia a la glucosa, consumo de tabaco y alcohol.

El colesterol puede estar presente en proporciones muy elevadas en las membranas celulares (1 molécula por cada 2 moléculas -o más- disminuyendo la movilidad de las cadenas hidrocarbonadas de los fosfolípidos, afectando negativamente la fluidez de la membrana.

Por otra parte, se sigue estudiando si aquellos lactantes que son alimentados con fórmulas lácteas que contienen una menor concentración de colesterol que la leche humana, y que por lo tanto deben estimular más la síntesis endógena, persisten en la vida adulta con esta síntesis aumentada de colesterol.

## FOSFOLÍPIDOS

Los fosfolípidos son un grupo de sustancias derivadas del ácido fosfatídico y se determinan según la base nitrogenada: fosfatidilcolina (también llamada lecitina), fosfatidiletanolamina y, fosfatidilserina.

Tienen la propiedad de ser polares.

Constituyen más del 50% de la bicapa lipídica (membranas celulares). El fosfolípido más abundante en la capa externa es la lecitina y su derivado esfingomielina y son esenciales para su estructura y función.

Suelen tener un AGS (de 16 o 18 carbonos) en C1 y un AGP ( $\omega 6$  u  $\omega 3$ ) en C2. Mientras que los ácidos grasos saturados son "inertes", los AGP que pueden desdoblarse y servir como sustrato para la síntesis de prostaglandinas. Tienen un papel importante en la homeostasis del

colesterol ya que participan en la transferencia de colesterol desde la célula hacia las lipoproteínas de alta densidad (HDL).

# LAS GRASAS EN PATOLOGÍAS DE ALTA PREVALENCIA

---

Prof. Agda. Lic. Estela Skapino

En los últimos años, se vienen produciendo cambios progresivos en los estilos de vida. Estos tienen relación fundamentalmente con la alimentación y la actividad física. Se puede apreciar un aumento de la ingesta calórica, sobre todo en base a grasas, y una disminución de la actividad física. Estos cambios se han producido a una velocidad mucho mayor a la que el organismo humano en base a su información genética pueda adaptarse, razón por la cual los trastornos metabólicos vienen aumentando progresivamente.

En este sentido, en una primera instancia se abordará la relación entre la grasa como nutriente y las siguientes patologías: obesidad, síndrome metabólico, diabetes y enfermedades cardiovasculares.

Finalmente se hará una revisión del papel de las grasas en el cáncer, así como también en algunas patologías neurológicas.

## ROL DE LOS ÁCIDOS GRASOS LIBRES EN LA GÉNESIS DE ALGUNAS PATOLOGÍAS

A modo de introducción a las patologías metabólicas, se realizará una breve reseña de la fisiopatología producida por el depósito graso a nivel abdominal.

Los trastornos metabólicos que tienen como base la obesidad central asocian secundariamente otras patologías

---

como hipertensión arterial, dislipemias y alteraciones del metabolismo glucémico como glicemias de ayuno alteradas y Diabetes 2. Estas alteraciones son factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Los depósitos grasos a nivel abdominal son los que originan la mayor proporción de ácidos grasos libres en plasma, en comparación con otras zonas de depósito de grasas en el organismo.

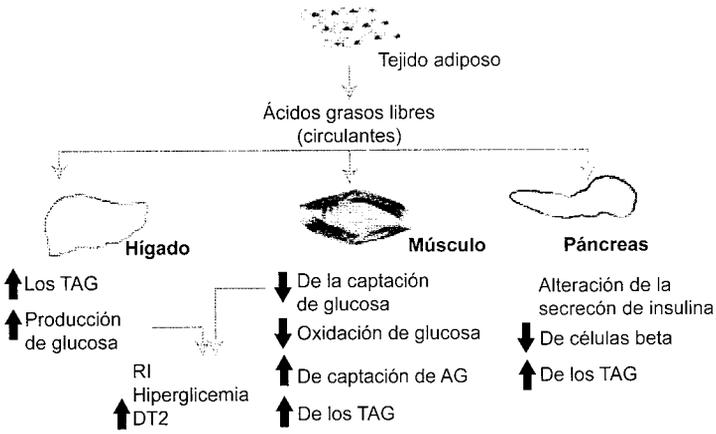
Estos ácidos grasos libres producen una insulino-resistencia a nivel hepático y muscular disminuyendo la captación de glucosa en estos tejidos.

A su vez se produce una alteración del metabolismo lipídico: aumentan los depósitos de triglicéridos en el interior de las células no adiposas (esteatosis) produciéndose daño tisular. A este fenómeno se lo conoce como *lipotoxicidad*.

La lipotoxicidad a nivel *muscular* produce una disminución de la oxidación de los ácidos grasos y una mala utilización de la glucosa por lo que se produce una insulino resistencia.

A nivel del *páncreas*, la lipotoxicidad a través de un aumento crónico de los ácidos libres en plasma acelera el establecimiento de diabetes 2.

A nivel *hepático* los ácidos grasos libres promueven la gluconeogénesis con la consecuente hiperinsulinemia compensadora favoreciendo el desarrollo de intolerancia a la glucosa o diabetes tipo 2 (Cuadro N°1).



**Cuadro 1.** Rol de los ácidos grasos libres sobre el metabolismo celular.

# GRASAS Y OBESIDAD

---

Lic. Nut. Marina Moirano  
Prof. Adj. de Nutrición Clínica

## INTRODUCCIÓN

La obesidad es considerada en la actualidad una epidemia de la civilización. Según la Encuesta Nacional de Factores de Riesgo de Enfermedades crónicas no transmisibles, el sobrepeso y la obesidad afectan al 60% de la población adulta uruguaya.

Es una enfermedad en sí misma y un factor de riesgo de otras enfermedades crónicas no transmisibles.

Su origen es multifactorial, lo que condiciona la necesidad de un abordaje terapéutico integral. En su génesis se destaca el conflicto existente entre una genética antigua, diseñada para la supervivencia en condiciones de escasez de alimentos, y la vida moderna, con una oferta creciente de alimentos de alta densidad energética y escasa actividad física.

Su diagnóstico se realiza por métodos antropométricos, existiendo una buena correlación entre el índice de masa corporal y el porcentaje de grasa corporal total, y entre la medida de la cintura y la grasa visceral.

---



Clasificación	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Riesgo comorbilidades
Bajo peso	< 18,5	Bajo (mayor riesgo de otros problemas clínicos)
Rango normal	18,5-24,9	Medio
Sobrepeso	> = 25	
Pre-obeso	25-29,9	Aumentado
Obesidad clase I	30-34,9	Moderado
Obesidad clase II	35-39,9	Severo
Obesidad clase III	> = 40	Muy severo
OMS 1997		

**Cuadro 1.** Indicadores antropométricos de uso frecuente para el diagnóstico de obesidad y definición de riesgo asociado

En forma más reciente (2005), la International Diabetes Federation (IDF) plantea parámetros de referencia para la medida de la cintura, proponiendo tomar como un elemento más para la definición de síndrome metabólico para la población adulta descendiente de europeos  $\geq 94$  cm de cintura para el hombre y  $\geq 80$  cm en la mujer. Estos criterios, anteriormente sugeridos por la OMS como los puntos de corte a partir de los cuales comenzaba a aumentar el riesgo de complicaciones metabólicas, son los utilizados actualmente para definir obesidad central.

## LAS GRASAS DE LA DIETA Y EL DESARROLLO DE OBESIDAD

Distintos factores han sido vinculados a la ganancia de peso y la obesidad. La OMS en el 2003 cita los siguientes según grado de evidencia:

Evidencia	Disminuye riesgo	Aumenta riesgo
Convincente	Actividad Física Alto consumo de fibra	<i>Estilo de vida sedentario</i> Alto consumo de alimentos con densidad energética y pobres en nutrientes
Probable	Hábitos en hogar y escuela: promueven alimentación saludable en el niño Lactancia materna	Fuerte marketing en fast foods Bebidas y jugos c/ azúcar Condiciones socio económicas adversas
Posible	Alimentos de bajo índice glicémico	Tamaño porciones Alta proporción de comida preparada fuera de casa Restricción severa/períodos de desinhibición
Insuficiente	Frecuencia de ingestas aumentada	Alcohol

**Cuadro 2.** Factores dietéticos vinculados con la obesidad (oms 2003)

Si bien las grasas no son mencionadas como un punto específico, están presentes aumentando la densidad energética de muchas preparaciones, en los alimentos de consumo rápido (*fast food*) y como ingrediente de las comidas preparadas fuera de casa, ya que es conocida la mejora en las características sensoriales de las preparaciones que la incluyen.

Por otra parte, la grasa es el nutriente que presenta mayor densidad energética (9 Kcal/g) en relación a proteínas e hidratos de carbono que aportan 4 Kcal/g.

Presenta otras características que se vinculan con la ganancia de peso. Si bien retardan el vaciamiento gástrico, presentan un escaso poder de saciedad, definida ésta como el estado de inhibición alimentaria que sigue a la ingesta de alimentos, que controla los períodos inter-ingestas.

Esta característica, unida a la alta palatabilidad, determina un sobreconsumo pasivo de energía al permitir

vehicular un importante aporte calórico en preparaciones atractivas, aún de pequeño volumen y producir un efecto no detectable en la expresión del apetito.

Sin embargo, este efecto puede ser modificado por el patrón particular de consumo de alimentos durante el curso del día.

El costo energético de los distintos macronutrientes para su almacenamiento es diferente. Las grasas presentan una mayor facilidad de almacenamiento, al requerir únicamente un 4% del gasto calórico, mientras que hidratos de carbono requieren un 12% y proteínas un 23%. A su vez, presentan un bajo poder de estimular su propia oxidación.

El efecto podría ser diferente a lo largo del tiempo y según el tipo de ácido graso ingerido.

Trabajos que comparan el impacto de dietas ricas en distintos ácidos grasos sostienen que a pesar de una disminución leve en la termogénesis inducida por alimentos, las dietas altas en grasas monoinsaturadas tienen un efecto en el gasto energético de 24 horas que no es significativamente distinto al observado en dietas bajas en grasas, al analizar el efecto luego de 6 meses de intervención.

A nivel de la literatura, existe la discusión de si son las grasas quienes se vinculan con el aumento de peso o es el incremento en el valor calórico que ellas determinan al ser incluidas en la dieta. Se plantea que la ingesta calórica, pero no el porcentaje de energía desde las grasas es responsable de la ganancia de peso. De esta forma, dietas bajas en grasas pueden contribuir al mantenimiento del peso y dietas altas en grasas promueven la ganancia de peso debido a la influencia de la ingesta de grasas en el total de energía.

Por otra parte, no todos los ácidos grasos tienen igual comportamiento a nivel metabólico.

Los ácidos grasos saturados de cadena larga son más susceptibles a depositarse en relación a los ácidos grasos insaturados, fundamentalmente los de tipo  $\omega$ 3. A su vez,

los ácidos grasos insaturados del tipo  $\omega 3$  son más susceptibles a la oxidación.

Se ha encontrado relación entre el tipo de grasa ingerida y la distribución de grasa corporal.

Existen trabajos que plantean que los niveles de oxidación de grasas postprandiales son mayores después de una dieta alta en ácidos grasos monoinsaturados en relación a comidas altas en ácidos grasos saturados. Esto parecería ser particularmente evidente en hombres con circunferencia de la cintura aumentada.

Otros autores sugieren que una dieta isocalórica alta en ácidos grasos monoinsaturados previene la redistribución de la grasa a nivel central.

Diversos mecanismos estarían implicados en estos fenómenos. Actualmente se reconoce el vínculo entre distintos nutrientes accionando sobre la regulación de la expresión genética (nutrigenómica) y la respuesta de la estructura genética particular del individuo a ciertos nutrientes (nutrigenética). Es así que los ácidos grasos poliinsaturados de la dieta se vinculan como ligandos con receptores del tipo PPAR (peroxisome proliferator-activated) modulando la homeostasis del metabolismo lípidico y glucídico, promoviendo la oxidación de la grasa ectópica. A su vez, existe evidencia de que la grasa saturada propende al sobreconsumo, por acción sobre los mecanismos centrales del control alimentario.

## LAS GRASAS EN EL TRATAMIENTO DE LA OBESIDAD

Existen distintas estrategias reconocidas por la OMS (1997) para el tratamiento de la obesidad, que modifican en mayor o menor medida la relación normal de macronutrientes y /o el aporte energético total.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dietas individualizadas con déficit energético modesto (reducción de 500-600 calorías del requerimiento y/o de la ingesta real, con un aporte de 20-30% de grasas)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dietas <i>Ad libitum</i>, bajas en grasas (reducción de 10% de la ingesta habitual de grasas y menos de 24% del valor calórico total).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dietas con déficit energético severo o moderado (1000-1200 kcal, y menos de 25% de grasas)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dietas de muy bajo aporte calórico (VLCD- &lt; 800 kcal).</li> </ul>

Según las guías NIH-NHLBI (1998), las evidencias de tipo A en relación al tratamiento de la obesidad son:

- "Reducir sólo las grasas, sin restricción calórica no es suficiente para la pérdida de peso. Sin embargo, reduciendo grasas y carbohidratos puede facilitarse la reducción calórica".

En relación con las estrategias dietéticas para el tratamiento de la obesidad plantean:

- "Dietas de bajo valor calórico (LCD) están recomendadas para la pérdida de peso en pacientes con sobrepeso u obesidad. Reducir las grasas en una medida práctica para reducir las calorías".

Recientemente, las Guías Europeas (2008) recomiendan:

*"El énfasis puesto en la relación de macronutrientes (bajas en grasas, bajas en carbohidratos, altas en proteínas, etc) no ha mostrado mejores resultados que la dieta hipocalórica convencional, excepto las dietas con baja carga glicémica (low-glycaemic load diets) en el corto plazo".*

*"...la restricción energética tiene que ser individualizada y considerar los hábitos alimentarios, actividad física, comorbilidades y experiencias anteriores con dietas (RBP= Recommended best practice based on the clinical experience of the guideline development group)... La indicación de una dieta con restricción calórica requiere la intervención de un Nutricionista".*

Las Guías Canadienses (2006) enfatizan —también con un nivel de evidencia de tipo A— la implementación de una dieta saludable con reducción de la ingesta calórica y fomento de la actividad física como componentes esenciales de un programa de manejo del peso, no discriminando beneficios de una u otra estrategia dietética.

## OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO DE LA OBESIDAD

Desde una concepción integral, el tratamiento de la obesidad implica el descenso de peso realista, su mantenimiento en el tiempo, la mejora en los factores de riesgo asociados y de la salud general. Esto requiere modificar hábitos alimentarios y conductas vinculadas a la alimentación, incorporar actividad física y sostener estos cambios a lo largo del tiempo.

Los trabajos de intervención centrados en la reducción de peso manipulan: el valor calórico total y la relación de macronutrientes (carbohidratos, grasas y proteínas).

Muchos utilizan alimentos naturales, pero otros reemplazos dietéticos con fórmulas predefinidas (*meal replacements*).

En ocasiones miden el efecto de intervenciones combinadas, centradas en la nutrición, la actividad física y la terapia de la conducta, asociando o no fármacos.

Un punto importante a considerar para evaluar los resultados de las investigaciones es el formato de la intervención. Algunos trabajos miden el impacto de una dieta suministrada y otros el de una dieta con libre selección de alimentos, orientada por educación nutricional (variando en el tiempo de seguimiento, número de encuentros, formato individual o grupal), ya que la adherencia es distinta.

Difieren en el período de seguimiento, obteniendo distintos resultados en el corto y el largo plazo. A su vez, el impacto de la dieta suministrada puede medirse únicamente con la respuesta ponderal o asociar las modificaciones en

los parámetros de laboratorio u otros factores de riesgo asociados.

Siguiendo estos criterios se ubican en la literatura distintas investigaciones con dietas:

Restricción moderada de carbohidratos y baja en grasas Hidratos de carbono bajos, proteínas aumentadas y grasas aumentadas (Atkins) Restricción de calorías y baja en grasas Ad libitum baja en grasas Dietas definidas a partir de la reducción de la densidad energética. Patrones alimentarios específicos (dieta mediterránea)
---

La reducción de la densidad energética de la dieta es una medida básica. Se reconoce como una estrategia efectiva para manejar el peso corporal y controlar la sensación de hambre, particularmente mediante la combinación del aumento del consumo de frutas y verduras y la disminución de la ingesta de grasas.

Sin embargo, al observar la pérdida de peso hasta en 1 año, dietas bajas en carbohidratos sin restricción energética parecen ser al menos tan efectivas como dietas bajas en grasas con restricción energética. Es importante observar el impacto de esta estrategia sobre otros factores de riesgo asociados. Los efectos favorables del descenso de TG y el aumento de HDL observados con dietas bajas en carbohidratos deben ser producidos en relación con los efectos adversos que representa el aumento de los valores de LDL.

Existen meta-análisis que ilustran los beneficios de las dietas *ad-libitum* bajas en grasas.

Plantean que dietas bajas en grasas, altas en proteínas y en carbohidratos ricos en fibra, principalmente derivados de vegetales, frutas y granos enteros, brindan menos calorías y alta saciedad. Postulan que una reducción de la ingesta de grasas sin restricción del total de calorías previene la ganancia de peso en sujetos con peso normal

y produce una pérdida de peso en sujetos con sobrepeso, que es altamente relevante para la salud pública. Es reconocido el mayor impacto de éstas dietas a mayor peso.

La Dieta mediterránea y las dietas bajas en carbohidratos pueden ser alternativas efectivas a las dietas bajas en grasas. Los efectos más favorables en los lípidos (con dieta baja en carbohidratos) y en el control glicémico (con dieta mediterránea) sugieren que las preferencias personales y las complicaciones metabólicas deben ser consideradas en forma individual al seleccionar la intervención dietética.

## OTROS COMPONENTES DE LA DIETA Y SU VÍNCULO CON EL TRATAMIENTO

El impacto de los CLA en el tratamiento de la obesidad se encuentra aún en revisión. Hay trabajos que plantean que la administración de 3,2 g/día de CLA produce una pérdida modesta en la masa grasa en humanos.

Escasa literatura vincula los TCM y la obesidad.

## EN RESUMEN

Para el tratamiento: La reducción global de las grasas en la dieta es fundamental para reducir el aporte calórico global del plan y proyectar un descenso de peso exitoso y un mantenimiento a largo plazo. La selección adecuada de la calidad de esas grasas es muy importante, ya que tiene implicancias metabólicas que exceden el aporte calórico.

Considerar el patrón de consumo previo de cada individuo es imprescindible para seleccionar la mejor estrategia dietética, por lo que un tratamiento individualizado planificado, implementado y con seguimiento por un Licenciado en Nutrición posibilita mejores resultados.

# GRASAS EN EL SÍNDROME METABÓLICO Y DIABETES

---

Lic. Estela Skapino  
Prof. Agda. de Nutrición Clínica

A continuación se abordará el papel que juegan las grasas de la alimentación en el desarrollo y el tratamiento de dos entidades clínicas como son el Síndrome Metabólico y la Diabetes.

## PREVALENCIA

En los últimos años se han realizado en nuestro país estudios que muestran la prevalencia de estas patologías tanto a nivel local como a nivel nacional.

La encuesta realizada por la Sociedad Uruguaya de Diabetología en el año 2004 en un barrio representativo de la ciudad de Montevideo mostró los siguientes resultados:

6,4% diabéticos conocidos
1,6% diabéticos no conocidos
TOTAL: 8% diabéticos
8,2% glicemias alteradas (criterio2004)

A su vez, dentro del grupo de diabéticos 20,5% presentaba sobrepeso y 41% obesidad.

---

La Primer Encuesta Nacional de Factores de Riesgo realizada por el MSP<sup>1</sup> sobre una muestra representativa de todo el país mostró los siguientes resultados:

**Diabéticos** conocidos más **glicemia de ayuno alterada** (>126mg/dl): **6.5%**.

## DIAGNÓSTICO

Como se ha mencionado previamente, el síndrome metabólico es una entidad caracterizada por trastornos metabólicos que tienen como base la obesidad central y que asocian alguna o varias patologías como consecuencia de la misma: hipertensión arterial, dislipemia, insulino resistencia. En el desarrollo del mismo intervienen factores genéticos y ambientales.

El diagnóstico de síndrome metabólico se puede realizar siguiendo diferentes criterios clínicos. Citaremos en este caso los criterios más frecuentemente utilizados: ATP III OMS e IDF. Cuadro N°1

	ATP III	OMS	IDF
	Al menos 3 de de los siguientes FdeR	DB, GAA, IG+2 FdeR	Obesidad central +2 FdeR
Circ. cintura	>102cm (H) >88cm (M)		*≥80 (M) ≥90 (H)
IMC		>30	
Cint/Cadera		>0.9 (H) >0.85 (M)	
TG	≥150mg/dl	≥150mg/dl	≥150mg/dl
HDL	<40mg/dl (H) <50mg/dl (M)	<35mg/dl (H) <40mg/dl (M)	<40mg/dl (H) <50mg/dl (M)
Glicemia de ayuno	≥110mg/dl		≥100mg/dl o diabetes 2
PA	≥130/≥85	≥140/90	≥130/≥85
Albuminuria		>20µg/min	

**Cuadro 3.**

Se puede apreciar que si bien tienen sus diferencias, los elementos que se toman en cuenta para realizar el diagnóstico son muy similares.

## ÁCIDOS GRASOS PLASMATICOS

El estudio *ARIC* (Atherosclerosis Risk in Communities Study), dentro de una de sus ramas de investigación muestra como los ácidos grasos libres en plasma son un factor predictor independiente para el desarrollo de la diabetes 2. Las asociaciones fueron ligeramente más fuertes en el caso de los obesos.

A su vez, en otra rama de esta investigación, realizada sólo en la comunidad de Minneapolis con los participantes de este estudio, se asoció una alta proporción de ácidos grasos saturados y colesterol en los fosfolípidos plasmáticos, con una mayor incidencia de diabetes, no mostrando relación consistente los ácidos grasos mono y poliinsaturados.

## ÁCIDOS GRASOS DE LA ALIMENTACION

En relación a la ingesta de grasas y el desarrollo de síndrome metabólico y diabetes la OMS, en su documento "Dieta, Nutrición y Prevención de Enfermedades Crónicas"<sup>4</sup>, donde realiza un metaanálisis de estudios realizados hasta el año 2002, considera los siguientes *factores dietéticos de riesgo*, con alto peso de evidencia:

- consumo total de grasas;
- ácidos grasos saturados;
- ácidos grasos trans.

A su vez establece, con el mismo peso de evidencia, que los *ácidos grasos omega tres disminuyen el riesgo* de desarrollo de estas patologías.

## CANTIDAD DE GRASAS

Dos grandes estudios poblacionales en individuos con intolerancia a la glucosa toman en cuenta el descenso de la *cantidad de grasa total* de la dieta como una de las medidas para prevenir la evolución a una diabetes.

El *Finish Diabetes Prevention Study*, un ensayo controlado randomizado realizado en 5 centros de Finlandia para evaluar el impacto del estilo de vida en individuos con insulinoresistencia tenía como una de sus indicaciones dietéticas en el grupo de intervención, entre otras medidas, el descenso del consumo de grasas a menos del 30% del valor calórico total (VCT) y dentro de estas no sobrepasar el 10% de grasas saturadas. El grupo de intervención presentó 58% menos de incidencia de diabetes durante los años de estudio.

El *DPP Study* (8) realizado en un grupo de más de 3000 obesos con insulinoresistencia estudió en uno de los grupos de intervención los efectos del cambio del estilo de vida en la incidencia de diabetes. Dentro de las medidas dietéticas también se apuntó al descenso de la cantidad total de grasas. La incidencia de diabetes en el grupo de cambios en el estilo de vida fue 58% menos en promedio y 71% menos en mayores de 60 años. El consumo de grasas promedio al inicio era de 34%, descendiendo a 28% al final.

## CALIDAD DE GRASAS

Varios estudios de investigación destacan la *calidad de las grasas* de la dieta en relación a la sensibilidad a la insulina. Los ácidos grasos de la alimentación se ven reflejados en la composición grasa de la membrana celular, condicionando su fluidez y su estabilidad.

El *Nurses' Health Study*, un estudio longitudinal iniciado en 1976 con la finalidad de estudiar entre otras cosas la influencia de la dieta y el estilo de vida sobre la incidencia de enfermedades crónicas no trasmisibles agregó entre

1980 y 1984 preguntas sobre tipos de grasa consumida. Esta parte del estudio mostró que la grasa total comparada isocalóricamente con los hidratos de carbono no mostró una incidencia mayor de diabetes tipo 2. Los *ácidos grasos trans* mostraron aumentar el riesgo, mientras que una relación mayor AGP/AGS mostraron disminuirlo.

Un hecho que aun se mantiene en discusión es si el efecto insulinosensibilizador es debido a la disminución de grasas saturadas o al aumento de las insaturadas. Se necesitan estudios más a largo plazo.

Diversos metaanálisis de estudios randomizados utilizando dietas isocalóricas altas en *ácidos grasos monoinsaturados* (AGM), han mejorado el control glicérico en diabéticos 2.

En estudios donde se compara la sustitución de ácidos grasos saturados (AGS) o carbohidratos por AGM, muestran una mejora de la sensibilidad a la insulina.

En estudios donde se comparan dietas ricas en AGP, AGS y AGM son estos últimos los que muestran mayor aumento de la sensibilidad a la insulina en dietas con un aporte de grasa menor al 37% del VCT.

En este mismo metaanálisis se observó que un aumento del nivel de ácidos grasos omega 3 en el tejido del músculo esquelético muestra un aumento en la insulino sensibilidad. A su vez, una elevación en la relación n6/n3 en el tejido muscular muestra un aumento de la insulinemia de ayuno.

Sin embargo estas asociaciones no necesariamente tienen relación causal con la ingesta dietética de estas grasas.

El *ácido graso*  $\omega 3$  de origen marino mostró disminuir la insulino resistencia a nivel muscular asociada con obesidad, sin embargo no demostró mejorar insulino sensibilidad a nivel hepático y aparentemente no sería efectivo una vez instalada la diabetes.

Los efectos pleiotrópicos de los ácidos grasos n-3 como son la modulación de la inflamación, de la actividad

plaquetaria, de la función endotelial y su efecto sobre la presión arterial contribuyen en la mejora del síndrome metabólico aunque los efectos a nivel de la insulino sensibilidad en humanos aun no es concluyente.

En relación al *ácido linoleico conjugado* (CLA), un ácido graso trans de origen biológico, hay estudios en roedores que muestran que una mezcla de isómeros de estos ácidos grasos pueden revertir la insulino resistencia y mejorar el metabolismo glucídico, sin embargo en humanos los estudios han mostrado efectos contradictorios.

De acuerdo a las evidencias científicas existentes hasta el momento, en relación a las grasas, el síndrome metabólico y la diabetes, se puede establecer que:

- Las dietas ricas in AGS y AG Trans pueden aumentar la insulino resistencia
- Los AGM parecen mejorar la insulino sensibilidad
- Altas dosis de AGP no permiten ser concluyentes en cuanto a su efecto en el metabolismo glucídico

## RECOMENDACIONES

La Asociación Americana de Diabetes (ADA), basándose en estas evidencias, realiza las siguientes recomendaciones:

- limitar AGS a menos del 7% VCT;
- minimizar ingesta de AG Trans;
- limitar el colesterol dietético a menos de 200mg/día;
- consumo de 2 o más porciones de pescado semanales.

Por todo lo expuesto, se puede concluir que el manejo nutricional del paciente con síndrome metabólico y/o diabético debe considerar íntegramente todos los nutrientes y hoy por hoy representa un desafío para el profesional en nutrición.

# GRASAS Y ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR

---

Lic. Estela Skapino  
Prof. Agda. de Nutrición Clínica

A continuación se desarrollará la vinculación entre las grasas en la alimentación y las enfermedades cardiovasculares (ECV), concretamente en relación a la hipertensión arterial (HTA), las dislipemias y la enfermedad coronaria.

## ALGUNAS CIFRAS

- 33,8% de las muertes en nuestro país son por causa cardiovascular.

Según la recientemente publicada Primer Encuesta Nacional de Factores de Riesgo realizada por el MSP<sup>1</sup>

- 33% de adultos presenta una colesterolemia total mayor a 200 mg/dl;
- 5,8% de adultos supera los 250 mg/dl;
- 34% de adultos tiene presión arterial superior o igual a 140/90mm/Hg o se encuentra en tratamiento por hipertensión arterial.

## GRASAS: ¿CANTIDAD O CALIDAD?

En los últimos 50 años se han encontrado múltiples evidencias que relacionan la alimentación en general y determinados nutrientes en particular con el riesgo de enfermedad cardiovascular (ECV).

---

Las primeras evidencias (débiles) relacionaban exclusivamente a la grasa con la ECV, sobre todo la cantidad total de grasas. Es así que surgieron recomendaciones para disminuir el consumo de grasas en la dieta. Actualmente las evidencias muestran que no es la *cantidad* de grasa lo que influye sino la *calidad* de la misma.

El estudio WHI (Women's Health Initiative Trial), diseñado con el objetivo de relacionar la disminución de la ingesta de grasa y el aumento del consumo de fibra con el cáncer de mama y colorrectal, analizó secundariamente el efecto de esta dieta sobre la ECV. La ingesta promedio inicial fue de 32% de grasas y las metas en el grupo de intervención eran de reducir las grasas al 20% del VCT, al tiempo de aumentar el consumo de frutas y verduras a 5 porciones diarias. No se hicieron especificaciones sobre el manejo de ácidos grasos, reducción energética o reducción de peso corporal.

A los 6 años, en el grupo de intervención se observó:

- disminución de ingesta total de grasa en 8,2% y de grasa saturada en 2,9%;
- disminución de AGt, AGM, colesterol y AGP (pero sin alterar la relación AGP/AGS);
- modesto aumento de vegetales y frutas.

A los 3 años se pudo apreciar:

- un pequeño pero significativo descenso de: peso, cintura, PA y LDLc;
- no hubo diferencias significativas en TG, HDLc, no HDLc, glicemia e insulinemia (aunque en estos últimos la tendencia es a la mejora);
- no se vieron diferencias significativas en eventos cardiovasculares comparando dieta baja en grasas con dieta control.

Como análisis adicional se encontró que:

- quienes alcanzaron niveles más bajos de AGS ( $\leq 6,1\%$ ) y AGt ( $\leq 1,1\%$ ), disminuyeron riesgos de ECV;

- lo mismo ocurrió para el consumo mayor de verduras y frutas ( $\geq 6,5$  porciones/día);
- hubo un paralelismo entre la disminución de AGS y AGt y la disminución de LDLc.

El estudio sugiere que centrarse en la grasa total lleva a una disminución del consumo de todos los ácidos grasos lo que lleva a una leve mejora del LDL colesterol pero no mejora el HDL colesterol.

## ROL DE LOS ÁCIDOS GRASOS EN LA ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR

### ÁCIDOS GRASOS SATURADOS (AGS)

La Asociación Americana de Nutricionistas junto con la Asociación de Nutricionistas de Canadá, publicaron en el año 2007 un documento conjunto en relación a su posición sobre el efecto de las grasas en el organismo, tomando en cuenta los diferentes metaanálisis realizados con estudios de alto grado de evidencia científica. Allí se establecen las siguientes conclusiones en relación a los AGS:

- existe una asociación positiva entre consumo de AGS y ECV;
- por cada 1% aumento de VCT por AGS aumenta el LDLc 1,3 a 1,7 mg/dl y el HDL 0,4 a 0,5 mg/dl;
- los efectos diferentes según tipo de ácido graso saturado;
- el ácido láurico (12:0) y el ácido mirístico (14:0) aumentan el Colesterol total (CT) más que el ác. Palmítico (16:0);
- el ácido esteárico (18:0) tiene un efecto neutral sobre LDL y HDL;

- el ácido láurico disminuye la relación CT/HDL por aumento del HDL (no así el mirístico o el palmítico).

En 3 estudios randomizados donde se siguieron dietas con menos del 7% VCT/AGS y menos de 200 mg/d colesterol se vieron reducciones del LDLc entre 9 y 12% comparado con grupos con dieta occidental.

En metaanálisis de estudios que además de estas restricciones grasas mostraban pérdidas de peso de entre 3 y 6 kg, se vieron descensos del LDLc de hasta 16%.

En el estudio OmniHeart Trial, se observó el efecto de tres dietas bajas en AGS (6% del VCT) y Colesterol (menor a 200mg/día), pero cada una de ellas alta en otro nutriente: Hidratos de Carbono (HdeC), Proteínas y AGP.

- en los 3 tipos de dieta el LDLc y el riesgo de ECV disminuyeron entre 16 y 21%;
- el riesgo de ECV disminuyó más en los grupos altos en proteínas y ácidos grasos insaturados que en HdeC.

## ÁCIDOS GRASOS TRANS (AG†)

La posición de las Asociaciones de Nutricionistas Americanas y Canadienses, mencionado previamente<sup>33</sup>, concluye en relación a los AG trans de origen tecnológico:

- existe una asociación positiva entre los AGt y las ECV, los riesgos de IAM fatales y no fatales y la muerte súbita;
- disminuyen el HDLc, y aumentan la relación CT/HDL y LDL/HDL;
- aumentan otros factores de riesgo: LDL pequeñas y densas, lípidos posprandiales, disfunción endotelial.

Múltiples estudios de investigación continúan mostrando resultados que ameritan desaconsejar el consumo de AGt.

En relación a los AGT de origen biológico, el documento concluye:

- no hay estudios clínicos suficientes sobre efectos del ácido vaccénico, por lo tanto no hay evidencia suficiente para recomendar un consumo mayor de lácteos y carnes de rumiantes más allá de lo que se recomienda por contenido en AGS;
- tampoco se recomienda aumentar el consumo de grasa vacuna o láctea como medio de aumentar consumo de CLA;
- es necesaria más evidencia clínica.

### ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS (AGP)

Considerando los resultados de los metaanálisis del documento que se viene analizando<sup>3</sup> en relación a los AGP se puede concluir:

- se reconoce cada vez más que una relación n-6:n-3 elevada contribuye a enfermedades que se asocian a dietas occidentales;
- no hay consensos científicos aún que expliquen si el riesgo de estas enfermedades se da por un elevado consumo de  $\omega 6$ , un bajo consumo de  $\omega 3$  o un aumento de la relación  $\omega 6:\omega 3$ ;
- varios ensayos clínicos mostraron que 13% a 21% del VCT en AGP disminuye el CT de 13% a 15% y los eventos CV entre 25% y 43%;
- el aumento de 1% del VCT en AGP disminuye el CT 0,9mg/dl mientras que igual cantidad en AGS aumenta el CT en más del doble;
- sustituir Hidratos de Carbono por AGP aumentan el HDL aunque en menor proporción que los AGS y los AGM;
- las fracciones lipídicas de LDL en sujetos con dietas altas en ácido linoleico vs dietas altas en AGM son más susceptibles a la oxidación.

En relación con la recomendación de consumo, el documento establece que existen dos posiciones:

- disminuir ácido linoleico a favor de AGM y ácido linolénico;
- mantener consumo ácido linoleico y aumentar  $\omega 3$ .

En relación con la última posición estudios recientes sugieren que los  $\omega 6$  y  $\omega 3$  juntos están asociados a una disminución de la inflamación.

En relación con los ácidos grasos  $\omega 3$ :

- ensayos clínicos epidemiológicos muestran que los ácidos grasos omega 3 disminuyen el riesgo de ECV y mucho más el riesgo de muerte súbita y otros eventos coronarios;
- el estudio de "profesionales de la salud" reportó que 1% de aumento en ácido linolénico disminuye 40% el riesgo de IAM;
- estudios epidemiológicos recientes continúan sosteniendo el efecto beneficioso del ácido linolénico sobre la ECV, particularmente en presencia de ingesta de pescado.

El potencial efecto cardioprotector de los ácidos grasos  $\omega 3$  se debe a los siguientes efectos:

- disminución de TG;
- antiagregación plaquetaria;
- mejora de la función endotelial;
- disminución de la vaso constricción.

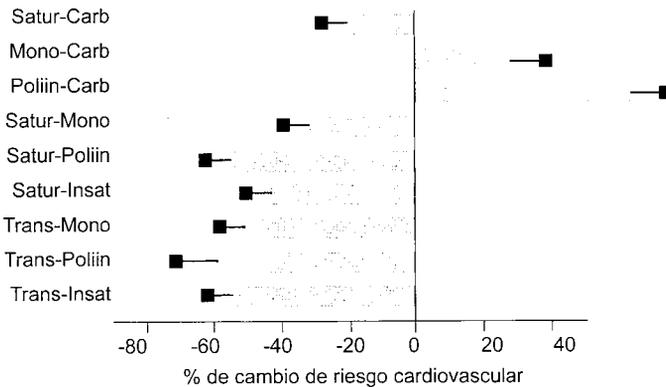
Cinco estudios epidemiológicos<sup>33</sup> realizados en USA con ingesta de EPA y DHA a través de pescado mostró el mayor descenso de eventos cardiovasculares con un consumo promedio de 496 mg diarios de estos ácidos grasos.

A modo de ejemplo, 500mg de EPA y DHA diarios equivalen a 226g pescado por semana.

La American Heart Association (AHA) establece las siguientes recomendaciones de consumo de ácidos grasos  $\omega 3$ :

- prevención primaria: 2 o más porciones semanales de pescado más aceites con ácido linoleico;
- prevención secundaria: 1g de EPA más DHA por día.

Estimación de la modificación (%) de riesgo de enfermedad cardiovascular asociado a la modificación isocalórica de un nutriente por otro



**Efectos de los lípidos sobre el riesgo cardiovascular.** Gentileza Alfonso Valenzuela B. Diploma Grasas y aceites en la nutrición humana. 2006

## GRASAS EN LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL (HTA)

La HTA es uno de los mayores factores de riesgo de ECV. Daña el endotelio arterial facilitando la entrada del LDLc, endureciendo la pared arterial y aumentando el riesgo de IAM, stroke y enfermedad renal.

El conocido estudio DASH, un estudio randomizado realizado en el año 1997 que relacionó el estilo de vida con la HTA, analizando 3 patrones dietéticos, mostró que el patrón de dieta DASH fue el que tuvo mayor efecto sobre el descenso de la presión arterial. La dieta *DASH* era

normosódica, rica en frutas, verduras, lácteos descremados y en relación a las grasas era *baja en AGS (6% VCT) y colesterol y tenía un promedio total de grasas de 27% del VCT.*

En el Kanwu Study realizado en 5 centros de Europa y Australia, con adultos de entre 30 y 65 años a los que se les alternó las siguientes dietas:

- una rica en AGS (17% AGS, 14% AGM, 6% AGP);
- una rica en AGM (8% AGS, 23% AGM, 6% AGP);
- entre ambas se hizo una suplementación con aceite de pescado (3,6g n3).

Se observaron los siguientes resultados:

- una disminución de la PAS (2.2%) y PAD (3.8%) en el grupo con dieta alta en AGM y sin cambios en el grupo con dieta alta AGS;
- en consumos por debajo de la media de grasas (37% VCT), los AGM lograron descensos mayores de PAS y PAD;
- por encima del 37% VCT no se vieron cambios significativos en la PA;
- el agregado de  $\omega$ 3 no produjo cambios en la PA.

Varios metaanálisis han mostrado efectos positivos sobre la PA en sujetos hipertensos, no así en normotensos<sup>37</sup>

Para finalizar, se mencionarán las recomendaciones que realiza el Primer Consenso Nacional de Aterosclerosis en relación al consumo de grasas en las ECV:

- AGS <7%;
- CT <200 mg/día;
- AGt <1% VCT;
- AGP 6-10% VCT con adecuado balance  $\omega$ 6/ $\omega$ 3;
- resto grasas: AGM (hasta 30% VCT).

Esta relación de ácidos grasos deberá enmarcarse dentro de un plan de alimentación balanceado que considere el resto de los nutrientes a jerarquizar en la enfermedad cardiovascular, permitiendo además mantener un peso saludable.

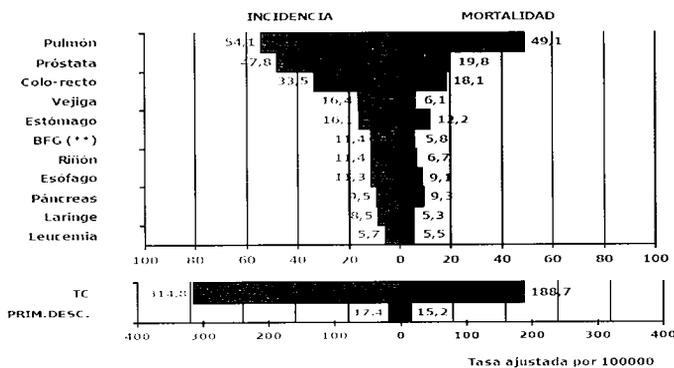
# EFFECTOS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ÁCIDOS GRASOS EN EL CÁNCER

Lic. Nut. Nadya Golovchenko  
Asistente de Nutrición Clínica

## CÁNCER

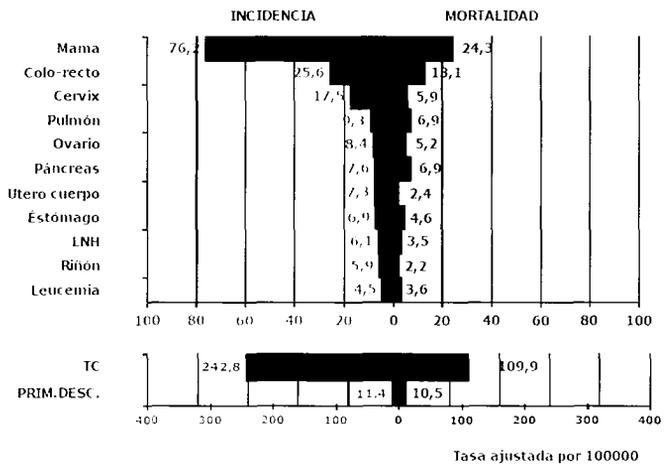
En nuestro país el cáncer constituye un importante problema de salud pública, tanto por su elevada incidencia y mortalidad como por los costos sociales y económicos que conlleva. Es la segunda causa de muerte luego de las enfermedades cardiovasculares (22,6% del total de defunciones se producen a causa de esta patología). Con respecto a la incidencia y mortalidad de los distintos tipos de cáncer en hombres y mujeres, en los siguientes gráficos se presentan datos nacionales, de los años 2002-2003.

Hombres



(\*\*) BFG=Buco-faringe. Extraído de: *Manual de Oncología para el Primer Nivel de Atención*. Fuente: Programa de Vigilancia Epidemiológica-RNC (CHLCC-MSP).

## Mujeres



LNH: Linfoma no Hodking. Extraído de: *Manual de Oncología para el Primer Nivel de Atención*. Fuente: Programa de Vigilancia Epidemiológica-RNC (CHLCC-MSP).

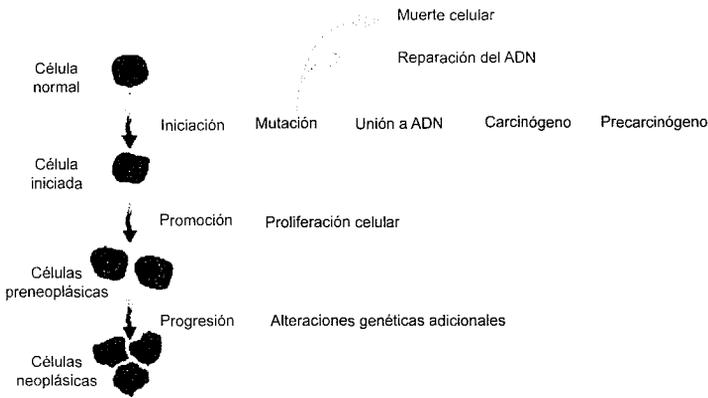
Según estos datos, algunos de los cánceres de mayor incidencia y mortalidad en nuestro país son: pulmón, próstata, mama, colon y recto.

## ¿CÓMO SE ASOCIA LA NUTRICIÓN CON EL PROCESO DE CARCINOGENÉISIS?

La dieta es uno de los principales factores sobre los cuales se puede actuar para prevenir esta patología. Una alimentación inadecuada, de alta densidad calórica, rica en grasas saturadas, colesterol, escasa en frutas y vegetales, puede ser responsable de aproximadamente un tercio de los cánceres.

La carcinogénesis es un proceso que consta de distintas etapas y se caracteriza por la transformación de una célula normal en células neoplásicas (Figura 1). La primera de estas etapas (iniciación) se caracteriza por el daño provocado por un agente carcinógeno sobre el ADN celular. Normalmente se produciría la reparación

del material genético o se induciría la apoptosis celular, pero en el cáncer, la célula pierde estos mecanismos de control y prolifera con esa mutación en su material genético (promoción). Al persistir esta proliferación, las células iniciadas adquieren nuevas alteraciones genéticas y se produce una desregulación en la proliferación celular (progresión). Esta pérdida de control del crecimiento es característica de la neoplasia, otorgándole características agresivas que favorecen la metástasis o propagación de las células malignas a otros tejidos.

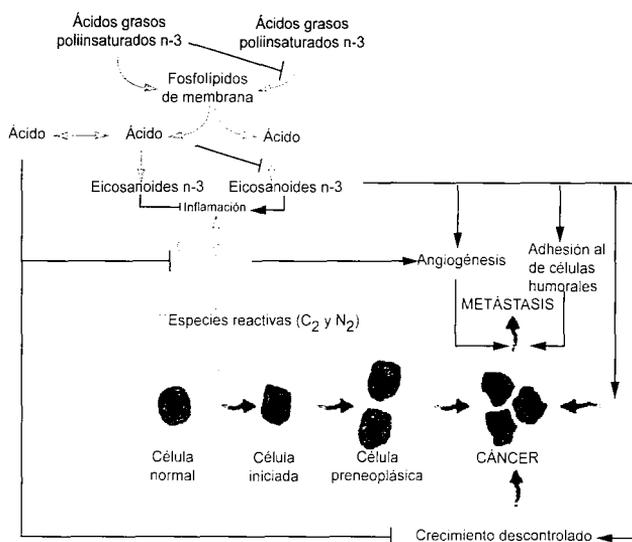


**Figura 1.** Proceso de carcinogénesis

La nutrición está vinculada a la prevención y el desarrollo de enfermedades, por medio de la interacción genes-nutrientes (nutrigenética/nutrigenómica). Las enfermedades crónicas no transmisibles, entre ellas el cáncer, presentan complejas interacciones poligénicas con el ambiente. La más importante de estas interacciones es con los nutrientes ingeridos, cobrando las grasas un importante rol.

Los ácidos grasos provenientes de la dieta, tienen la capacidad de incorporarse en los lípidos de las membranas celulares, favoreciendo así diversos efectos. Es importante la relación entre los ácidos grasos poliinsaturados  $\omega 3$  y los  $\omega 6$ , debido a que ambos compiten en este proceso de

incorporación a los lípidos de membrana. Como se esquematiza en la figura 2, se ha establecido un posible efecto de estos ácidos grasos en el desarrollo o la supresión del proceso de carcinogénesis.



**Figura 2.** Rol hipotético de los AGP  $\omega 6$  y  $\omega 3$  en la supresión o promoción de la carcinogénesis.

Es así como los AGP  $\omega 6$  tendrían un efecto promotor, mientras que los  $\omega 3$  un efecto supresor o inhibidor del cáncer. Ambos efectos asociados a la síntesis de eicosanoides a partir de estas grasas. El ácido graso de la familia  $\omega 3$ , eicosapentanoico (EPA) es precursor de eicosanoides de la serie 1 y 3, cuyos principales efectos serían antiinflamatorios, inhibidores de la proliferación celular, de la angiogénesis y de la metástasis, favorecedores de la apoptosis, por lo tanto, actuarían como supresores de la carcinogénesis. Mientras que los eicosanoides de la serie 2, derivados del ácido araquidónico de la familia  $\omega 6$  (AA), tendrían los efectos contrarios promoviendo este proceso.

La naturaleza competitiva de estas grasas permite que se favorezca uno de los dos efectos según la composición de ácidos grasos de la dieta.

## GRASAS EN LA PREVENCIÓN DEL CÁNCER

La asociación de las grasas con la prevención del cáncer es controvertida. Como fue mencionado anteriormente, existe una tendencia que sugiere que el consumo de pescado y los AGP  $\omega 3$  disminuyen el riesgo de padecer esta patología, pero dicha asociación presenta un grado de evidencia posible o insuficiente. Por el contrario el consumo excesivo de grasas animales aumentarían el riesgo, pero también el grado de evidencia es insuficiente para afirmar tal efecto.

Sí es convincente la relación entre la presencia de sobrepeso u obesidad y el desarrollo de algunos tipos de cáncer (endometrio, esófago, colon y recto, mama, riñón). A su vez, existe fuerte evidencia que vincula la malnutrición por exceso con el consumo de alimentos de alta densidad energética, entre ellos, alimentos de alto tenor graso.

Por lo tanto la alimentación hipergrasa, de alta densidad calórica, favorecería el desarrollo de esta patología, cobrando además importancia la calidad de la grasa consumida, tanto en su génesis como en su prevención.

## ¿CÓMO ES LA ALIMENTACIÓN DE LOS URUGUAYOS?

Según datos de la Encuesta de Gastos e Ingresos de los Hogares del 2005-2006, los alimentos adquiridos en los hogares presentan una elevada cantidad de grasas, especialmente de tipo saturadas, superando las metas nutricionales recomendadas para nuestra población.

Las grasas representan un 34% de las calorías totales, cuando lo recomendado es que no superen el 30%. También la cantidad de grasas saturadas (12%) y

colesterol (337mg) superan lo deseable. La relación  $\omega 6$  /  $\omega 3$  dista ampliamente de lo recomendado, resultando excesiva la cantidad de los primeros con respecto a los segundos. Como se esquematiza en la Figura 2, se cree que el elevado contenido de omega 6 en la alimentación tendría un efecto proinflamatorio y procarcinogénico.

## GRASAS Y RIESGO DE CÁNCER

Los tipos de cánceres que más se han vinculado en diferentes estudios al consumo excesivo de grasas, de calidad inadecuada, son los de mayor incidencia y que provocan mayor mortalidad en la población uruguaya (próstata, mama, colon y recto). Por este motivo, se abordarán a continuación.

También se ha vinculado a este nutriente con otros tipos de cánceres, como páncreas, ovario, entre otros. De todas formas, vale aclarar que en todos los casos los resultados no han sido concluyentes.

## CÁNCER DE MAMA

Algunos estudios de correlación internacional han evidenciado una asociación entre un elevado consumo de grasas per cápita y mayor incidencia y mortalidad por este tipo de cáncer, especialmente en mujeres posmenopáusicas.

Vale aclarar que estos estudios presentan algunas limitaciones, pues se interponen algunos factores de confusión, dado que en los países donde se da dicha asociación también tiende a haber menor edad de la menarca, menor paridad, partos más tardíos, mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad en la postmenopausia. Todos ellos factores vinculados a un mayor riesgo para el desarrollo de esta patología.

No solo la cantidad de grasa consumida es importante, sino también la calidad, pues se ha relacionado especialmente al consumo excesivo de grasa saturada con

este tipo de cáncer. De todas formas algunos estudios no mostraron tal efecto, resultando difícil además aludir los hallazgos obtenidos solamente al consumo de este nutriente, pues había otros aspectos de la alimentación que podrían estar influyendo (consumo de frutas y vegetales, entre otros).

Se cree que el posible mecanismo es la influencia de este tipo de grasas en los niveles hormonales, específicamente sobre los estrógenos.

Por el contrario, los ácidos grasos monoinsaturados (AGM), en especial el ácido oleico proveniente del aceite de oliva, se ha asociado con un menor riesgo en algunos estudios epidemiológicos y experimentales. De hecho, en los países mediterráneos, a pesar de que el consumo de grasas totales es elevado, se ha observado una menor incidencia de cáncer de mama. Dicho hallazgo probablemente se vincula al elevado consumo de este aceite, en el cual existen otras sustancias, además del ácido oleico, que podrían estar incidiendo en tales efectos (por ejemplo los compuestos fenólicos). A pesar de ello, existen algunos resultados contradictorios en relación a este tema.

En estudios experimentales se ha indagado acerca del efecto de los AGP  $\omega 6$  y  $\omega 3$ . Ciertos datos destacan la importancia de la relación entre ambos, siendo menor el riesgo cuanto mayor es la relación  $\omega 3/\omega 6$ . Es decir, los  $\omega 3$  (EPA, DHA y ALA) tendrían un rol protector frente a este tipo de cáncer. Por el contrario, se ha reconocido un efecto promotor de los  $\omega 6$  (linoleico). Dentro de esta familia de ácidos grasos el gamma linolénico (GLA) podría ser la excepción a la regla.

## CÁNCER DE PRÓSTATA

Al igual que en el cáncer de mama, en este tipo de neoplasia existe una correlación positiva entre su incidencia y mortalidad con el consumo de grasa per cápita y especialmente de tipo saturada. Al igual que en el cáncer mamario, se cree que el posible mecanismo es la influencia

de estas grasas en los niveles hormonales, en este caso los andrógenos.

Se ha asociado su prevalencia e incidencia con el patrón de dieta occidentalizada, siendo centradas las investigaciones especialmente en el consumo de productos lácteos y las carnes rojas, aunque son otros los nutrientes y las sustancias en estos alimentos que se han relacionado con esta patología.

También se ha indagado acerca del posible efecto protector del pescado, especialmente por su aporte de  $\omega 3$  (EPA y DHA), observándose una relación inversa entre estos nutrientes y la incidencia y mortalidad por este tipo de cáncer, aunque los resultados no son del todo consistentes.

Se cree que el desbalance en la relación  $\omega 3/\omega 6$  podría incidir en su desarrollo, favoreciendo el consumo excesivo de los últimos un mayor riesgo. De todas formas los resultados de diversos estudios son controvertidos para afirmar dicho efecto.

Con respecto a los AGM, específicamente el ácido oleico, no se ha encontrado asociación con este tipo de cáncer. A pesar de ello sí se ha observado una menor incidencia de esta neoplasia en los países cuyo patrón alimentario es la dieta mediterránea. Tales efectos podrían estar vinculados al mayor consumo de otras sustancias o nutrientes como el selenio, licopeno, la vitamina E, entre otros.

## CÁNCER DE COLON Y RECTO

Al igual que en el cáncer de mama y de próstata, se ha evidenciado que en los países donde existe un elevado consumo de grasas y carnes rojas, las tasas de este tipo de cáncer son mayores comparado con países en los cuales el consumo de este nutriente es menor. El mecanismo propuesto es el aumento en la excreción de ácidos biliares, que al superar la capacidad ileal de absorción continuarían su tránsito hacia el colon. A este nivel serían

fermentados a ácidos biliares secundarios que actúan como tóxicos dañando la mucosa colónica y favoreciendo así la iniciación de la carcinogénesis.

También se ha vinculado al consumo de carne roja con un mayor riesgo de padecer esta neoplasia, existiendo fuerte evidencia que lo avala, pero son otras las sustancias y nutrientes que se vinculan con tal efecto (hidrocarburos policíclicos, aminos heterocíclicas, etc).

El consumo elevado de grasas saturadas se ha asociado a un mayor riesgo de padecer este tipo de neoplasia, se cree que podrían estimular la formación tumoral durante las fases de iniciación y promoción, aunque existen algunos resultados controvertidos.

Como fue mencionado anteriormente, la relación  $\omega 3/\omega 6$  también cobra relevancia en este tipo de cáncer. Se cree que el exceso de los segundos podría favorecer la carcinogénesis, específicamente del ácido linoleico, que actuaría en la expresión de ciertos genes implicados en la génesis de esta enfermedad.

Por el contrario, los AG  $\omega 3$  disminuirían el riesgo. En estudios epidemiológicos se ha observado que en las poblaciones que consumen pescado habitualmente, la incidencia de esta neoplasia es menor. Otros estudios experimentales y ensayos clínicos han corroborado este rol preventivo de los  $\omega 3$ , siendo los principales mecanismos involucrados la disminución de la proliferación celular, la potenciación de la apoptosis de las células tumorales, la limitación de la angiogénesis y la metástasis. Se ha establecido un rol importante del EPA específicamente, asociándose su suplementación en individuos con adenomas colorectales, a una menor proliferación en las células de las criptas y un incremento de la apoptosis.

La dieta mediterránea se ha asociado a menor incidencia de este tipo de cáncer. Dicho efecto se ha atribuido no solo al aporte de AGM (específicamente ácido oleico), sino además a su contenido de polifenoles, tocoferoles, entre otros. Estudios en células tumorales de colon, han

demostrado que el aceite de oliva inducía la apoptosis celular, pero otras investigaciones no han avalado tal resultado.

## ALGUNAS CONCLUSIONES DE LOS EFECTOS DEL CONSUMO DE GRASAS EN LA PREVENCIÓN DEL CÁNCER

Se ha asociado el elevado consumo de *grasas totales y saturadas* con el desarrollo de algunos tipos de cáncer (mama, próstata, colon y recto, entre otros), aunque existen datos controvertidos al respecto.

Es convincente la asociación del sobrepeso y la obesidad con el cáncer de mama, endometrio, colon y recto, entre otros. A su vez, el alto consumo de grasas tienen un rol importante en la densidad calórica de la alimentación y por lo tanto en la promoción de la malnutrición por exceso.

Se cree que podría existir una relación entre el consumo de *grasas trans* y un riesgo mayor de padecer esta patología, por medio de la modificación de las membranas celulares y la interferencia en la producción de eicosanoides.<sup>56</sup> De todas formas actualmente no hay datos disponibles como para confirmar esta hipótesis.

La *relación  $\omega 3/\omega 6$*  ha sido estudiada ampliamente, vinculándose a los primeros con efectos anticarcinogénicos, actuando en diferentes etapas del proceso. Presentan efectos antiinflamatorios, favorecen la limitación de la angiogénesis, estimulan la apoptosis de las células cancerosas, entre otros. De todas formas hay algunos datos controvertidos, siendo categorizado el nivel de evidencia como posible o insuficiente.

También se ha relacionado el *patrón de dieta mediterránea* y específicamente el aceite de oliva con un menor riesgo de desarrollar esta patología en algunos estudios. De todas formas, existen varias sustancias y nutrientes

que se han vinculado a tal efecto, más allá del ácido oleico. Los datos tampoco son concluyentes en este caso.

## OTRAS GRASAS O SUSTANCIAS ESTUDIADAS

Existen estudios en animales y cultivos celulares que muestran un rol anticarcinogénico de algunos isómeros del CLA. Los posibles mecanismos serían similares a los mencionados para los AG  $\omega$ 3, pues se incorporarían a los lípidos de membrana, favoreciendo la apoptosis, entre otros efectos.

La *acrilamida*, es una sustancia que presenta diferentes usos en la industria y se forma en algunos alimentos (especialmente amiláceos como papa y cereales) sometidos a altas temperaturas (mayores a 120°C). Esta sustancia ha sido vinculada con mayor incidencia de cáncer (tiroides, adrenales, testículos) en estudios experimentales realizados en animales de laboratorio. Esta relación no ha sido demostrada en humanos.

## GRASAS EN EL TRATAMIENTO DEL CÁNCER

A efectos prácticos se podría dividir el tratamiento del cáncer en tres etapas:

*Tratamiento activo.* Es la etapa en la que el individuo está cursando un tratamiento anticáncer como quimioterapia, radioterapia o se le ha realizado una intervención quirúrgica.

Existen varios aspectos a considerar en esta etapa, por lo cual probablemente no se focalice la atención específicamente en las grasas de la alimentación:

- la evolución puede ser variable, según el tipo de cáncer, el estadio de la enfermedad, el estado nutricional previo, entre otros;

- es importante valorar la presencia de trastornos en la deglución, digestión, absorción, sintomatología digestiva, pérdida de peso y masa muscular, etc.;
- el objetivo principal será procurar cubrir las necesidades de energía y nutrientes para minimizar el deterioro del estado nutricional;
- el cáncer de mama podría ser la excepción a la regla, pues generalmente, incluso durante el tratamiento activo, cursan con sobrepeso u obesidad. En estos casos el equipo tratante deberá valorar la posibilidad de promover una modesta pérdida de peso, sumamente gradual y controlada, según cada situación particular, lo cual podría resultar beneficioso.

*Recuperación del tratamiento.* Es importante valorar la presencia de secuelas de la etapa anterior y la repercusión en el estado nutricional, según el tratamiento realizado y el tipo de cáncer. Puede presentarse xerostomía, disfagia, anorexia, alteraciones en el gusto, diarrea, entre otros.

En ambas etapas podría requerirse un soporte nutricional enteral o parenteral. Se ha estudiado la suplementación y administración de fórmulas enriquecidas con AGP  $\omega$ 3, específicamente EPA y DHA. Algunos estudios mostraron un efecto de este tipo de grasas en la estabilización del peso corporal, mejoría del apetito y de las alteraciones metabólicas características del síndrome caquético en el paciente neoplásico, favoreciendo así una mayor supervivencia y potenciando los efectos de algunos tratamientos. A pesar de ello, se observaron dificultades en la adherencia al consumo de estos suplementos, relacionadas al sabor desagradable de estos productos, por lo cual sería necesario mejorar su palatabilidad.

Los datos de diferentes ensayos clínicos aleatorizados han resultado contradictorios, por lo cual actualmente no es posible realizar una recomendación acerca del uso de productos enriquecidos en estos AG para mejorar el

estado nutricional o prolongar la supervivencia de estos pacientes.

*Prevención de recurrencia o secundarismos.* Existen pocas investigaciones acerca de los factores nutricionales que podrían contribuir a la recurrencia. Por este motivo, resulta lógico considerar las mismas pautas sugeridas para la prevención primaria.

El estudio WINS (Women's Intervention Nutrition Study), un ensayo clínico multicéntrico aleatorizado, fue realizado en 2500 mujeres posmenopáusicas con cáncer de mama, sometidas el año previo a cirugía mamaria y quimioterapia u otro tratamiento anticáncer. Resultados preliminares del mismo revelaron que tras cinco años de seguimiento, las mujeres que mantuvieron una alimentación hipograsa (aproximadamente 20% de las calorías totales), presentaron una reducción del riesgo de recurrencia del 24%.

También en pacientes de cáncer de próstata algunos estudios revelaron que el consumo elevado de grasas saturadas se asociaba a menor supervivencia, mientras que las grasas monoinsaturadas tenían el efecto contrario.

## ALGUNAS CONCLUSIONES DE LOS EFECTOS DEL CONSUMO DE GRASAS EN EL TRATAMIENTO DEL CÁNCER

- Resulta fundamental evaluar la etapa del tratamiento que cursa, el estadio de la enfermedad, las secuelas del tratamiento, repercusiones en el estado nutricional, etc.
- Para la prevención de la recurrencia se recomienda considerar los efectos de los diferentes tipos de ácidos grasos en prevención primaria.
- Se cree que el riesgo de una recidiva aumenta frente al consumo excesivo de grasas totales y saturadas.
- La disminución del riesgo se ha vinculado a lograr una adecuada relación  $\omega 3/\omega 6$  en la alimentación.

- Además, una adecuada calidad de grasas contribuirá también a la prevención de otras enfermedades crónicas no transmisibles, que pueden afectar también a estos pacientes.

# EFFECTOS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ÁCIDOS GRASOS EN ENFERMEDADES NEUROLÓGICAS

---

Lic. Estela Skapino  
Prof. Agda. de Nutrición Clínica

## ROL DEL DHA EN EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (SNC)

- Aproximadamente el 60% de los lípidos cerebrales son AGP, de los cuales más del 85% están constituidos por el DHA, acumulándose en los fosfolípidos cerebrales, en la posición sn -2.

Cumple un rol vital en el desarrollo cerebral, la memoria y el aprendizaje estimulando la:

- neurogénesis y gliogénesis;
- migración neuronal para la formación de la corteza cerebral;
- sinaptogénesis;
- mielinización de axones;
- mayor fluidez en las membranas de los sinaptosomas.

Estudios en animales han mostrado el rol de los  $\omega 3$  en:

- regulación de la excitabilidad de membrana neuronal;
  - aumento en los niveles de neurotransmisores y sus receptores de membrana;
  - reducción del daño isquémico neuronal;
-

- aumento del flujo sanguíneo cerebral;
- neuroplasticidad de las membranas nerviosas;
- mejoría en la memoria y la función cognitiva.

## ENFERMEDAD DE ALZHEIMER

Es una enfermedad neurodegenerativa y progresiva que produce la muerte neuronal en determinadas zonas de la corteza cerebral.

Los síntomas típicos son:

- trastornos cognitivos;
- trastornos psiquiátricos;
- dificultad para realizar actividades cotidianas que derivan en dependencia.

Generalmente las demencias en ancianos son de tipo mixto, es decir una combinación de lesiones alzheimerianas e isquémicas (son raras las formas puras).

El principal factor de riesgo para esta enfermedad es la edad avanzada. En nuestro país el 17% de la población es mayor de 60 años. Esta afección es la causa de aproximadamente el 50 a 70% de las demencias en los adultos mayores.

El 95 a 97% de los casos de esta enfermedad se dan en mayores de 65 años, denominado Alzheimer de inicio tardío (AIT).

Con respecto a la etiología, existen distintos genes que predisponen a padecerla, en el 50% de los casos se produce un polimorfismo  $\epsilon 4$  del gen apolipoproteína E (Apo E). Este gen codifica la Apo E que cumple un rol fundamental en la degradación de partículas ricas en triglicéridos y colesterol. Los individuos que presentan dicho polimorfismo, también tienen mayor riesgo de aterosclerosis.

El 50% de los casos restantes se asocian a otros polimorfismos y factores de riesgo no genéticos demostrados como edad avanzada, síndrome de Down, historia en familiares de primer grado, entre otros. Aún resulta controvertido como factor de riesgo no genético el mantener una alimentación rica en grasas saturadas y trans.

## FISIOPATOLOGÍA: COMPONENTE INFLAMATORIO

El principal hecho patogénico es la anormal proteólisis de la proteína precursora de amiloide (APP), favoreciéndose la síntesis de forma una tóxica llamada amiloide  $\beta$ . La APP es una proteína integral de la membrana neuronal que actúa en la sinapsis y su forma habitual es la alfa.

Las lesiones histopatológicas características de esta patología son:

- la presencia de *placas seniles de amiloide  $\beta$  (A $\beta$ )*, que se ubican en los espacios interneuronales dañando la sinapsis;
- La formación de *ovillos neurofibrilares* en el citoplasma neuronal, alterando el citoesqueleto.

Los depósitos de A $\beta$  desencadenan una respuesta inflamatoria, favoreciendo la formación de radicales libres y por lo tanto el estrés oxidativo. Todos estos sucesos llevan a la muerte neuronal.

En estos pacientes se ha observado aproximadamente un 30% menos de DHA en el tejido cerebral y menores niveles de fosfatidilcolina (PC) DHA en plasma. Este último incluso podría ser un factor predictor de este tipo de demencia en adultos mayores.

Según datos del Framingham Heart Study, mayores niveles plasmáticos de PC DHA se asocian a una reducción de aproximadamente el 50% del riesgo de desarrollar cualquier causa de demencia.

## GRASAS EN LA PREVENCIÓN

Se han asociado a la disminución del riesgo:

- el consumo de pescado al menos una vez por semana se ha vinculado con un riesgo 60% menor;
- de los ácidos grasos que aporta el pescado, se encontró mayor asociación con el DHA;
- la elevada ingesta de ALA presentó un rol protector sólo en individuos con genotipo APOE  $\epsilon$ 4 (que se da en el 50% de los casos);
- el tratamiento con estatinas en algunos estudios epidemiológicos.

Existe un alto recambio de los ácidos grasos que integran los fosfolípidos cerebrales, algunos estudios mencionan que se da una utilización cerebral siete veces mayor del DHA preformado que del derivado del consumo de  $\alpha$  linolénico.<sup>63</sup>

Se han asociado a aumento del riesgo:

- algunos estudios sugieren que una elevada ingesta de grasas saturadas y trans determinan un riesgo mayor;
- también el elevado consumo de grasas totales y colesterol, a través del aumento de los depósitos de amiloide  $\beta$ .

## GRASAS EN EL TRATAMIENTO

En estudios de seguimiento se observó que aquellos individuos que consumían pescado dos o tres veces por semana presentaban un menor deterioro de la función cognitiva frente a los que no lo consumían. Tales beneficios se han asociado a los ácidos grasos presentes en este alimento, tanto al DHA, pues la entrada de este ácido graso al cerebro corregiría su deficiencia en los fosfolípidos de la membrana celular del paciente con Alzheimer, como

a las propiedades antitrombóticas y antiinflamatorias del EPA.

La suplementación con DHA o AG  $\omega$ 3 en pacientes de diagnóstico reciente logró una mejoría de algunos síntomas característicos, como la pérdida de memoria temporal, el olvido del lenguaje y la ubicación temporo espacial.

## ENFERMEDAD DE PARKINSON

Es una enfermedad progresiva y discapacitante, que se caracteriza por la pérdida de neuronas dopaminérgicas de la sustancia negra. Esta sustancia es uno de los núcleos cerebrales o ganglios basales presentes en la materia gris. Los cuerpos neuronales presentes en ella producen la dopamina, cuyas señales viajan a través de los axones a diferentes áreas cerebrales. Una de ellas es el cuerpo estriado, en la cual actúa regulando los movimientos subconscientes de los músculos esqueléticos, entre otras acciones.

La afectación de las otras áreas, favorece la depresión, demencia y disfunción vegetativa (estreñimiento, incontinencia urinaria) características de esta patología.

Es por su prevalencia la segunda enfermedad neurodegenerativa del sistema nervioso, luego de la Enfermedad de Alzheimer. En Uruguay ésta se ha estimado en 1,36 cada mil habitantes siendo a nivel mundial 1 caso cada mil habitantes.

*Fisiopatología.* La teoría del estrés oxidativo plantea que la metabolización de dopamina produce radicales libres y peróxido de hidrógeno. Estos compuestos favorecen la peroxidación de los lípidos de membrana y la muerte celular.

*Grasas en prevención y tratamiento.* Uno de los estudios llevados a cabo con respecto al consumo de grasas y esta enfermedad es "The Rotterdam Study". Se trata de un estudio de cohorte prospectivo que fue llevado a cabo en 5289 individuos mayores de 55 años, sin Enfermedad

de Parkinson o demencia al inicio del mismo. Luego de un seguimiento de seis años se obtuvieron los siguientes resultados:

- 51 individuos desarrollaron esta enfermedad;
- aquellos con una mayor ingesta de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados se asociaron en forma significativa con un riesgo menor;
- no se encontraron asociaciones con ácidos grasos saturados, trans y colesterol.

Algunos datos obtenidos de investigaciones en ratas de laboratorio han sugerido efectos beneficiosos del ácido araquidónico, pues estimularía la liberación de dopamina, pero estos resultados no se han confirmado en humanos.

Estudios recientes sugieren que el consumo de aceite de pescado o cápsulas, mejoran los síntomas depresivos en pacientes con o sin tratamiento farmacológico. Por lo cual los AG  $\omega$ 3 podrían ser utilizados para tal efecto en forma coadyuvante a la terapia medicamentosa.

## ESCLEROSIS MÚLTIPLE

Es una enfermedad desmielinizante de curso crónico y recurrente.

En nuestro país 23 de cada 100.000 habitantes la padecen, siendo el índice más alto de América del Sur.

*Fisiopatología.* Se produce un proceso inflamatorio idiopático que destruye la mielina selectivamente. Esta sustancia forma una vaina que envuelve los axones y se interrumpe de forma segmentaria por los nodos de Ranvier. Actúa como aislante, es decir no conduce la corriente eléctrica, por lo cual esta se conducirá a través de los nodos, salteando las zonas mielinizadas, esto se denomina conducción saltatoria. La destrucción de la mielina altera este mecanismo fundamental en la transmisión de los potenciales de acción.

Probablemente un factor ambiental desconocido induzca una *respuesta inflamatoria inmune*, mediada por citoquinas y células T, en individuos genéticamente predispuestos, provocando estos eventos.

Esta enfermedad se caracteriza por alteraciones motoras (90% de los casos), sensitivas (77%), vegetativas, visuales, neuropsicológicas, dolor en miembros inferiores, fatiga.

El 80-90% de los casos se dan en forma de brotes, es decir, de tipo recurrente o remitente, produciéndose "empujes" que dejan secuelas funcionales.

## GRASAS EN LA PREVENCIÓN Y EL TRATAMIENTO

Se ha asociado el consumo elevado de grasas saturadas con mayor número de brotes y mayor deterioro.

Algunos estudios sugieren una mejor evolución (reducción de los síntomas), en pacientes con diagnóstico reciente suplementados con AG  $\omega 3$  y vitaminas antioxidantes.

Una revisión actualizada reveló que en los estudios existentes:

- los AGP ( $\omega 6$  y  $\omega 3$ ) no tuvieron un efecto significativo en la progresión de la enfermedad y no afectaron sustancialmente el riesgo de recurrencias en dos años;
- concluyen que los datos disponibles no son suficientes para sugerir suplementación con estos AGP en estos pacientes.

Cabe destacar que las Guías de Nutrición de la Sociedad Americana de Esclerosis Múltiple se recomienda que la alimentación presente una adecuada calidad de grasas a través del consumo de lácteos descremados, la limitación de las grasas animales y el uso de aceite de oliva o canola, haciendo referencia a que "*mantener un buen estado de salud es uno de los primeros pasos para manejar esta enfermedad*".

## A MODO DE REFLEXIÓN

Es indiscutible el rol fundamental que cumple el mantener una alimentación saludable, en la prevención de algunas enfermedades que constituyen en la actualidad un importante problema de salud pública. En este marco, la cantidad y calidad de las grasas consumidas merecen una mención especial, pues se han relacionado, con diferentes grados de evidencia, a la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes 2 y el cáncer. Todas ellas destacables causas de mortalidad y discapacidad en nuestro país y en el mundo.

También se ha vinculado a este nutriente con la prevención y la evolución de algunas enfermedades neurológicas relevantes en nuestro medio, más aún considerando el perfil envejecido de nuestra población.

Por este motivo, a pesar de los datos controvertidos que puedan existir al revisar la evidencia científica, es fundamental insistir en la adecuada selección cuantitativa y especialmente cualitativa de las grasas consumidas, como una de las estrategias centrales para la promoción de salud y el tratamiento de estas patologías una vez instaladas.

# BIBLIOGRAFÍA

- Alberti, K. G. *et al.*, "The metabolic síndrome: a new worldwide definition", en *Lancet*. 2005; 366: 1059-62.
- Appel, L. J. *et al.*, *JAMA* 294. 2455-2464.2005
- Arends, J. *et al.*, "ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Non-surgical oncology", en *Clinical Nutrition*, 25:245-259. 2006.
- Astorg, P., "Dietary N-6 and N-3 polyunsaturated fatty acids and prostate cancer risk: a review of epidemiological and experimental evidence", en *Cancer Causes Control*, 15 (4):367-86, mayo de 2004.
- Astrup, A. *et al.*, "The role of dietary fat in body fatness: evidence from a preliminary meta analysis of ad libitum low-fat dietary intervention studies", en *Br J Nutr*, 2000; 83 (Suppl I): S25-32.
- Astrup, A. *et al.*, "The role of low-fats diets in body weight control: a meta-analysis of ad libitum dietary intervention studies", en *Int J Obes Relat Metab Disord*, 2000; 24 (12): 1545-52.
- Bove, I. y Cerruti, F., *Los alimentos y bebidas en los hogares ¿un factor de protección o de riesgo para la salud y el bienestar de los uruguayos? Una mirada a partir de los datos de la Encuesta de Gastos e Ingresos de los Hogares 2005-2006*, Montevideo, Instituto Nacional de Estadística, 2008.
- Calviello, G.; Serini, S. y Piccioni, E., "n3 polyunsaturated fatty acids and the prevention of colorectal cancer: molecular mechanisms involved", en *Curr Med Chem*, 14(29):3059-69, 2007.
- Casimiro, C., "Factores etiopatogénicos en el cáncer colorrectal. Aspectos Nutricionales y del estilo de vida", en *Nutrición Hospitalaria*. 27(3):128-138, 2002.
- Chen, H.; Zhang, S. M. *et al.*, "Dietary intakes of fat and risk of Parkinson's disease", en *American Journal of Epidemiology*, Vol 157, Nº11, 2003
- Chouza y cols., *Enfermedad de Parkinson, Parkinsonismos y movimientos anormales*, Montevideo, Cátedra de Neurología-Facultad de Medicina-Universidad de la República, disponible en: <www.mos.com.uy>.
- Clinical Guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults*, The Evidence Report, National Institutes of Health- National Heart, Lung and Blood Institute, 1998.
- Comité Latinoamericano para investigación, estudio y tratamiento de *Esclerosis múltiple*, Montevideo, Sociedad de Neurología

- del Uruguay, 2005. Disponible en: <ww.neurologiauruguay.org>
- Connor, W. E. y Connor, S. L., "The importance of fish and docosahexaenoic acid and Alzheimer disease", en *Am J Clin Nutr*, 85:929-30, 2007.
- Cotton *et al.*, "Dietary fat and appetite: similarities and differences in the satiating effect of meals supplemented with either fat or carbohydrate", en *J Hum Nutr Diet.*, 20 (3): 200-1, 2007.
- Courtney, E. D. *et al.*, "Eicosapentaenoic acid (EPA) reduces crypt cell proliferation and increases apoptosis in normal colonic mucosa in subjects with a history of colorectal adenomas", en *Int J Colorectal Dis*, 22(7):765-76, julio 2007.
- da Silva, T. M.; Munhoz, R. P. *et al.*, "Depression in Parkinson's disease: a double blind, randomized, placebo-controlled pilot study of omega 3 fatty acid supplementation", en *J Affect Disord*, 111(2-3):351-9, diciembre de 2008.
- Diabetes prevention program research group, "Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin", en *N Engl J Med*, 346: 393-403, 2002.
- Do, M. H.; Lee, S. S.; Jung, P. J. y Lee, M. H., "Intake of dietary fat and vitamin in correlation to breast cancer risk in Korean women: a case control study", en *J Korean Med Sci*, 18:534-540, 2003.
- Donnelly, J. E. *et al.*, "Alteration of dietary fat intake to prevent weight gain: Jayhawk Observed Eating Trial", en *Obesity (Silver Spring)*, 16 (1): 107-12, 2008.
- Doyle, C.; Kushi, L. H. *et al.*, "Nutrition and physical activity during and after cancer treatment: an American Cancer Society Guide for Informed Choices", en *A Cancer Journal for Clinicians*, 56:323-353, 2006.
- Ello-Martin, Je *et al.*, "Dietary energy density in the treatment of obesity: a year-long trial comparing 2 weight-loss diets", en *Am J Clin Nutr*, 85 (6): 1465-77, 2007.
- Escrich, E.; Moral, R.; Grau, L.; Costa, I. y Solanas, M., "Molecular mechanisms of the effects of olive oil and other dietary lipids on cancer", en *Mol Nutr Food Res*, 51(10): 12739-92, octubre de 2007.
- "Executive Summary of the Third Report of the NCEP. Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults", en *JAMA*, 285:2486-2497, 2001.
- FAO/OMS, *Grasas y aceites en la nutrición humana*, FAO-OMS, Roma, 1997.
- FAO/OMS, *Health implications of acrylamid in food. Food Safety Program*, FAO-OMS, Génova, 2002.
- Farinotti, M. *et al.*, "Dietary interventions for multiple sclerosis", en *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2007.

- Farreras, P., Rozman, C., *Medicina Interna. Volúmen 2, 15ª edición, Editorial Elsevier, Madrid, 2004.*
- Goodstine *et al.*, "Dietary n-3/n-6 fatty acid ratio: possible relationship to premenopausal but not postmenopausal breast cancer risk in US women", en *J Nutr*, 133(5): 1409-14, mayo de 2003.
- Granados, S.; Quiles, J. L.; Gil, A. y Ramírez, M. C., "Lípidos de la dieta y cáncer", en *Nutrición Hospitalaria*, 21 (2) 44-54, 2006.
- Han, J. *et al.*, "Effects of dietary medium-chain triglyceride on weight loss and insulin sensitivity in a group of moderately overweight free-living type 2 diabetic Chinese subjects", en *Metabolism*, 56 (7): 985-91, 2007.
- Hashim, Y. Z. *et al.*, "Components of olive oil and chemoprevention of colorectal cancer", en *Nutr Rev*, 64(11):374-86, noviembre de 2005.
- "Healthy living with multiple sclerosis. Eating Healthy to take charge of your health", en *National Multiple Sclerosis Society*, disponible en: <[www.nationalmssociety.org](http://www.nationalmssociety.org)>
- "International Diabetes Federation: a consensus on Type 2 diabetes prevention", en *Diabetic Medicine*, Volume 24 Issue 5, pp. 451-463
- Jaakko Toumilehto *et al.*, "Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance", en *NEJM*, 344: 1343-1350, 2001.
- Johnson, E. J. y Schaefer, E. J., "Potential role of dietary n-3 fatty acids in the prevention of dementia and macular degeneration", en *Am J Clin Nutr*, 83:1494S-8S, 2006.
- Journal of the American Dietetic Association*, Volume 108, Issue 2, febrero de 2008.
- Kappor, R. y Huang, Y. S., "Gamma linolenic acid: an antiinflammatory omega 6 fatty acid", en *Curr Pharm Biotechnol*, 7(6):531-4, diciembre de 2006.
- Kelley, N. S.; Hubbard, N. E. y Erickson, K. L., "Conjugated linoleic acid and isomers and cancer", *J Nutr*, 137(12):2599-607, diciembre de 2007.
- Kushi, H. L. *et al.*, "American Cancer Society Guidelines on Nutrition and Physical Activity for Cancer Prevention", en *A Cancer Journal for Clinicians*, 56:254-281, 2006.
- Lara-Castro, C. y W. Timothy Garvey. "Diet, insulin resistance and obesity: zoning in on Data for Atkins dieters living in South Beach", en *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, Volume 89, Issue 9, setiembre de 2004.
- Lau, L. M. L. *et al.*, "Dietary fatty acids and the risk of Parkinson disease", en *American Academy of Neurology, Neurology*, 64:2040-2045, 2005.

- Lau, D. *et al.*, "Canadian clinical practice guidelines on the management and prevention of obesity in adults and children", en *CMAJ*, 176 (8). Doi:10.1503/cmaj.061409, 2007.
- Lowe, J. y Stevens, A., *Anatomía Patológica*, 2ª edición, Madrid, Elsevier, 2001.
- Luchsinger *et al.*, "Caloric Intake and the risk of Alzheimer Disease", en *Arch Neurol*, 59:1258-1263, 2002.
- Maillard *et al.*, "N-3 and N-6 fatty acids in breast adipose tissue and relative risk of breast cancer in a case-control study in Tours, France", en *Int J Cancer*, 98(1):78-83, marzo de 2002.
- Morris, M. C. *et al.*, "Consumption of fish and n-3 fatty acids and risk of incident Alzheimer Disease"; en *Arch Neurol*, 60:940-946, 2003.
- Morris, M. C. *et al.*, "Dietary fats and the risk of incident Alzheimer Disease"; en *Arch Neurol*, 60:194-200, 2003.
- MSP-Programa Nacional de Control del Cáncer, *Manual de Oncología para el Primer Nivel de Atención*, MSP, Montevideo, 2007.
- MSP, *Primera Encuesta Nacional de Factores de Riesgo de Enfermedades Crónicas no Transmisibles*, Montevideo, Dirección General de la Salud-Departamento de Epidemiología-MSP, 2007.
- Nordmann, A., "Effects of low-carbohydrate vs low-fat diets of weight loss and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized controlled trials", en *Arch Intern Med*, 166 (3): 285-93, 2006.
- "Nutrition Recommendations and Interventions for Diabetes", en *Diabetes Care*, 31:S61-S78, enero de 2008.
- OMS, *Diet, Nutrition and the prevention of Chronic Diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation*, OMS, Génova, 2003.
- OMS, *Obesity. Preventing and managing the global epidemic*, OMS, Génova, 1997.
- Paniagua, J. *et al.*, «Monounsaturated fat-rich diet prevents central body fat distribution and decreases postprandial adiponectin expression induced by a carbohydrate-rich diet in insulin-resistant subjects", en *Diabetes Care*, 30 (7):1717-23, 2007.
- Pankow, James S. *et al.*, "Fasting Plasma Free Fatty Acids and Risk of Type 2 Diabetes. The Atherosclerosis Risk in Communities study", en *Diabetes Care*, 27:77-82, 2004.
- Piers, L. *et al.*, "The influence of the type of dietary fat on postprandial fat oxidation rates: monounsaturated (olive oil) vs saturated fat (cream)", en *Int J Obes Relat Metab Disord*, 26 (6): 814-21, 2002.

- Pisabarro, R., "Nutrigenética y nutrigenómica: la revolución sanitaria del nuevo milenio. Implicancias clínicas del Síndrome Metabólico y la Diabetes tipo 2", en *Rev Med Urug*, 22: 100-107, 2006.
- "Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Dietary Fatty Acids". *J Am Diet Assoc*. 2007
- Primer Consenso Nacional de Aterosclerosis, *Recomendaciones para la Prevención y el Tratamiento de la Aterosclerosis*, Montevideo, Sociedad Uruguaya de Aterosclerosis/Sociedad Uruguaya de Cardiología, 2004.
- Rasmussen, L., *et al.*, "Effect of 24-h energy expenditure of a moderate-fat diet high in monounsaturated fatty acids compared with that of a low-fat, carbohydrate-rich diet: a 6-mo controlled dietary intervention trial", en *Am J Clin Nutr*, 85 (4): 1014-22, 2007.
- Rasmussen, Birthe M. *et al.*, *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 83, Nº 2, 221-226, February 2006.
- Report of a WHO Consultation*, OMS, Génova, 1999.
- Sacks, F. M. *et al.*, *N Engl J Med*, 344:3-10, 2001.
- Salmerón, J.; Fank, B. Hu *et al.*, "Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women", en *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 73, Nº6, 1019-1026, junio de 2001
- Sanhueza, J.; Nieto, S. y Valenzuela, A., "Ácido Docosahexanoico, desarrollo cerebral, memoria y aprendizaje: la importancia de la suplementación perinatal", en *Rev Chil Nutr*, Vol. 31, Nº2, agosto de 2004.
- Shaefer, E. J. *et al.*, "Plasma Phosphatidylcholine Docosahexaenoic acid content and risk of dementia and Alzheimer Disease. The Framingham Heart Study", en *Arch Neurol*, 63:1545-1550, 2006.
- Shai, I. *et al.*, "Weight loss with a low-carbohydrate, Mediterranean, or low-fat diet", en *N Engl J Med*, 359 (3): 229-41, 2008.
- Stacewicz, S. M. *et al.*, "Correlations of dietary patterns with prostate health", *Mol Nutr Food Res*, 52(1):114-30, enero de 2008.
- Swank, R. L., Goodwin, J. W., "How saturated fats may be a causative factor in multiple sclerosis and other diseases", en *Nutrition*, 19(5):478, 2003.
- "The Women's Health Initiative Randomized Controlled Dietary Modification Trial", en *JAMA*, 295.655-666, 2006.
- Tsigos, C. *et al.*, "Management of Obesity in Adults: European Clinical Practice Guidelines", en *Obesity Facts*, 2008;
- Valenzuela, B. A., *Diploma Grasas y Aceites en la Nutrición Humana*, 2006.
- van Meeteren, M. E. *et al.*, "Antioxidants and polyunsaturated fatty acids in multiple sclerosis", en *Eur J Clin Nutr*, 59(12):1347-61, diciembre de 2005.

- Vasallo, J. A. y Barrios, E., *Actualización Ponderada de los Factores de Riesgo del Cáncer*, Montevideo, Comisión Honoraria de Lucha Contra el Cáncer, 2003. Disponible en <www.urucan.org.uy>
- Whigham, L. D. *et al.*, "Efficacy of conjugated linolenic acid for reducing fat mass: a meta-analysis in humans", en *Am J Clin Nutr.* 85 (5): 1203-1211, 2007.
- World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research, *Food, nutrition, physical activity and the prevention of cancer: a global perspective*, Washington, 2007.
- Yvon, A.; Carpentier *et al.*, "n3 fatty acids and the Metabolic Syndrome", *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 83 (suppl):1 499S-504S, junio de 2006.
- Zhou, C.; Huan, Y. y Przedborski, S., "Oxidative stress in Parkinson 's disease: a mechanism of pathogenic and therapeutic significance", en *Ann N Y Acad Sci*, 1147:93-104, diciembre de 2008.

# ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO (CLA), SUS EFECTOS BENÉFICOS COMO UN ALIMENTO FUNCIONAL

---

Dr. Alfonso Valenzuela B  
Laboratorio de Lípidos y Antioxidantes, INTA,  
Universidad de Chile.  
E-mail: avalenzu@inta.cl

## INTRODUCCION

La estructuración de los dobles enlaces (insaturación) de los ácidos grasos en su forma natural, obedece a un patrón muy característico y conservado. En un ácido graso diinsaturado, ambos dobles enlaces siempre estarán separados por un carbono intermedio que no participa de la estructura de insaturación. Por ejemplo, en un ácido graso donde los dobles enlaces están entre los carbonos 9-10 y 12-13, el carbono 11 no participará de la estructura de insaturación. Esta sería una estructura "no conjugada" y al carbono 11 se le designaría como un carbono metilénico intermedio. Este es el caso de la estructura de la mayoría de los ácidos grasos en su forma natural. Sin embargo, como consecuencia de la manipulación tecnológica de las grasas y aceites, o en casos muy particulares, por efecto de la metabolización a nivel celular de ciertos ácidos grasos, es posible que un doble enlace cambie de posición, siguiendo el ejemplo anterior, desde la posición 9-10 a la 10-11, o desde la posición 12-13 a la 11-12, originando así una variedad de isómeros posicionales del mismo ácido graso. En ambos casos desaparecería el carbono metilénico intermedio, y el ácido graso formado sería una estructura "conjugada", o sea, lo que se denomina un ácido graso conjugado. La conjugación de

---

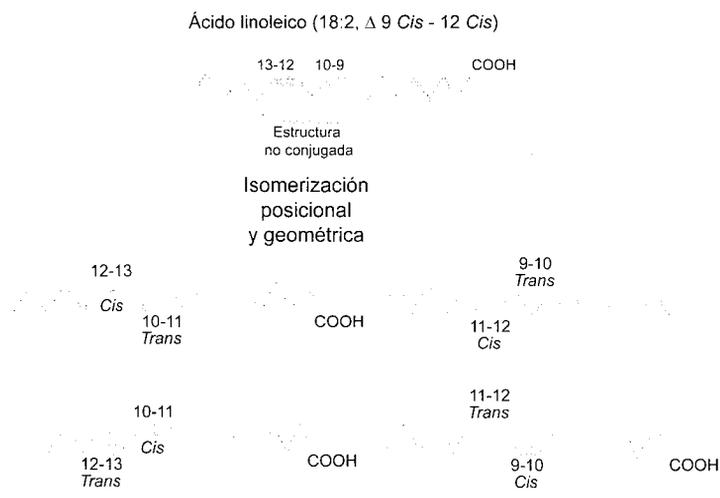
los dobles enlaces puede, además, ocasionar un cambio en la isomería geométrica del ácido graso. Esto es, en un ácido graso diinsaturado cuyos dos dobles enlaces tienen isomería *cis* (*c*), uno de estos dobles enlaces, o ambos, pueden adoptar la isomería *trans* (*t*). Por lo cual, podrán existir ácidos grasos conjugados diinsaturados con isomería *c,c* (poco probable) o *c,t*, o *t,c*, (las de mayor probabilidad) o incluso *t,t* (de muy baja probabilidad).

El ácido linoleico (18:2,  $\Delta$  9*c*-12*c*), es un ácido graso esencial omega-6 muy abundante en el reino vegetal y también en algunos tejidos animales. La gran mayoría de los aceites vegetales (con algunas excepciones, como el aceite de oliva, el de palma, el girasol alto oleico, o el aceite de coco) aportan cantidades significativas de ácido linoleico. En la grasa animal también se le encuentra en menores cantidades, junto con otros ácidos grasos saturados y monoinsaturados. Ahora bien, con la incorporación de una mejor tecnología para el análisis y la identificación de los ácidos grasos componentes de grasas y/o aceites de origen tanto vegetal como animal, como lo son la cromatografía gaseosa capilar asociada a la espectrometría de masas, fue posible identificar que en toda muestra de aceite o de grasa, particularmente en aquellas de origen animal, siempre está presente una pequeña cantidad de formas conjugadas del ácido linoleico, y que colectivamente se identifican como *ácido linoleico conjugado* o CLA. Este ácido graso conjugado se presenta con diferente isomería geométrica, la que puede ser 7*c*-9*t*, 9*c*-11*t*, 10*t*-12*c*, y 11*c*-13*t*, aunque la estructura predominante en forma natural es la 9*c*-11*t*, alcanzando entre un 70% a 95% del total de isómeros posicionales y geométricos del CLA presentes en una muestra promedio sometida a análisis. Otro de los isómeros que también se encuentra en forma natural, con un 20%, y que por medios tecnológicos puede alcanzar hasta un 50% es el isómero 10*t*-12*c*. De esta forma, la denominación CLA no corresponde a un solo producto, sino a una mezcla de isómeros geométricos y posicionales del ácido linoleico y

los efectos biológicos del CLA observados generalmente corresponden a esta mezcla.

CLA se encuentra en pequeñas proporciones en los aceites vegetales, su concentración es particularmente alta en la carne, la grasa, y en la leche de los rumiantes, donde puede alcanzar hasta un 0,60-0,80% de los lípidos totales. Estamos frente a un ácido graso poliinsaturado, de estructura conjugada, que presenta isomería *trans*, y para el cual se han descrito una variedad de efectos biológicos y nutricionales, potencialmente beneficiosos para la salud humana y animal. Es ya conocido que los isómeros *trans* no tienen efectos nutricionales beneficiosos, por el contrario, son más bien perniciosos, aunque no es el caso del CLA. La figura 1 muestra las posibles modificaciones estructurales y geométricas que puede presentar el ácido linoleico en su transformación a CLA.

Isomerización posicional y geométrica del ácido linoleico en su transformación a CLA



## EL ORIGEN DEL CLA EN LOS TEJIDOS ANIMALES

Puesto que el CLA se encuentra en una proporción muy pequeña en los granos y en el forraje que constituyen la alimentación de los rumiantes, son estos animales los que

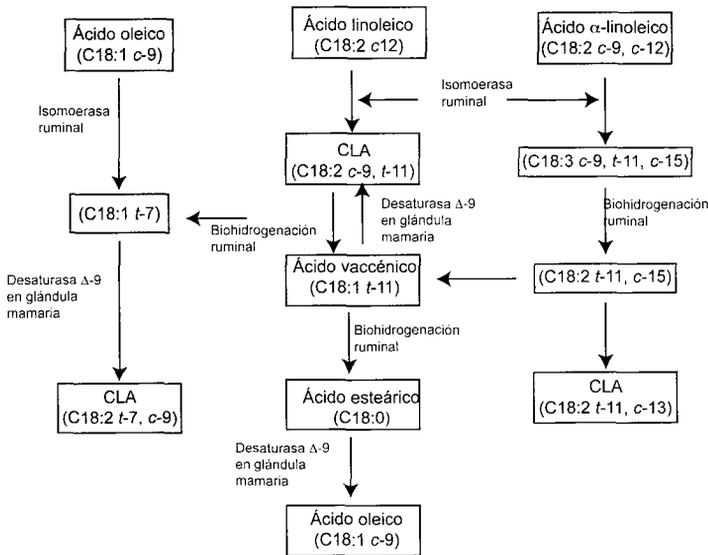
transforman el ácido linoleico en alguno de los isómeros del CLA, y en otros ácidos grasos diferentes al CLA. Es en la abundante y variada flora microbiológica del rúmen, constituida por bacterias y protozoos principalmente, donde la bacteria identificada como *Butyrivibrio fibrisolvens*, quien al realizar la hidrogenación del ácido linoleico para transformarlo en un ácido graso monoinsaturado, genera como intermediarios del proceso a los diferentes isómeros del CLA. Por su origen ruminal al CLA se le conoce también como *ácido ruménico*. Existe otra vía metabólica para la formación de CLA. Esta puede ocurrir en el hígado y en la glándula mamaria de los rumiantes, y posiblemente también en los mamíferos no rumiantes. El ácido vaccénico (18:1,11*t*) es producido por la hidrogenación del ácido linoleico en el rúmen. Este ácido graso puede ser desaturado en el carbono 9 por las enzimas desaturasas intestinales, hepáticas y/o de la glándula mamaria de los rumiantes, transformándose en CLA (forma 9*c*-11*t*). En los mamíferos no rumiantes, incluidos los humanos, también se encuentra CLA en sus tejidos y secreciones, como la leche, aunque en menor proporción que en los rumiantes. Al consumir carne de rumiantes, o productos lácteos, conteniendo ácido vaccénico, este sería transformado a CLA en los no rumiantes por desaturación enzimática hepática o en la glándula mamaria. En la figura 2 se muestra las probables vías de síntesis de diferentes isómeros del CLA, y de otros ácidos grasos en los rumiantes. En la figura 3 se agrega el destino metabólico de estos ácidos grasos.

## EFFECTOS NUTRICIONALES Y EN LA SALUD DERIVADOS DEL CONSUMO DE CLA

El CLA, en los rumiantes y en animales de experimentación que han sido suplementados con isómeros del CLA purificados, se acumula en los fosfolípidos, particularmente en la fosfatidiletanolamina, lo que sugiere su participación en la determinación de las propiedades

químicas y biológicas de las membranas celulares (fluidez, permeabilidad, transmisión de señales, actividad de receptores y de canales iónicos, etc). Cuando el aporte dietario de ácido linoleico es alto, sobre el 5% del aporte de grasa, como el que se puede obtener en forma experimental en ratas, es posible encontrar al CLA ampliamente distribuido en el hígado, en los pulmones, en el tejido muscular, en el tejido adiposo subcutáneo y visceral. En los humanos también se ha observado la presencia de CLA, ya sea en la leche, o en el plasma sanguíneo. En la leche, el isómero más frecuente es el 9*c*-11*t*. Otro isómero observado en la leche humana es el 7*t*-9*c*, aunque en concentraciones iguales o inferiores a 0,03% de los lípidos totales. En el suero sanguíneo humano el isómero 9*c*-11*t* llega a constituir hasta el 0,4-0,5% del total de los lípidos circulantes. De cualquier forma, los niveles de CLA determinados en los humanos pueden ser muy variables, ya que dependerán de la cantidad y tipo de carne que se consume, y del tipo de alimentación que reciben los animales, de los hábitos de consumo individuales, y de la composición total de la dieta.

Vías metabólicas conocidas que participan en la formación de isómeros de CLA

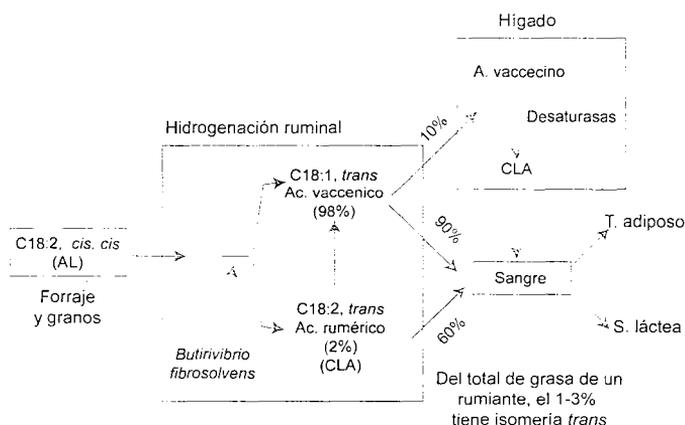


Fue el grupo encabezado por Michael Pariza y colaboradores, de la Universidad de Dublin, Irlanda, quienes en 1990 informaron sobre los efectos beneficiosos derivados del consumo de CLA, al que en la actualidad se le considera como un "regulador metabólico". A continuación se resumen los principales efectos y/o funciones del CLA.

## CARDIOPROTECCIÓN Y EFECTO HIPOCOLESTEROLÉMICO

En relación con la función cardíaca, se ha observado que el CLA la protegería, ya que suprime la corriente dependiente de canales de sodio, con lo cual disminuye el riesgo de arritmias, prolongando además el período refractario del músculo cardíaco. Esto se debe a que el CLA disminuye la liberación de calcio intracelular, por lo que el corazón no entra en tetania muscular con facilidad. Se ha observado que el CLA inhibe el aumento de la presión vascular en condiciones de hipertensión esencial. Específicamente, disminuye la presión sistólica, y adicionalmente disminuye la grasa abdominal, y aumenta la hormona adiponectina liberada por el tejido adiposo, considerada como cardioprotectora. También el CLA tiene efectos antitrombóticos, en especial los isómeros 9*c*-11*t* y 10*t*-12*c*, ya que inhiben la agregación plaquetaria.

Probables vías de síntesis de CLA en rumiantes y su destino metabólico



En modelos experimentales de hipercolesterolemia, el CLA ha demostrado producir disminución de los niveles plasmáticos de colesterol, con respuestas muy similares a las que se obtienen con los ácidos grasos omega-3. Estudios en humanos hiperlipidémicos que consumieron durante 8 semanas una dieta suplementada con 3g de CLA (mayoritariamente los isómeros *9c-11t* y *10t-12c* en una relación de 80:20 p/p) mostraron una disminución significativa del colesterol-LDL, aunque no se observó en estos individuos efectos significativos sobre el colesterol-HDL, ni sobre la composición de lípidos y de proteínas de las HDL. Respecto al consumo de los isómeros del CLA en forma alternada para dilucidar su real efecto en los lípidos sanguíneos, se ha observado que cuando se consume *10t-12c* los niveles plasmáticos de triglicéridos aumentan, lo que no ocurre con el isómero *9c-11t*, lo que se traduce en efectos contrapuestos de ambos isómeros.

## EFFECTOS EN EL SISTEMA INMUNE

El CLA regula los niveles de inmunoglobulinas; estimula la síntesis de las inmunoglobulinas IgA, IgG, e IgM, mientras que disminuye significativamente los niveles de la inmunoglobulina IgE, por lo cual se presume que el ácido graso podría tener efectos favorables en la prevención y/o tratamiento de ciertas alergias alimentarias.

Hoy esta relativamente bien establecido que el CLA produce modificaciones en las acciones del sistema inmune de varias especies animales, por ejemplo en aves, roedores, cerdos, y también en el humano. Las observaciones recientes demuestran que los isómeros *9c-11t* y *10t-12c* tienen distintos efectos en el sistema inmune. En general, el isómero *9c-11t*, aumenta la proliferación de linfocitos periféricos inducida por fitohemoaglutininas, mientras que el isómero *10t-12c* disminuye la proliferación de linfocitos inducida por la concanavalina A.

También se ha observado que el CLA regula la diferenciación de células inmunes. La suplementación de ratas con CLA durante 10 semanas, produce una mayor resistencia a la infección con el virus de la influenza. En humanos voluntarios, que han sido vacunados contra la hepatitis B y que conjuntamente se les ha suministrado una mezcla 1:1 de los isómeros *9c-11t*: *10t-12c*, se ha observado un aumento de la respuesta mediada por células inmunes, y en forma muy importante, un aumento de la síntesis de anticuerpos. Estos resultados han permitido a los investigadores sugerir que la suplementación de CLA, junto con la vacunación, es un buen co-ayudante que permite responder con más eficiencia al sistema inmune, sobre todo en individuos de la tercera edad, los que en forma natural tienen deprimida su respuesta inmune. No se debe dejar de considerar que las acciones sobre el sistema inmune atribuidas al CLA, pueden guardar estrecha relación con su efecto en la prevención del desarrollo de ciertos cánceres.

## EFFECTOS ANTICARCINOGÉNICOS

Estudios pioneros, que escudriñaron el aspecto molecular del efecto anticarcinogénico del CLA, demostraron que este ácido graso modula el desarrollo del cáncer desde la membrana celular, ya que al incorporarse a los fosfolípidos puede afectar la oxidación de otros ácidos grasos, la síntesis de distintos eicosanoides, la transducción de señales moleculares, y modificar la actividad de distintos receptores que conforman señales reguladoras de la expresión de genes. Trabajando con células de carcinoma mamario y colo-rectal humano, se ha demostrado que la mezcla de CLA *9c-11t*: *10t-12c*, es eficiente para inhibir la proliferación celular y la incorporación de leucina- $H^3$ , uridina- $H^3$  y timidina- $H^3$ , lo que probaría que el CLA disminuye la síntesis de proteínas, de RNA, y de DNA en este tipo de células. Resultados similares han sido observados en cultivos de células pulmonares humanas. Sin embargo, aunque en este campo existe una gran cantidad de

estudios, aún no se cuenta con conclusiones definitivas, ya que los efectos anticarcinogénicos del CLA se han demostrado solo en algunas especies animales, y en cultivos de ciertas células cancerosas humanas, con lo cual no es posible generalizar. En este sentido, los resultados dispares pueden deberse a varios factores, y es probable que el más importante tenga relación con el fenotipo de los individuos en estudio. Por ello, en modelos animales, en los que se puede trabajar con cultivos celulares y/o con tipos celulares determinados, el CLA en mezcla, o un tipo de isómero en especial, tiene un efecto más directo y esta sujeto a menos modificaciones o interacciones con otros metabolitos del organismo, por lo que puede presentar mayor efectividad. Se ha demostrado que el CLA ejerce efectos citotóxicos en cultivos de células de melanoma colo-rectal y de cáncer mamario, así como también un efecto de detención del ciclo de división celular en cultivos celulares. El mecanismo de los efectos inhibitorios que ejerce el CLA sobre la diferenciación celular anormal, que finalmente conduce al desarrollo de un cáncer, cada vez va siendo desentrañado con mayor precisión. La gran mayoría de los investigadores del CLA, tienen coincidencia que el ácido graso podría ser aportado en los alimentos como un protector del desarrollo de ciertos tipos de cáncer.

En general, las investigaciones han mostrado muchos mecanismos de acción del CLA para controlar el cáncer. Se observa que inhibe el inicio, la promoción y progresión del cáncer: Actúa como antioxidante cuando inhibe el cáncer de piel. Inhibe la formación de prostaglandinas y la expresión de la enzima ciclooxigenasa 2, en cáncer mamario. Además es capaz de inhibir la proliferación lateral del epitelio, y de inhibir la respuesta a receptores de estrógenos en este tipo de cáncer. Por otra parte, el CLA inhibe la conversión del ácido linoleico en araquidónico mediante la actividad lipo-oxigenasa y ciclo-oxigenasa. Es decir, inhibe la producción de leucotrienos y prostaglandinas respectivamente, lo que se traduce en menor inflamación y proliferación en procesos tumorales.

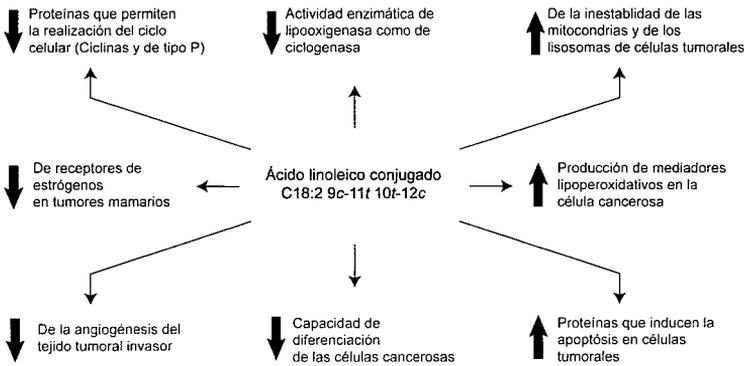
Adicionalmente, el CLA inhibe la expresión de las ciclinas D1 y A, deteniendo el ciclo celular en G0/G1. Por otro lado el CLA inhibe la síntesis del factor de necrosis tumoral (TNF- $\alpha$ ), un mediador clave en enfermedades como aterosclerosis, obesidad y cáncer. Las metaloproteinasas, como los factores de crecimiento vascular, son cruciales al momento de generar metástasis, y el aporte dietario de CLA disminuye, la actividad de estas proteínas. Belury (2002), demostró que los isómeros del CLA son metabolizados a varios productos mediante enzimas desaturasas/elongasas y que estos productos, son los efectivos anticancerígenos. Durante la etapa de iniciación del cáncer el CLA actúa como iniciador de la oxidación, y por otra parte, inhibe la progresión del cáncer y las metástasis en modelos de trasplante de tumores, reduciendo la proliferación y bloqueando la síntesis de DNA. La figura 4 resume las formas en las que el CLA podría controlar los procesos cancerosos.

## EFFECTOS SOBRE EL PESO CORPORAL

El sobrepeso y la obesidad son multicausales, algunas de estas causas las podemos manejar y otras son muy difíciles de modificar. Entre las primeras, podemos citar el exceso en el consumo de alimentos, y la falta de ejercicios; entre las de más difícil manejo, se pueden mencionar los niveles hormonales y el historial genético. En general en el sobrepeso y la obesidad se produce una pérdida de la regulación entre el gasto de energía y el consumo de energía. En relación a la regulación del apetito, algunas moléculas que inhiben al apetito son: la leptina que produce el tejido adiposo, el péptido similar al glucagón (GLP-1), que se produce en la región ileal del intestino delgado, la insulina que produce el páncreas. Por otra parte, entre las moléculas que inducen apetito se encuentran: la ghrelina que es producida por el estómago, también endorfinas y encefalinas, y otras moléculas que se ingieren junto con los alimentos y que son capaces de estimular receptores especiales en el hipotálamo

como los receptores tipo aguti y receptores tipo canabinoïdes (derivados del plantas del genero Cannabis) que estimulan el apetito.

Algunos mecanismos ejercidos por el CLA para controlar tejidos cancerosos



Adicionalmente, en el control del peso corporal se deben considerar los mecanismos que regulan el gasto energético, entre los que se cuenta con una amplia variedad de proteínas llamadas *uncoupling proteins* (abreviadas UCP), cuya función principal es controlar la termogénesis.

Respecto a los lípidos, es importante considerar no solo la cantidad de lípidos ingeridos, sino que además la calidad de estos es un importante factor que puede influir en el sobrepeso como en la obesidad. Sumado a lo anteriormente, se observa que los lípidos insaturados modifican actividades enzimáticas, y niveles hormonales, e incluso modifican la expresión de genes. De hecho, se ha demostrado que la obesidad resulta en un incremento en la cantidad de la enzima  $\Delta$ -9 desaturasa y en una reducción en la cantidad de las enzimas  $\Delta$ -5 y  $\Delta$ -6 desaturasas, siendo influidas estas actividades por algunos ácidos grasos específicos, en especial por los saturados. Otros estudios, realizados en diferentes especies de mamíferos, concluyen que los animales de pequeño tamaño poseen en sus membranas fosfolípidos con mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados, mientras que los más grandes muestran un predominio de ácidos grasos con menos

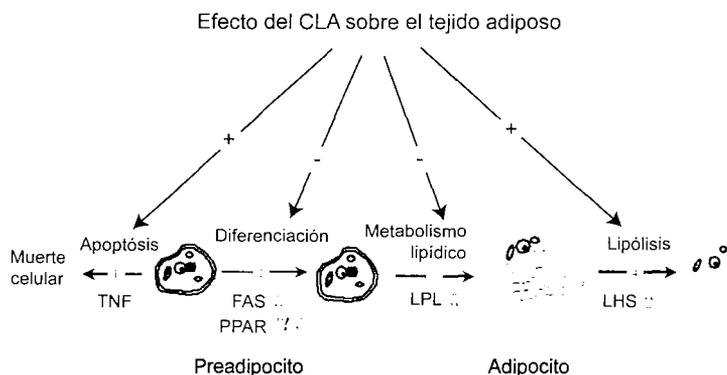
poliinsaturación. El hecho relevante, es que el grado de poliinsaturación se relaciona en forma directa con la actividad metabólica.

Por otra parte, el tejido adiposo es una estructura que ha sido muy estudiada en estas últimas décadas, tanto desde un punto de vista anatómico como bioquímico, sobre todo en relación con la obesidad. En este sentido, se han realizado muchos estudios que tiene que ver con los efectos que ejercen sobre este tejido diferentes ácidos grasos, entre los que se cuentan el ácido araquidónico (AA), eicosapentaenoico (EPA), docosahexaenoico (DHA) linoleico, alfa y gama linolénico (ALA, GLA respectivamente) y el CLA. En lo que respecta al CLA los estudios demuestran, por ejemplo, que el isómero 9c-11t y el 10t-12c afectan la actividad de la enzima lipoproteína lipasa (LPL) dependiente de heparina. Cuando se suplementa el medio de incubación de células de tejido adiposo en cultivo con 100 uM de ambos isómeros, se observa una disminución de la actividad LPL. La LPL se encarga de hidrolizar los ácidos grasos desde triglicéridos contenidos en las VLDL y quilomicrones, con lo cual el aumento de la actividad de la enzima se asocia con la obesidad y con procesos aterogénicos. Por el contrario, la disminución de la actividad LPL demora la utilización de las VLDL en los tejidos periféricos y su transformación en LDL.

Estudios realizados con personas que presentan sobrepeso, o que son obesas, han demostrado que la ingestión diaria de 3,4 g de CLA produce una disminución de la masa grasa total sin afectar otros parámetros metabólicos, como el recuento eritrocitario y la cantidad de masa magra. La información obtenida respecto al efecto del CLA en la reducción del peso corporal sugiere que el ácido graso afectaría la interconversión metabólica de los ácidos grasos y produciría una activación de la lipólisis, probablemente por una activación de la beta oxidación mitocondrial y aumento de la termogénesis. El ácido graso produciría, además, un aumento de los niveles de leptina, y una estimulación de la actividad de la enzima

carnitina-palmitoil-transferasa I, que produciría un aumento del ingreso de ácidos grasos a la mitocondria, lo que se traduciría en una mayor  $\beta$  oxidación de estos. La inhibición de la actividad de la enzima LPL, dependiente de heparina, también podría estar involucrada en el efecto modulador del peso corporal que produce el CLA, ya que disminuiría la biodisponibilidad de los ácidos grasos desde los quilomicrones y las VLDL hacia los tejidos extra hepáticos. La figura 5 esquematiza los posibles lugares de acción del CLA en el tejido adiposo, los que en conjunto producirían una disminución de la masa de este tejido.

Estudios específicos sobre el efecto regulador del CLA en genes que participan en la producción de leche en la vaca, mostraron que las que recibieron el CLA presentaron una disminución general de grasa en la leche y un aumento del contenido de los isómeros del CLA en leche. Al parecer, esta disminución de la grasa se debe a una disminución general de varias actividades enzimáticas. La disminución en ácidos grasos entre C4 y C16 llega alcanzar un 63%, los mRNA de las enzimas acetil-CoA carboxilasa y sintetasa de ácidos grasos disminuyen en un 40%. También se observó una disminución en la enzima lipoproteína lipasa, y de la proteína que liga ácidos grasos. El CLA disminuye la expresión y/o la actividad de la enzima  $\Delta 9$ -desaturasa, en la mama. Los autores postulan que todos estos efectos en la vaca frente a la adición de CLA, pueden estar mediados por la interacción de CLA con PPARs y otros receptores nucleares.



1. Inducción de apoptosis de preadipocitos y adipocitos, por aumento del factor de necrosis tumoral (TNF).
2. Disminución de la síntesis de ácidos grasos por reducción de la actividad de la proteína de síntesis de ácidos grasos (FAS) y del PPAR y.
3. Disminución de la disponibilidad de ácidos grasos en el tejido adiposo por la menor actividad de la LPL vascular.
4. Mayor lipólisis en adipocitos por activación de la lipasa hormona sensible (LHS).

El CLA modula genes que tienen funciones en la diferenciación, la proliferación, o apoptosis de la célula adiposa. En el caso del sistema inmune como en el cáncer, el efecto del CLA es mediante la expresión de cierto tipo de genes. En el futuro, a la luz de los nuevos enfoques que tiene la nutrición con los conocimientos que aporte la nutrigenómica, la transcriptómica, la proteómica, la metabolómica, por citar algunas de las derivaciones posibles en el estudio de los efectos de los nutrientes, y en especial de los ácidos grasos, iremos conociendo más sobre las miles de formas que tienen los nutrientes para regular la expresión de los genes.

Adicionalmente, se ha observado que el CLA tiene efectos sobre la gestación y en el recién nacido. Recientemente se realizó un estudio en mujeres con 24 semanas de gestación que consumieron una dieta *ad libitum* y adecuada para su estado fisiológico. A las 35 semanas, se les tomó muestra de sangre para determinar distintos parámetros bioquímicos, y posteriormente se tomaron muestras de

cordón umbilical post-parto. Los resultados permitieron concluir que el CLA, proveniente de la dieta, cruza la placenta. Se observó, además, que los niveles de CLA alcanzados en los triacilglicéridos plasmáticos, y el nivel de CLA que se esterifica al colesterol de la sangre del cordón umbilical, tienen relación inversa con el peso de nacimiento, con la edad gestacional, y con estatura al nacer. La disminución en el peso de nacimiento es el parámetro que más se afecta cuando el nivel de esterificación del colesterol con CLA es mayor. Por cada 1% de aumento en este nivel, el peso corporal disminuye en 310 gramos. Sin embargo, los autores estiman que la disminución del peso observada en los recién nacidos puede estar relacionada con la ingesta de otro tipo de ácidos grasos de isomería *trans*, y no sólo con el CLA. Este resultado sugiere que el CLA produciría una disminución del peso debido a que sería capaz de modificar el metabolismo de los lípidos en la célula adiposa, o impedir la diferenciación de estas células, por lo que serían menos eficientes para depositar lípidos. Sin embargo, son resultados que deben tomarse con extrema precaución, ya que los autores llaman la atención en cuanto a que en el estudio no se cuantificaron las cantidades de CLA, de DHA y de EPA consumidas por las gestantes, por lo que se requiere cuantificar con más exactitud estas variables para extraer conclusiones y recomendaciones adecuadas.

Otro efecto que puede ser considerado perjudicial para el isómero 10*t*-12*c*, es que es capaz de producir resistencia a la insulina, efecto en especial relevante en individuos diabéticos y en obesos. Aunque el mecanismo por el cual se llega a esta intolerancia no está del todo clarificado, los estudios indican varios factores contribuyentes, siendo uno de ellos la lipoperoxidación de algunos ácidos grasos. El estudio demostró que el aporte de 10*t*-12*c* a individuos diabéticos induciría resistencia a la insulina por un estímulo de la lipoperoxidación tisular y vascular, lo cual produciría una alteración estructural en el transportador de glucosa GLUT-4 del tejido adiposo. Este efecto perjudicial del CLA 10*t*-12*c* se agudiza aún más en individuos

diabéticos fumadores. La figura 6 resume los principales efectos biológicos y nutricionales atribuidos al CLA.

### Principales efectos biológicos y nutricionales del CLA

#### Efectos hipocolesterolémicos e hipotriglicéridémicos

- ↑ Colesterol -LDL no afecta a colesterol -HDL
- ↓ Triglicéridos plasmáticos (efecto antiaterogénico)

#### Efectos hipocolesterolémicos e hipotriglicéridémicos

- ↑ Síntesis de IgA, IgE e IgM
- ↓ Producción de interleukina-6
- ↓ Producción de prostaglandina E
- Efecto favorable en alergias alimentarias

#### Efectos anticarcinogénico

- Detiene el ciclo celular en G<sub>0</sub>/G<sub>1</sub>
- Actúa como ligando de PPARs
- ↑ Expresión de receptores peroxisomales (PPARs)
- Acción citotóxica en cultivo de cáncer colo-rectal
- Acción citotóxica en cultivo de cáncer mamario

#### Efectos sobre el peso corporal

- ↑ El cociente respiratorio
- ↑ Metabolismo basal
- ↓ Niveles de leptina
- ↑ Actividad de carnitina palmitoil transferasa
- ↑ Actividad de la enzima lipoproteína lipasa
- ↓ Diferenciación de preadipocito a adipocito
- ↑ Apoptosis de adipocitos
- ↓ Depósito de grasa corporal

## ALIMENTOS FUNCIONALES QUE CONTIENEN CLA

Como ya se comentó, la presencia del CLA en forma natural en los alimentos es relativamente escasa, y en general, se encuentra una mayor cantidad de este ácido graso en los alimentos de origen animal, particularmente de los rumiantes, y cuya cantidad tiene relación con la dieta que recibe el animal (tipo de grano, forraje, pasto,

o suplemento). También influye la raza, el lugar geográfico, e incluso para un mismo lugar, la estación del año. Por las mismas razones, la cantidad de CLA que pueda contener un mismo tipo de leche y/o de carne, producida en diferentes regiones o países, será muy distinta. El CLA también puede encontrarse en pequeñas cantidades en aceites de origen vegetal y en alimentos de origen marino. Se puede concluir que la mejor fuente dietaria de CLA es el consumo de carnes y productos lácteos procedentes de rumiantes aunque, como ya se comentó, se pueden observar fuertes variaciones en la cantidad de CLA consumida. De esta forma, en una dieta mixta promedio occidental se estima que el consumo de CLA es muy variable, dependiendo de los hábitos de consumo de cada país, y también del porcentaje de CLA aportado por las carnes de animales rumiantes. Por ejemplo, dentro de los países cuyo consumo se ha establecido, Australia presenta los valores más altos (1,5 a 1,8 g/día), en tanto que Alemania muestra los valores más bajos (0,5 g/día). La carne consumida en los países germanos proviene principalmente del cerdo, un no rumiante. En Estados Unidos el consumo promedia los 0,9-1,2 g/día. A la fecha no existen datos sobre el consumo de CLA en América Latina, aunque se puede presumir que en países con alta tradición de consumo de carne bovina, como es el caso de Argentina, Brasil, y Uruguay, la ingesta promedio de CLA debería ser alta (sobre 1g/día). En Chile, Perú y Ecuador, ocurriría todo lo contrario, ya que la ingesta de carne está representada, principalmente, por el consumo de aves (pollo, mayoritariamente), las que por su tipo de alimentación, principalmente de origen vegetal, no constituyen un aporte significativo de CLA. En la figura 7 se puede observar el porcentaje relativo de CLA en distintos alimentos, que son normalmente consumidos en la dieta, en los cuales destaca el aporte de la leche y sus derivados.

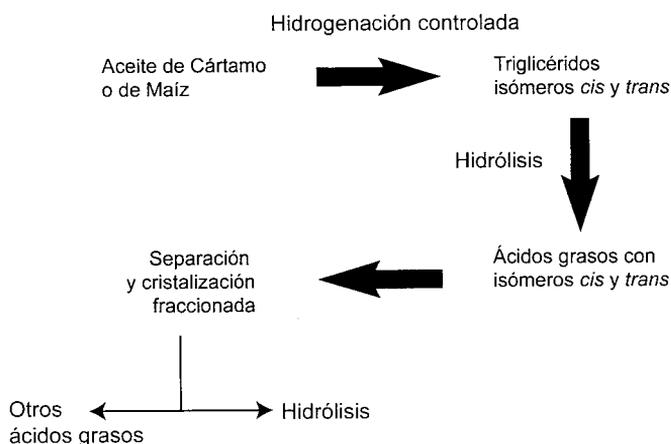
## Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en alimentos de consumo habitual

<b>Valores expresados en porcentaje de grasa total</b>			
<b>Aceites</b>		<b>Carnes de mamíferos</b>	
Maní	0,20	Vacuno	0,65
Oliva	0,08	Cordero	1,20
Soja hidrogenado	0,50	Cerdo	0,15
		Conejo	0,11
<b>Leche y derivados</b>		<b>Pescados</b>	
Leche entera	0,22	Salmón	0,07
Leche homogeneizada	0,55	Carpa	0,09
Leche condensada	0,70	Trucha de lago	0,05
Leche cultivada	0,5	Menhaden	0,05
Mantequilla	0,55		
Yogurt bajo en grasa	0,40		
<b>Quesos</b>			
Queso natural	0,56		
Queso procesado	0,40		
Queso fermentado	0,76		
Queso mozzarella	0,49		
Queso cottage	0,45		
Queso parmesano	0,30		

Teniendo en cuenta los variados efectos del CLA, algunos beneficiosos y otros cuestionables, y considerando que para alcanzar los efectos beneficiosos se requiere de cantidades mayores a las que aportan los alimentos naturales, ya que algunos investigadores estiman que para alcanzar efectos beneficiosos se requiere de un consumo al menos de 3,4 gramos/día, se hace necesario adicionar, suplementar, o incrementar el contenido de este ácido graso en los diversos alimentos. El bajo aporte actual de CLA en los alimentos tiene varias razones, principalmente debido a los efectos del medio ambiente sobre los vegetales que consumen los animales de los cuales nos alimentamos.

Una forma obtener CLA con fines de incorporarlo como ácido graso preformado a los alimentos, es de manera industrial mediante la hidrogenación controlada de aceites vegetales y posterior fraccionamiento de los ácidos grasos para separar los isómeros formados. Se utiliza, generalmente, aceite de cártamo o aceite de maíz como materia prima para la reacción. Debido al creciente uso comercial del CLA, por sus propiedades ya discutidas, numerosas empresas han desarrollado el proceso tecnológico para obtener CLA. La figura 8 esquematiza las principales etapas de la obtención industrial de CLA.

#### Obtención de CLA mediante procedimiento tecnológico



Recientemente, con el objetivo de aumentar el contenido de CLA en alimentos de consumo diario, la suplementación de la dieta del ganado lechero vacuno ha sido una de las estrategias más utilizadas. Esta consiste en aportar pastos de tipo fresco suplementados con aceites vegetales ricos en ácido linoleico. Con esto se ha logrado que la cantidad de CLA en la leche aumente en forma importante, desde 3 mg/g de lípidos hasta 90-100 mg/g de lípidos. Los investigadores han dejado claro que otros factores afectan de forma importante el contenido de CLA en los rumiantes como son: la suplementación o no de

antibióticos, la actividad de la enzima delta-9 desaturasa en el tejido mamario, la cantidad de microbios del rúmen del animal, por citar algunos.

Las leches con un mayor nivel de CLA, además de consumirse como leche fluida, también pueden ser utilizadas en la producción de variados derivados lácteos, por ejemplo fabricar diversos tipos de quesos o yogurt. En todos los estudios de estos derivados lácteos, los análisis organolépticos no han mostrado un deterioro en su aceptabilidad por parte del consumidor, ya que no se afecta el sabor, o el olor del alimento en forma importante. Además, no se observa deterioro nutricional, ya que el aporte adicional de CLA no afecta la oxidación general del alimento natural.

Por otra parte, también se ha aumentado el aporte de CLA en aves, en especial en pollos y también en pavos, aunque con el fin de aumentar la vida media útil del animal en condiciones de conservación en frío. En pollos se ha observado que la adición extra de CLA aumenta la actividad de enzimas que protegen del estrés oxidativo biológico como lo es el aumento de la actividad de las enzimas superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa del animal. Además, se ha observado que el CLA disminuye la cantidad de grasa abdominal del animal y aumenta el tejido magro del mismo. Adicionalmente en pollos suplementados con CLA, este ácido graso se puede incorporar al huevo en forma proporcional al suplementado en la dieta del pollo, en especial en la yema del huevo donde se observa un aumento significativo del CLA. Los resultados demuestran que los huevos no cambian en forma significativa el sabor ni el color, pero por sobre todo, aumenta el tiempo que se pueden mantener en condiciones de almacenamiento en refrigeración. Por otra parte, cuando las piezas de pavo son irradiadas con un tipo de radiación gamma para impedir la proliferación microbiológica, estas normalmente aumentan su oxidación, pero cuando los pavos han sido suplementados con CLA, esta oxidación inducida por la irradiación disminuye

significativamente, lo que permite un mayor tiempo de almacenamiento.

En Canadá y Estados Unidos se ha suplementado con CLA otros alimentos, en especial carnes, con el objetivo de mejorar la eficiencia de alimento, pero al mismo tiempo, conseguir mayores niveles de CLA en la porción de consumo, lo que llevaría un mayor aporte de este ácido graso a los humanos. Este mayor aporte dietario a animales ha sido probado exitosamente en vacunos y en cerdos. En especial en Canadá se observó que es posible aumentar los isómeros 9c-11t y 10t-12c desde 3 mg/g de lípidos a 14 mg/g de lípidos, de manera que el consumo corriente de carne aporta 80 mg de CLA en una porción regular de 80 gramos de carne. El CLA se acumula principalmente en el tejido adiposo y también intramuscularmente. Los estudios organolépticos no han mostrado diferencias significativas, en sabor, color, aroma de estos alimentos respecto al no suplementado. Así, en cerdos se ha observado que además de aumentar significativamente la cantidad de CLA, el que puede ser consumido por humanos al ingerir la carne de cerdo, el animal, presenta menor cantidad de grasa subcutánea y un aumento de tejido magro, y es en este tejido muscular dónde el CLA se incorpora mayoritariamente. Lo comentado se traduce en un valor agregado a la carne de cerdo desde el punto de vista comercial.

Adicionalmente, al CLA se lo presenta como un nutracéutico y muchos suplementos alimenticios lo anuncian como un ácido graso adecuado para reducir de peso o para aquellas personas que realizan una actividad deportiva. Por ejemplo, hay presentaciones como alimento dietético compuesto por CLA, como inhibidores del apetito y también como complemento para adelgazar, entre los mensajes que realizan las páginas webs de diferentes empresas. Existe una activa investigación sobre el CLA en relación a sus propiedades nutracéuticas y/o funcionales. Serán las derivaciones nuevas de la nutrición, como la nutrigenómica y la metabolómica, las que nos aportarán los conocimientos necesarios para saber los reales

efectos de este ácido graso sobre el organismo humano, sobre todo, cuando se trate de diferentes fenotipos o etnias. Por el momento, el conocimiento que actualmente poseemos es una base importante para propender, al menos, a conservar la salud de las personas al consumirlo como un nutracéutico o adicionado a alimentos.

# BIBLIOGRAFÍA

- Angel, A. (2004), "The role of conjugated linoleic acid in human health", en *Am. J. Clin. Nutr*, 79 (número de la revista enteramente dedicado al CLA).
- Aro, A.; Mannisto, S.; Salminen, Ovaskainen, M. L.; Kataja, V. y Uusitupa, M. (2000), "Inverse association between dietary and serum conjugated linoleic acid and risk of breast cancer in postmenopausal women", en *Nutr Cancer*, 38, 151-157.
- Blankson, H.; Stakkestad, J. A.; Erling, H. F. y Wadstein, T. J., Gudmundsen, O. (2000), "Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in over-weight and obese humans", en *J Nutr*, 130, 2943-2948.
- Belury, M. (2002), "Inhibition of carcinogenesis by conjugated linoleic acid: Potential mechanisms of action", en *J. Nutr*, 132, 2995-2998.
- Brown, J. M. y McIntosh, M. K. (2003), "Conjugated linoleic acid in humans: Regulation of adiposity and insulin sensitivity", en *J. Nutr*, 133, 3041-3046.
- Field, C. J. y Schley, P. (2004), "Evidence for potential mechanisms for the effect of conjugated linoleic acid on tumor metabolism and immune function: Lessons from n -3 fatty acids", en *Am. J. Clin. Nutr*, 79, 1190S-1198S.
- Fitzpatrick, K. (2004), "Regulatory issues related to functional foods and natural health products in Canada: Possible implications for manufacturers of conjugated linoleic acid", en *Am. J. Clin. Nutr*, 79(suppl), 1217S-1220S.
- Jahreis, G.; Fritsche, J.; Mockel, P.; Schone, F.; Moller, U. y Steinhart, H. (1999), "The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid, cis-9,trans-11 C18:2, in milk of different species: cow, goat, ewe, sow, mare, woman", en *Nutr Res*, 19, 1541-1549.
- Kamphuis, M.; Lejeune, M.; Saris, W. y Westerterp-Plantenga, A. (2003), "Effect of conjugated linoleic acid supplementation after weight loss on appetite and food intake in overweight subjects", en *European Journal Clinical Nutrition*, 57, 1268-1274.
- Kim, Y. J.; Liu, R. H.; Bond, D. R. y Russell, J. B. (2000), "Effect of linoleic acid concentration on conjugated linoleic acid production by *Butyrivibrio fibrisolvens* A38", en *Appl Environ Microbiol*, 12, 5226-5230.
- O'Shea, M.; Bassaganya-Riera, J. y Mohede, I. (2004), "Immunomodulatory properties of conjugated linoleic acid", en *Am. J. Clin Nutr*, 79 (suppl), 1199S-1206S.

- Pariza, M. W. y Ha, Y. L. (1990), "Conjugated dienoic derivatives of linoleic acid a new class of anticancerinogens", en *Med. Oncol. Tumor Pharmacother*, 7:169-171
- Pariza, M. W.; Park, Y. y Cook, M. E. (2001), "The biologically active isomers of conjugated linoleic acid", en *Prog Lipid Res*, 40: 283-298.
- Sébédio, J. L.; Gnaedig, S. y Chardigny, J. M. (1999), "Recent Advances in Conjugated Linoleic Acid Research", en *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 2, 499-506.
- Tanmahasamut, P.; Liu, J.; Hendry, L. y Sidell, N. (2004), "Conjugated linoleic acid blocks estrogenic signalling in human breast cancer cells", en *J. Nutr*, 134,674-680
- Wang, Y. y Jones, P. (2004), "Conjugated linoleic acid and obesity control: efficacy and mechanisms", en *Int. J. Obesity*, 28, 941-955.

# FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES, AGENTES HIPOCOLESTEROLÉMICOS DE ORIGEN NATURAL

---

Dr. Alfonso Valenzuela B.  
Centro de Lípidos, INTA,  
Universidad de Chile, Santiago de Chile

## INTRODUCCIÓN

El colesterol es un esteroide de origen animal que deriva de la estructura básica denominada *estero* o ciclo-pentano perhidrofenantreno. El colesterol es una molécula fundamental para nuestro organismo ya que está involucrado en importantes funciones, tales como, el formar parte de las membranas celulares, en la formación de las sales biliares, en la formación de vitaminas, como es el caso del colesteciferol o vitamina D, en la formación de las hormonas sexuales, y en la formación de los glucocorticoides y mineralocorticoides. Además, como tal o en la forma de los llamados *oxisteroles*, tienen importantes funciones reguladoras de la función celular. No podemos vivir sin el colesterol. Un experimento clásico demostró que al alimentar ratitas con una dieta absolutamente carente de colesterol y a las cuales se les inhibió mediante fármacos la síntesis de colesterol, estas engendraron animales cíclopes (con un solo ojo), lo cual es una prueba que la ausencia de colesterol tiene efectos teratogénicos. Sin embargo, esta importante molécula puede ser comparada con el dios Jano, deidad de los romanos que tenía dos caras, una buena y otra mala. La buena ya la hemos mencionado, la mala, también es conocida. El mal manejo metabólico del colesterol, ya sea por razones

---

genéticas, patológicas, dietarias, de estilo de vida, u otras causas, puede producir la acumulación de este en los vasos sanguíneos (aterogénesis), la precipitación y formación de cristales en la vesícula biliar (litiasis vesicular), la acumulación en las células hepáticas (colestasis hepática), la acumulación de oxisteroles en las células neuronales (enfermedad de Alzheimer), etc. Como ya es suficientemente conocido, el exceso de colesterol circulante, principalmente contenido en las lipoproteínas de baja densidad (colesterol-LDL) es uno de los factores de riesgo de las enfermedades cardio y cerebrovasculares y del síndrome metabólico.

El colesterol tiene ciertas particularidades estructurales y metabólicas. Por ejemplo es una molécula anfipática, lo cual significa que tiene una parte polar (extremo hidrofílico) y una parte apolar (extremo hidrofóbico), en forma similar a los fosfolípidos que forman las membranas celulares y a los cuales acompaña el colesterol en estas estructuras. Esta propiedad físico-química será muy importante cuando analicemos el mecanismo de acción de los fitoesteroles y fitoesteroles. El otro aspecto interesante, es que el colesterol es la única molécula que no se destruye en nuestro organismo, esto es, no hay un mecanismo que lo transforme en una molécula eliminable por la orina, sudor o deposiciones. De esta forma, la cantidad de colesterol de nuestro organismo, lo que se conoce como "pool" de colesterol, está determinada por la capacidad de biosíntesis de nuestras células (prácticamente todas las células tienen la capacidad de biosintetizarlo), por el colesterol aportado por la dieta, por el colesterol utilizado en la formación de sus productos metabólicos, y por la excreción de colesterol como tal a través de la bilis y de las deposiciones. En otras palabras el colesterol, ya sea proveniente de nuestra propia biosíntesis o de la dieta, o se utiliza o se elimina.

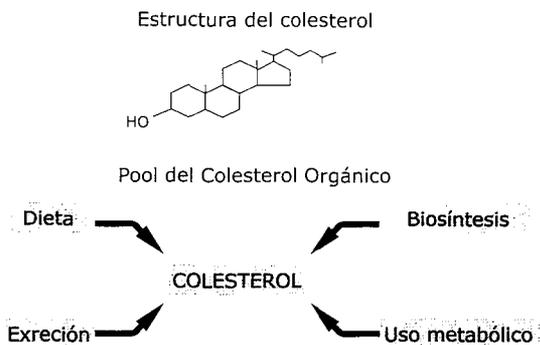


Figura 1

La figura 1 muestra la estructura del colesterol, en la que el grupo hidroxilo (OH) representa su parte polar o hidrofílica y el resto de la estructura su parte apolar o hidrofóbica, y el llamado "pool metabólico del colesterol". La figura 2 muestra los principales destinos metabólicos del colesterol.

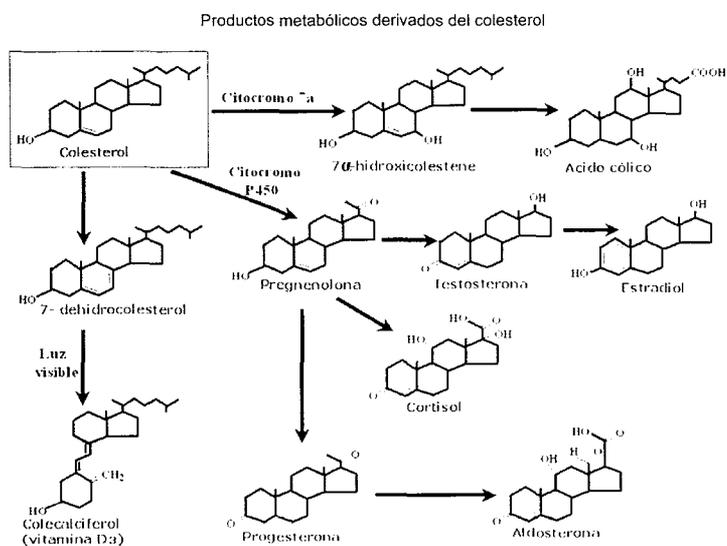


Figura 2

## DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DEL COLESTEROL

Si bien el colesterol no es un componente mayoritario en nuestra alimentación, estará siempre presente toda vez que consumamos un alimento de origen animal. En una dieta normal, consumimos en promedio diariamente 260-500 mg de colesterol, el cual en un 95% se encontrará esterificado (con un ácido graso unido al grupo OH), ya sea con ácido palmítico, esteárico u oleico, y más excepcionalmente unido al ácido linoleico. De esta forma, lo que consumimos son mayoritariamente esteres del colesterol y solo una pequeña fracción de colesterol libre (no esterificado). No existe ningún mecanismo enzimático a nivel bucal y gástrico capaz de hidrolizar los esteres de colesterol a su forma libre, por lo cual el proceso de hidrólisis ocurre exclusivamente en el intestino delgado por efecto de una enzima identificada como **colesterol esterasa**, secretada por el páncreas a través del jugo pancreático.

A nivel del duodeno-yeyuno se produce la hidrólisis de los esteres del colesterol, con lo cual se forma colesterol libre (no esterificado). Este colesterol de origen dietario se agrega al colesterol aportado por la bilis, el cual fluctúa entre 600 a 1000 mg/día y en la forma de colesterol no esterificado. En otras palabras, después de una comida se producirá una cantidad de colesterol a nivel del intestino delgado que fluctuará entre 850 y 1500 mg/día proveniente de la sumatoria del colesterol dietario más el de origen biliar. Cabe destacar que ambos tipos de colesterol son iguales, se trata de la misma molécula. El colesterol, junto con los ácidos grasos libres, monoglicéridos, y lisofosfolípidos, pasa a formar parte de las micelas mixtas, para así ser transferido a las células intestinales. Se estima que normalmente un 50% del colesterol presente en el lumen intestinal es absorbido, el otro 50% se elimina con las deposiciones. Un simple cálculo matemático nos indica que si la dieta, por ejemplo, nos aporta 500 mg de colesterol y la bilis 1000 mg, un total de 1500 mg, y solo se reabsorbe un 50% (750 mg), significa que diariamente

nuestro organismo debe sintetizar una cantidad de colesterol cercana a los 250-300 mg/día. La figura 3 muestra el proceso de hidrólisis del colesterol esterificado dietario y la reabsorción del colesterol libre dietario y biliar. La figura 4 muestra la incorporación del colesterol a las micelas mixtas.

Origen y destino del colesterol intestinal

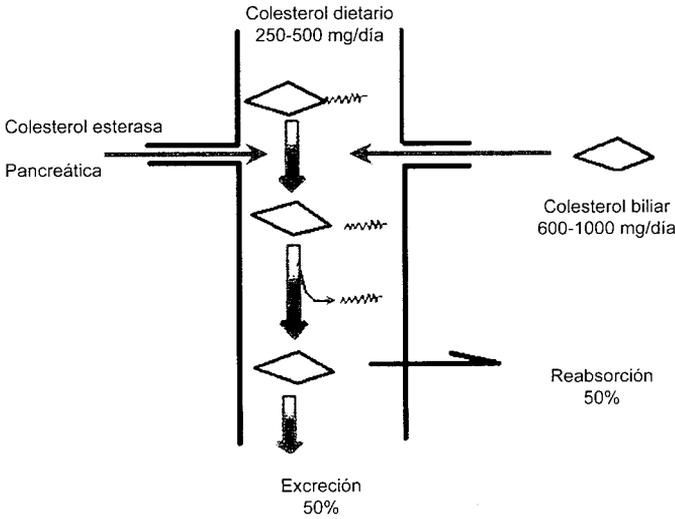


Figura 3

Digestión y absorción del colesterol

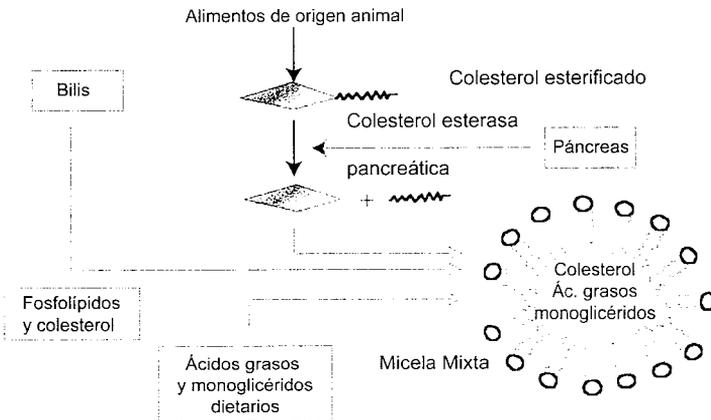


Figura 4

Al tomar contacto las micelas mixtas con las microvellosidades intestinales, se produce la transferencia del colesterol a las células intestinales. Durante varios años se pensó que la transferencia de colesterol al enterocito se producía por un gradiente favorable de concentración de colesterol desde la micela a la célula intestinal. Sin embargo, hace algunos años se describió la existencia de un transportador de esteroides, no solo de colesterol, sino de diferentes esteroides, que se identificó como *Transportador Niemann-Pick C1 Like 1 (NPC1L1)*. Este transportador incorpora colesterol a las células intestinales con una velocidad 1000 veces mayor que la que produce el gradiente favorable por simple difusión.

Una vez en la célula intestinal, el colesterol es nuevamente esterificado (reesterificación) con un ácido graso por la acción de una enzima identificada como *acil-colesterol-aciltransferasa (ACAT)*. El colesterol esterificado se incorpora a la formación de los quilomicrones, los que posteriormente son secretados primero a la linfa y después a la circulación sanguínea. Al parecer, cuando el aporte de colesterol es muy alto, por ejemplo después de una dieta muy rica en colesterol, la ACAT no logra esterificar todo el colesterol. Entonces entra en operación un mecanismo, también de reciente descubrimiento, que "bombea" el exceso de colesterol nuevamente al lumen intestinal, para ser excretado con las deposiciones. Esta "bomba" corresponde a una superfamilia de proteínas de la membrana celular identificadas como bombas ABC (de ATP Binding Cassette), la que cumple funciones de transporte de moléculas complejas en diversos tejidos. En el caso de las células intestinales, las bombas ABC se identifican como ABCG5 y ABCG8. Se han identificado patologías en las cuales estas bombas tienen poca eficiencia, lo cual se traduce en altos niveles de colesterol circulante, como es el caso de la *enfermedad de Tangier*. De esta forma, existe un fino control en la absorción e incorporación del colesterol a la formación de los quilomicrones, regulado por la capacidad esterificante de la enzima ACAT y la actividad de las bombas ABCG5 y ABCG8.

La figura 5 esquematiza el proceso de absorción, esterificación y excreción del colesterol por la enzima ACAT y las bombas ABC.

Aspectos moleculares de la absorción del colesterol intestinal

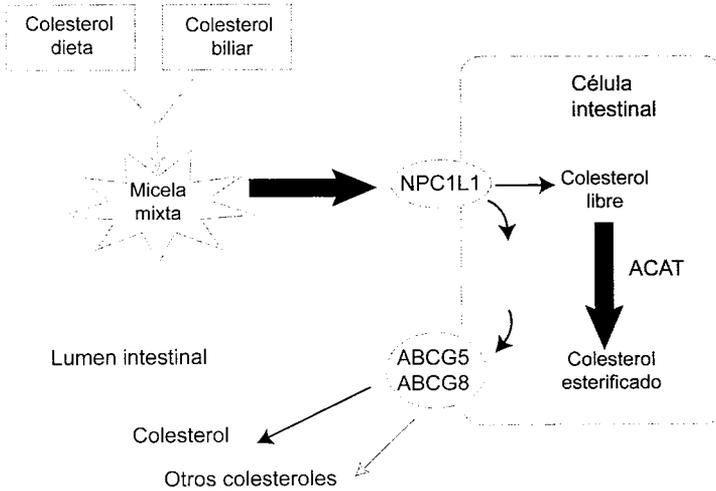


Figura 5

## LOS FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES, ORIGEN, ESTRUCTURA Y PRINCIPALES PROPIEDADES

Los fitoesteroles son esteroles de origen vegetal y cumplen funciones similares a las del colesterol en la estructura de las membranas celulares vegetales. Su estructura también deriva del esterano o ciclopentano perhidrofenantreno. Sin embargo, tienen pequeñas diferencias estructurales que son muy importantes en el efecto hipocolesterolémico que se les atribuye. El colesterol está formado por 27 átomos de carbono, de los cuales 19 pertenecen a la estructura cíclica y 8 átomos a lo que llama cadena lateral. Pues bien, los fitoesteroles poseen 28 o 29 átomos de carbono. Los átomos de carbono adicionales se encuentran en la cadena lateral. El colesterol

presenta un doble enlace (insaturación) en una de las estructuras cíclicas, entre los carbonos 5 y 6, los fitoesteroles también presentan este doble enlace, y algunos de ellos presentan un doble enlace en la cadena lateral. En forma natural, todos los vegetales presentan cantidades variables de fitoesteroles y pequeñas cantidades de fitoestanoles. Estos últimos se identifican como formas reducidas de los fitoesteroles, lo cual significa que no poseen dobles enlaces, ni en la estructura cíclica ni en la cadena lateral. Los fitoestanoles son más bien producto de la reducción química industrial de los fitoesteroles. La presencia de una mayor cantidad de carbonos en la cadena lateral permite que los fitoesteroles, y por derivación los fitoestanoles, sean más hidrofóbicos que el colesterol, propiedad de gran importancia en el efecto hipocolesterolémico de estos esteroides vegetales. La diferente disposición de los carbonos y la presencia o no de dobles enlaces en la cadena lateral, así como la posibilidad de ser esteroides o estanoles, origina una gran variedad de diferentes fitoesteroides y fitoestanoles, los que en conjunto pueden sumar más de 50 tipos diferentes. Los más comunes entre los fitoesteroides son el sitosterol, campesterol, sitgmasterol, y brasicasterol. Los fitoestanoles equivalentes son el sitostanol, campestanol, stigmastanol y el brasicastanol.

La figura 6 muestra la estructura de diferentes fitoesteroides y fitoestanoles.

## Estructura de fitoesteros y de fitoestanos

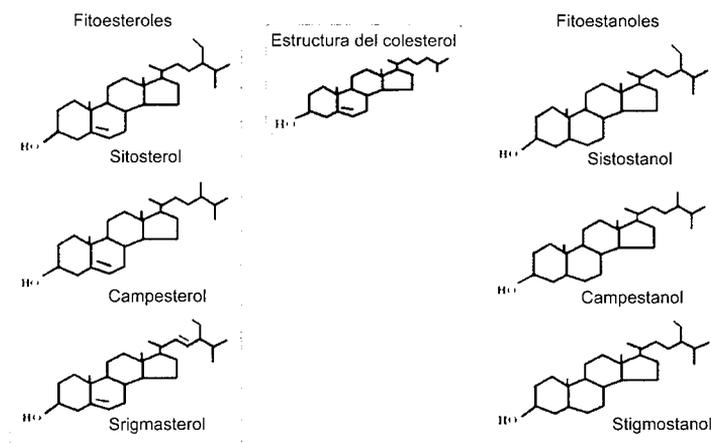


Figura 6

## PRESENCIA DE FITOESTEROS Y FITOESTANOS EN LOS ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

Todos los alimentos de origen vegetal contienen cantidades apreciables de fitoesteros. Estos están presentes en los frutos, semillas, hojas, y tallos de prácticamente todos los vegetales conocidos, por lo que obligadamente forman parte importante de nuestra dieta. Aunque no existe una base de datos acerca del contenido específico de cada forma de fitoesteros en los alimentos, se conoce el contenido total de ellos en algunos alimentos y que se muestra en la figura 7.

<b>Figura 7</b>	
<b>Contenido de fitoesteros de algunos aceites</b>	
<b>Alimento</b>	<b>Fitoesteros mg/100g porción comestible</b>
Aceite de maíz	952
Aceite de girasol	725
Aceite de cártamo	444
Aceite de soja	221

Aceite de oliva	176
Almendras	143
Habas	76
Maíz	70
Trigo	69
Aceite de palma	49
Lechuga	38
Plátano	16
Manzana	17
Tomate	7

La fuente más concentrada de fitoesteroles son los aceites vegetales. Una persona que consume 30 g/día de aceite de maíz, por ejemplo, recibe en promedio 280-300 mg de fitoesteroles, una cantidad suficiente para producir un efecto de reducción de la absorción del colesterol. Una excepción lo constituye el aceite de palma, ya que una vez refinado es relativamente deficiente en fitoesteroles. Se encuentran también en pequeñas cantidades en los vegetales enteros, en los granos, e incluso en el pan, aunque el pequeño aporte de fitoesteroles de estos alimentos, se compensa con el mayor consumo habitual de ellos. Con excepción de los alimentos que contienen carbohidratos muy refinados y los productos de origen animal, casi todos los alimentos de origen vegetal contribuyen a la ingesta de fitoesteroles.

Se estima que la ingesta diaria de FE, la que obviamente es muy variable ya que depende de los hábitos alimentarios de la población, se encuentra en un rango que va desde los 160 mg/día hasta los 500 mg/día en dietas vegetarianas, una ingesta muy similar a la del colesterol. Aunque no tan estudiados como los fitoesteroles, los fitoestanoles también se encuentran en la dieta. Se han encontrado en aceites vegetales no hidrogenados y en cereales, aunque en menores cantidades que los fitoesteroles. Se ha estimado el consumo de fitoestanoles a partir del análisis de composición fecal, reportándose excreciones de 20-30 mg/día de fitoestanoles en sujetos que no han recibido tratamiento con estanoles. Esto sugiere que la ingesta de fitoestanoles puede constituir

aproximadamente un 10% de la ingesta dietaria de fitoesteroles + fitoestanoles, aunque un porcentaje de estos últimos puede ser formado por la reducción química del doble enlace de la estructura cíclica por parte de la flora bacteriana intestinal.

En general, los fitoesteroles y los fitoestanoles se absorben escasamente en el tubo digestivo. Utilizando un método de doble marcaje con isótopos estables, se estimó que la absorción del colesterol es de 50% en promedio, mientras la absorción de campesterol, sitosterol, campestanol, y sitostanol es sólo 1,89, 0,51, 0,16 y 0,04%, respectivamente. Diversos estudios, en los cuales se ha utilizado sitosterol radioactivo, reportan una absorción entre el 0,65 y 1,50% de la dosis administrada. Cuando los individuos se suplementaron con 2-3 g/día de estanoles, el nivel sérico de estos subió en un 200-275%. Sin embargo, los niveles absolutos permanecían muy bajos, en rangos menores que 0,02% del colesterol. El porcentaje de absorción fue inversamente proporcional a la dosis de fitoestanoles administrada, sugiriendo que el consumo de dosis elevadas de estanoles produce una limitación de la absorción de estos. Además, varios, aunque no todos los estudios, han sugerido que los fitoestanoles no sólo reducen las concentraciones de colesterol sérico sino que también la de los fitoesteroles. Del mismo modo, se ha reportado que los fitoesteroles pueden disminuir las concentraciones séricas de fitoestanoles. Sin embargo, estudios recientes, sugieren que los cambios en las concentraciones séricas de fitoesteroles y de fitoestanoles no se ven afectados en forma importante por el consumo simultáneo de ambos compuestos. Además, aunque hay estudios que indican que el consumo de fitoestanoles disminuye la absorción de colesterol más eficientemente que el consumo de fitoesteroles a igual ingesta, la gran mayoría de los estudios revelan que las mezclas de ambos esteroides son igualmente efectivas en la reducción del colesterol LDL sérico. En resumen, la absorción de los fitoesteroles es muy baja, y lo es más aún la de los fitoestanoles, que son absorbidos en no más de

un 10% respecto de sus correspondientes fitoesteroles. En el plasma humano, los niveles de sitosterol y de campesterol representan sólo el 0,01-0,14% de la concentración del colesterol. Cuando se suplementa una dieta con 2-3 g/día de fitoesteroles, los niveles séricos de sitosterol y de campesterol aumentan solo en 34-73%. Los fitoestanoles suplementados en la misma dosis, reducen los niveles séricos de fitoesteroles entre 17-36%, presumiblemente por inhibición de la absorción de estos.

Uno de los problemas de la ingesta suplementaria de fitoesteroles en la población lo constituye un desorden hereditario llamado *sitosterolemia*, afortunadamente de muy baja prevalencia (1 en un millón), que se asocia a alteraciones de la función del transportador intestinal ABCG5/ABCG8, lo que resulta en la acumulación de esteroides vegetales en la circulación. Esta condición es causada por una mutación en las proteínas transportadoras del tipo ABC, ya mencionadas, y que se expresan en el intestino y el hígado. En la sitosterolemia, se produce una absorción aumentada de fitoesteroles, y su presencia en la sangre constituye un importante marcador clínico. Es probable, además, que un manejo metabólico inadecuado del colesterol contribuya a la aterosclerosis progresiva que se produce en estos pacientes. Por ejemplo, en un individuo homocigoto para la sitosterolemia, severamente afectado por esta enfermedad y cuyo deceso se produjo por aterosclerosis, el colesterol dio cuenta del 82% de los esteroides presentes en el plasma, tejidos y ateromas. Los heterocigotos son menos afectados que los homocigotos, ya que los primeros presentan valores de fitoesteroides plasmáticos y niveles de absorción sólo moderadamente elevados, y compensados por una capacidad de excretar rápidamente los fitoesteroides absorbidos. No está claro aún qué efectos puede tener una alimentación con fitoestanoles en individuos sitosterolémicos. En un estudio con 2 pacientes sitosterolémicos homocigotos que fueron alimentados con 1,5 g/ día de sitostanol (un fitoestanol), se redujo la absorción del colesterol y de otros esteroides vegetales, se produjo una excreción aumentada de

colesterol, y se redujeron los niveles plasmáticos de todos los esteroides, excepto del sitostanol, cuya concentración permaneció constante. En consecuencia, es posible que la alimentación de los pacientes de sitosterolemia con fitoesteroides pueda ser beneficiosa bajo ciertas circunstancias, aunque son necesarios más estudios en esta área para obtener conclusiones sobre el beneficio del consumo de fitoesteroides en pacientes con sitosterolemia.

## MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y DE PURIFICACIÓN DE FITOESTEROIDES A PARTIR DE MATRICES VEGETALES

En general, los fitoesteroides son subproductos de los procesos de refinación tradicional de los aceites vegetales. La fuente más común de fitoesteroides es una mezcla de aceites crudos comestibles constituidos, principalmente, por aceite de soja, y en menor cantidad por otros aceites vegetales como maíz, raps, cártamo y maravilla (girasol) en variadas proporciones. Las semillas en algunos casos pueden provenir de variedades genéticamente modificadas. La extracción propiamente tal, se realiza por métodos similares a los utilizados para la extracción de materias grasas en general. Solventes no polares tales como el hexano (utilizado comúnmente para extraer la mayoría de aceites vegetales) extraen cuantitativamente fitoesteroides libres y los ésteres de fitoesteroides con ácidos grasos. La extracción con solventes es muy efectiva ya que permite recuperar hasta un 90% del total de fitoesteroides.

El aceite crudo, obtenido por prensado o extracción con solventes, es sometido a una serie de procesos de refinamiento para remover restos de solvente, lecitinas, ácidos grasos libres, cuerpos coloreados, olores, y sabores. En una de las etapas, el aceite es sometido a una destilación por arrastre de vapor a presión reducida (desodorización), y el destilado resultante contiene la fracción de esteroides. A partir de esta fracción se remueven los ácidos grasos, lecitinas, y otros compuestos por destilación fraccionada

y cristalización, y los esterolés obtenidos son posteriormente purificados por recristalización. En general, las mezclas de fitoesteroles contienen un 40-58% de sitosterol, 20-30% de campesterol, 14-22% de stigmasterol y 0-6% de brasicasterol. Las potenciales impurezas de las preparaciones de fitoesteroles podrían contener cantidades trazas de mono, di y triglicéridos, de ceras y de escualeno. Los ésteres de esterolés se producen a partir de la reacción de estos con triglicéridos o con ácidos grasos libres derivados de aceites vegetales, aplicando métodos estándares de esterificación o de transesterificación, comúnmente utilizados en la industria de grasas y aceites.

Los fitoestanoles se preparan industrialmente por un proceso de hidrogenación de los correspondientes fitoesteroles insaturados, y la obtención de los ésteres de fitoestanoles se realiza a través de procesos de esterificación. Otro procedimiento industrial para la obtención de fitoesteroles es a partir del llamado *tall oil*, una resina aceitosa que se obtiene durante el proceso de obtención de la celulosa a partir de la madera de pino. En este caso, es el tall oil el que se somete a un proceso de refinación y de cristalización que permite concentrarlo en fitoesteroles. Este proceso constituye una ventaja para aquellos países con industria forestal dedicada a la obtención de celulosa y sus derivados, ya que implica la utilización de un subproducto del proceso, habitualmente subutilizado industrialmente. La figura 8 muestra un esquema de la extracción industrial de fitoesteroles a partir de aceites vegetales, y la figura 9 la obtención de fitoesteroles a partir del tall oil en el proceso de obtención de la celulosa.

## EFFECTOS FISIOLÓGICOS DE LOS FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES Y MECANISMOS DE ACCIÓN

Se han descrito numerosos efectos fisiológicos de los fitoestanoles y fitoesteroles. Por ejemplo, se les

atribuye propiedades antiinflamatorias, antitumorales, bactericidas, y fungicidas. Sin embargo, desde hace largo tiempo, el efecto mejor caracterizado y científicamente demostrado de estos compuestos, es su acción hipocolesterolémica, tanto a nivel del colesterol total como del colesterol-LDL. En efecto, ya en 1950 se realizó la primera observación referida a que el consumo habitual de fitoesteroles, como componentes de la dieta, ejerce un marcado efecto hipocolesterolémico. En 1955 la casa farmacéutica Eli Lilly desarrolló comprimidos de fitoesteroles (Citelin), los cuales estuvieron a la venta en Estados Unidos hasta 1975, año en que fueron desplazados por la aparición de las estatinas, de mucho menor precio en aquella época. Actualmente los métodos industriales de obtención de fitoesteroles pueden ofrecer precios muy competitivos con productos de procedencia alemana, estadounidense, china, argentina, etc.

Proceso para la obtención de fitoesteroles a partir de aceites vegetales

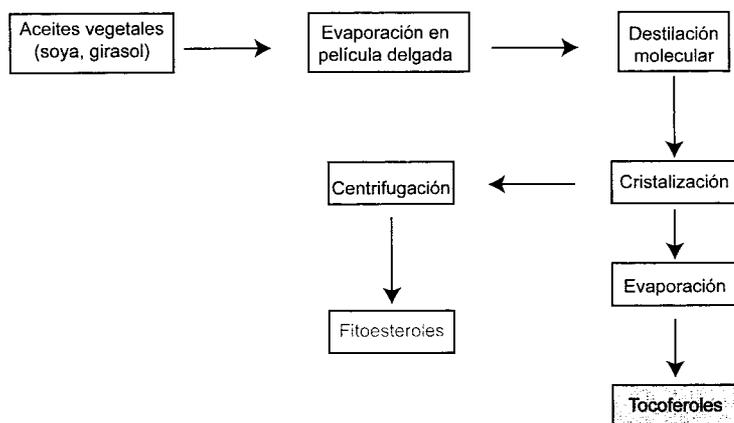


Figura 8

La evidencia experimental del efecto hipocolesterolémico de los fitoesteroles es contundente y está sustentada por abundante literatura científica en

trabajos realizados con ratas y en humanos. La reducción del colesterol-LDL varía según la edad, siendo mayor el efecto en sujetos de mayor edad. Se ha propuesto que la diferencia estructural en la cadena lateral de los fitoesteroles y de los fitoestanoles con el colesterol, es la responsable de los particulares efectos hipocolesterolémicos atribuidos a ambos esteroides vegetales, y también de la baja absorción a nivel del tracto intestinal que se ha observado para estos esteroides. Trabajos recientes han demostrado que el consumo de margarinas enriquecidas con  $\alpha$ -sitosterol, campesterol y stigmasterol, o con el derivado hidrogenado sitostanol, administradas a individuos moderadamente hipercolesterolémicos (220-240 mg/dL colesterol), produce reducciones del colesterol circulante de un 10% en promedio y de un 8% en el colesterol-LDL, sin afectar el contenido del colesterol-HDL y el nivel plasmático de triglicéridos.

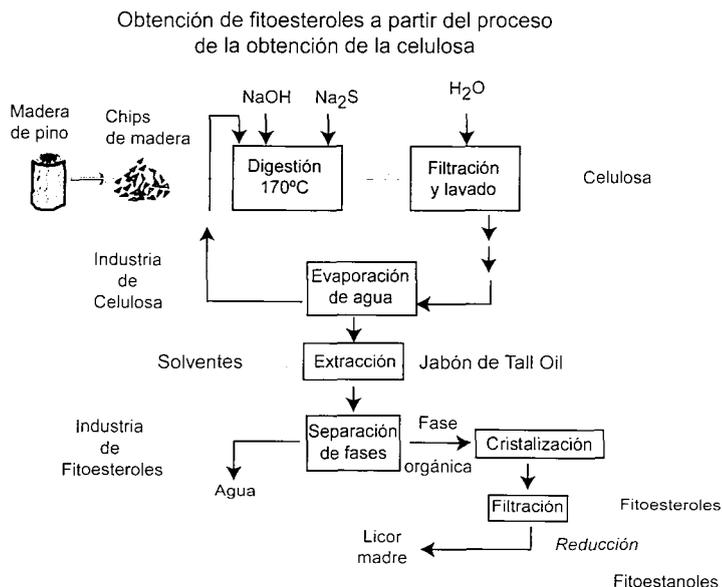


Figura 9

El consumo promedio de fitoesteroles en estos estudios fue de 1,5-2,2 g/día y el de fitoestanoles de 2,0

g/día. No está completamente elucidado el mecanismo mediante el cual los fitoesteroles y los fitoestanoles dietarios ejercen efectos hipocolesterolémicos. Sin embargo, basado en sus propiedades fisicoquímicas, se ha postulado que estas sustancias actúan a tres niveles diferentes:

- a. a nivel micelar: inhiben la absorción a nivel intestinal del colesterol desde las micelas mixtas, tanto aquel de origen dietario como biliar;
- b. A nivel intraenterocito: inhiben la re-esterificación del colesterol inhibiendo la actividad de la ACAT en las células intestinales;
- c. A nivel intraenterocito: aumentan la actividad y la expresión de transportadores del tipo ABC, acelerando así el eflujo de colesterol desde las células intestinales al lumen intestinal

El efecto a nivel micelar es probablemente el mecanismo mejor estudiado. Los ésteres de fitoesteroles (y presumiblemente de fitoestanoles) son hidrolizados en el intestino delgado superior. Debido a que los fitoestanoles y los fitoesteroles al estado libre son más lipofílicos que el propio colesterol, propiedad derivada de las características de mayor extensión y complejidad de la cadena lateral, los esteroides y los estanoles tienen una afinidad aumentada por las micelas mixtas, comparado con el colesterol, de modo que la captación de fitoesteroles y de fitoestanoles por las micelas se ve energéticamente favorecida. Como resultado, el colesterol es desplazado competitivamente desde la micela mixta formada por la acción de los fosfolípidos y de las sales biliares en el lumen intestinal, lo que reduce la absorción intestinal del colesterol. Este efecto se observa principalmente en las micelas que contienen la sal biliar taurocolato (trihidróxido) y no glicodeoxicolato (dihidróxido), sugiriendo que la distribución de las sales biliares presentes en el intestino puede ser importante en la eficiencia de los fitoesteroles y fitoestanoles para reducir la absorción intestinal del colesterol. En consecuencia, los fitoesteroles y los fitoestanoles

estarían ocupando el lugar del colesterol cuando la micela mixta toma contacto con el ribete en cepillo formado por las microvellosidades de las células intestinales. El colesterol no emulsionado (desplazado de la micela) no puede ser absorbido y es eliminado con las deposiciones. Como vimos anteriormente, los fitoesteroles, y mas particularmente los fitoestanoles, presentan escasa absorción a nivel intestinal, por lo cual durante el proceso de transferencia de los ácidos grasos y de monoglicéridos desde la micela a las células intestinales, y que produce el desensamblaje de la micela mixta, los esteroles y estanoles se liberarían acompañando al colesterol no absorbido, siendo finalmente excretados con las deposiciones. Evidencia adicional de la importancia de la solubilidad micelar, es el hallazgo que la absorción de distintos fitoesteroles está relacionada directamente con su concentración micelar en el equilibrio. Este mecanismo constituiría el primer nivel de acción de los esteroles. La figura 10 muestra el efecto de los fitoesteroles/fitoestanoles en la absorción del colesterol en el intestino delgado. Este sería el primer nivel de acción.

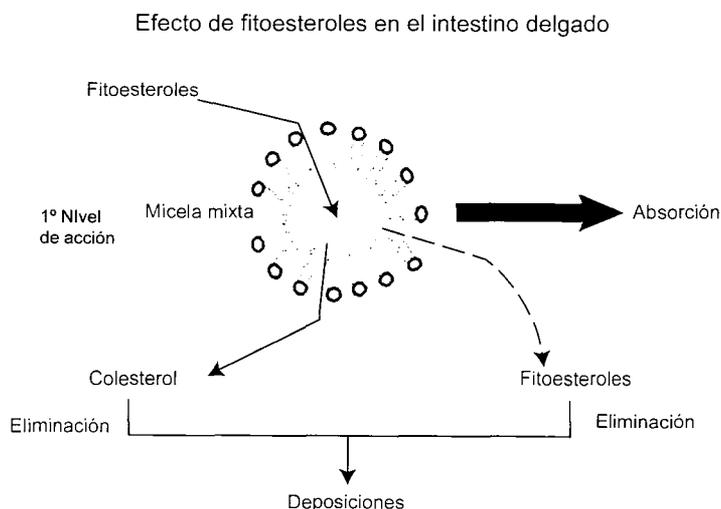


Figura 10

Como ya se comentó, la absorción intestinal de los fitoesteroles es extremadamente baja (menos del 0,5%-1%) y la de los fitoestanoles menor aún. Sin embargo, cuando estos esteroides (y estanoles) son absorbidos, ejercerían una inhibición de la enzima ACAT intestinal, con lo cual el colesterol no sería eficientemente re-esterificado e incorporado a los quilomicrones, estimulado así el eflujo hacia el lumen intestinal del colesterol no esterificado. Este mecanismo constituiría el segundo nivel de acción de los fitoesteroides/fitoestanoles. En contraste con el colesterol, los fitoesteroides y los fitoestanoles son pobremente esterificados por la ACAT y permanecen en su forma libre dentro del enterocito. Los esteroides que alcanzan la sangre, son esterificados a nivel plasmático, presumiblemente por la enzima *lecitina-colesterol-acil transferasa (LCAT)*, y transportados al hígado mediante el mecanismo del transporte reverso del colesterol a través de las HDL. Sin embargo, se estima que los fitoesteroides no producirían un efecto de competencia metabólica con el colesterol, debido a que los esteroides vegetales se encontrarían en concentraciones plasmáticas muchísimo más pequeñas que el colesterol.

Se ha establecido que los fitoesteroides son retenidos en el epitelio intestinal después de una ingestión oral. Esta observación revela que la idea que los fitoesteroides no son absorbidos no es completamente correcta cuando se analiza respecto al intestino mismo. Es probable que los fitoesteroides se incorporen a la membrana plasmática del enterocito y posiblemente que también sean internalizados a la célula por endocitosis de la membrana plasmática. En estudios en los cuales se ha medido directamente el transporte de colesterol y de sitosterol a la mucosa intestinal intacta, o a las células de la mucosa, se ha detectado la transferencia del sitosterol, pero a una velocidad igual a 1/3-1/5 de la del colesterol. Los efectos de los fitoesteroides y fitoestanoles a nivel del enterocito son mediados por las proteínas transportadoras del tipo ABC, y participan probablemente varios miembros de esta familia: ABCA1 y de la subfamilia G (ABCG5 y ABCG8).

Los transportadores ABCG5 y ABCG8, que se expresan en la superficie de los enterocitos y de los hepatocitos, participarían exportando los fitoesteroles al lumen intestinal y a la bilis, respectivamente. Estas proteínas de la membrana bombean selectivamente los fitoesteroles desde los enterocitos al lumen intestinal, manteniendo así baja su absorción, como vimos anteriormente. Se ha demostrado en ratones, que una mutación que bloquea la expresión del gen *abcg5*, que codifica al transportador ABCG5, produce una hiperabsorción selectiva de los fitoesteroles dietarios. Por lo tanto, las proteínas ABCG5 y ABCG8 limitan severamente la absorción de los fitoesteroles, además de reducir la absorción del colesterol, aumentando así el eflujo de ambos (fitoesteroles y colesterol) al lumen intestinal. Los 3 transportadores ABC que regulan el tráfico de esteroides están bajo el control de los receptores de oxisteroides llamados *receptores hepáticos X (LXR)*. Los LXR hepáticos son una familia de receptores que actúan como factores de transcripción, y que pertenecen a la familia de receptores nucleares activados por oxisteroides. Su función es la regulación de la expresión de los genes que participan en el metabolismo del colesterol. Se ha encontrado que la activación de los receptores LXR por agonistas de oxisteroides (se comportan como los oxisteroides), previene la acumulación de esteroides en el intestino a través de la inducción de los transportadores ABC. Se ha propuesto que los fitoesteroides son agonistas de los LXR, es decir se unen a los LXR y activan la síntesis de los transportadores ABC, aumentando así, tanto la excreción de los propios fitoesteroides como la del colesterol. La unión del complejo agonista-LXR al DNA ocurre en forma de dímero con el receptor del ácido retinoico (RXR); la unión del dímero LXR-RXR al DNA activa la transcripción de genes específicos. Debido a que se ha observado que la expresión de los transportadores ABCA1 y ABCG5 o ABCG8 aumenta bajo las mismas condiciones experimentales (concentraciones elevadas de colesterol libre, o ligandos de LXR), es probable que el colesterol y los fitoesteroides y fitoestanoles sean "expulsados" por

los transportadores ABCG5 y ABCG8 en cooperación con ABCA1. Este mecanismo constituiría el tercer nivel de acción de los fitoesteros y fitoestanoles.

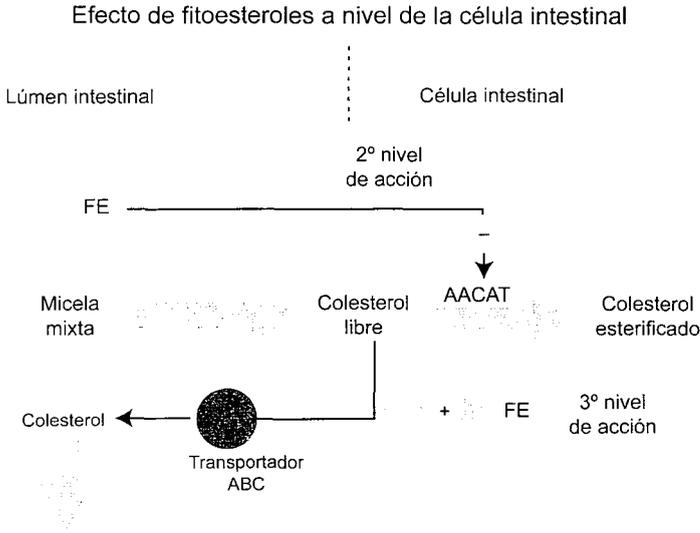


Figura 11

La figura 11 esquematiza la acción de los fitoesteros y fitoestanoles a nivel de la ACAT y a nivel de los transportadores tipo ABC en el epitelio intestinal, y la figura 12 resume los efectos de los fitoesteros y fitoestanoles en la absorción del colesterol.

**Figura 12**

Inhibición de la absorción de colesterol por los fitoesteros a nivel intestinal:

- Compiten con el colesterol a nivel de la incorporación a micelas mixtas
- Inhiben la enzima acil-CoA-colesterol-aciltransferasa (ACAT)
- Aumentan la expresión del transportador tipo ABC en el lumen intestinal

## ALIMENTOS FUNCIONALES QUE CONTIENEN FITOESTEROLES/ FITOESTANOLES. ESTUDIOS CLÍNICOS

El particular efecto hipocolesterolémico observado para los fitoesteroles y sus derivados hidrogenados, ha motivado a diferentes empresas de alimentos el desarrollo de productos enriquecidos con estos esteroides vegetales. Es importante que los fitoesteroles sean ingeridos en fórmulas que sean biodisponibles, es decir que puedan ser fácilmente absorbidos. Se piensa que los estudios con suplementos de fitoesteroles, realizados en el pasado y que no tuvieron efecto en sujetos hipercolesterolémicos, fueron consecuencia de una reducida biodisponibilidad de los fitoesteroles en las fórmulas utilizadas. Tanto la baja velocidad de disolución, como la baja solubilidad orgánica y acuosa final de los fitoesteroles, parecen contribuir a la menor biodisponibilidad. Los fitoesteroles purificados forman cristales muy estables (ésta es la forma como son suministrados comercialmente) y que pueden requerir varios días o aún semanas para disolverse en soluciones de sales biliares. Los efectos más consistentes en la reducción del colesterol-LDL se han obtenido en estudios en los cuales no se utilizaron macrocristales, sino que los fitoesteroles estaban disueltos en aceites o fosfolípidos de yema de huevo, emulsionados en medios acuosos con monoglicéridos, o con o lecitina, o bien micropulverizados y mezclados con alimentos grasos. Una disolución directa de los fitoesteroles libres en grasa no es muy eficiente, debido a que la solubilidad de estos en triglicéridos es sólo del 1-2%. Sin embargo, después de la esterificación con ácidos grasos de cadena larga, la solubilidad aumenta a 10-20%. La esterificación se realiza con ácido oleico, ácido linoleico, o en algunos casos con ácido alfa linoléico, o con mezclas de ellos, ya que como base de reacción se utiliza un aceite vegetal o una mezcla de aceites vegetales.

El impacto del BENECOL desde su lanzamiento, primero en Finlandia en 1995 y posteriormente en el resto de

Europa, fue inmediato. BENECOL, es una margarina liviana enriquecida con sitostanol formulada por la empresa Raisio Inc. (Raisio, Finlandia). Los diferentes estudios nutricionales realizados con el BENECOL, han demostrado su eficacia para disminuir el colesterol sanguíneo en individuos levemente hipercolesterolémicos, sin alterar el nivel de colesterol-HDL y de los triglicéridos plasmáticos. BENECOL actualmente es una franquicia que fue adquirida por la empresa española Kaiku para desarrollar, entre otros productos, un yogurt con fitoestanoles que ya se está comercializando en Chile. Un desarrollo similar fue realizado por Unilever en Estados Unidos. El producto identificado como Take-Control, que es una margarina del tipo liviana, contiene  $\alpha$ -sitosterol, campesterol y stigmasterol, y también ha demostrado su efecto hipocolesterolémico en protocolos clínicos controlados. Actualmente este producto ya está en algunos países Latinoamericanos como Brasil, bajo la denominación Becel Pro-Activ, y en Chile se denomina Bonella Pro-Activ. También se han desarrollado en Europa, Estados Unidos y en algunos países Latinoamericanos, bebidas, jugos, leches y yogurt adicionados de fitoesteroles o de fitoestanoles. Siempre en la línea de los nutraceuticos, es posible encontrar en Estados Unidos y algunos países europeos, cápsulas, sachets, o comprimidos conteniendo fitoesteroles, con la indicación de su efecto hipocolesterolémico y de sus efectos benéficos en el tratamiento de la inflamación benigna de la próstata. La figura 13 muestra, como ejemplo, un protocolo clásico que demuestra el efecto hipocolesterolémico de una margarina adicionada con distintas cantidades de fitoesteroles.

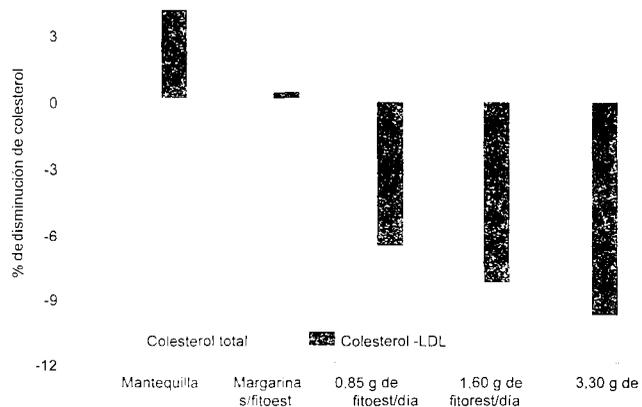
## RELACIÓN

### FITOESTEROLES/FITOESTANOLES CON LA DIETA: ¿SON ADITIVOS LOS EFECTOS?

Si bien los efectos de los fitoesteroles y de los fitoestanoles parecen ser independientes de la dieta, la mayoría

de los científicos que trabajan en este tema coinciden en que los fitoesteroles/fitoestanoles deberían ser sólo un complemento a las dietas saludables bajas en grasas saturadas y colesterol, y elevadas en el consumo de frutas, verduras y granos enteros. En general, existe acuerdo que el consumo de esteroles y de estanoles con dietas poco saludables produce efectos menores que los que se observan al combinar el consumo de fitoesteroles/fitoestanoles con una dieta saludable. Estudios del Programa de Educación Nacional del Colesterol (*National Cholesterol Education Program, NCEP*) en los Estados Unidos, demostraron que la adición de 2-3 g/día de ésteres de estanoles aumenta el efecto hipocolesterolémico de una dieta baja en grasas, produciendo una disminución en el colesterol-LDL de hasta un 23%. Efectos similares se observaron con esteroles y estanoles libres. Se recomienda combinar la ingesta de alimentos ricos en fitoesteroles y fitoestanoles con una dieta reducida en grasas saturadas y colesterol, y que provea alimentos de alto contenido en fibra, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales, como un complemento al efecto hipocolesterolémico de los fitoesteroles y fitoestanoles. La figura 14 resume las conclusiones del NCEP.

Efecto del consumo de mantequilla, margarina y de margarinas con diferentes cantidades de fitoesteroles en el colesterol total y en el colesterol-LDL\*



\*Hendriks et al. Eur. J Clin Nutr. 53: 319 (1999).

Figura 13

En mujeres con sobrepeso u obesidad, uno de los factores de riesgo independiente para el desarrollo de las enfermedades cardiovasculares, la sustitución de una dieta convencional de grasas dietarias por triglicéridos de cadena mediana (MCT, con cadenas de entre 6-12 carbonos) ha demostrado ser beneficiosa en el manejo del peso corporal, debido a que los MCT aumentan el gasto energético y la oxidación de grasas en relación a los triglicéridos de cadena larga cuyo depósito es más favorecido. Sin embargo, los posibles beneficios de los MCT sobre el balance energético, pueden ser contrarrestados por efectos adversos no deseados sobre las concentraciones circulantes de colesterol y de triglicéridos, ambos parámetros son importantes factores de riesgo de enfermedad cardiovascular. En estos casos, una dieta suplementada con fitoesteroles para reducir el colesterol sanguíneo, ha logrado mejorar el perfil de riesgo de enfermedad cardiovascular en mujeres con sobrepeso.

**Figura 14. Incorporación de los fitoesteroles al "portfolio" reductor del colesterol-LDL de acuerdo al Adult Treatment Panel III (ATP) del National Cholesterol Education Program (NCEP)\***

Modificación de la dieta	Recomendación	Reducción aproximada (%) el colesterol-LDL
Grasa saturada	reducción a <7% calorías	8%-10%
Fitoesteroles / fitoestanoles	2 g/día a 3 g/día	6%-10%
Reducción de colesterol dietario	menos de 200mg / día	3%-5%
Incorporación de fibra	5-10 g/día fibra soluble	3%-5%
Reducción de peso	4 a 5 kg de reducción	5%-8%
Efecto total de reducción de colesterol-LDL		25%-30%

\* Modificado de Devaraj y Jaisal. *Nut. Rev.* 64, 348 (2006)

## RELACIÓN FITOESTEROLES/FITOESTANOLES CON DROGAS HIPOCOLESTEROLÉMICAS

En algunos casos, los niveles elevados de colesterol total (> 240 mg/dL) y de colesterol-LDL requieren un

tratamiento farmacológico. Las drogas hipocolesterolémicas más utilizadas son las estatinas, inhibidores competitivos de la enzima HMG-CoA reductasa, y más recientemente, el ezetimibe, bloqueador del transportador NPC1L1, que impide la absorción del colesterol a nivel intestinal desde las micelas mixtas. Se ha demostrado que los efectos del tratamiento farmacológico son aditivos con los efectos que produce el consumo de alimentos enriquecidos con ésteres de esteroides y estanoles. Por este motivo los fitoesteroides/fitoestanoles son incluidos como componentes de las llamadas terapias mixtas, duales, o combinadas, la que buscan mediante el tratamiento con dos drogas diferentes un efecto sinérgico en la acción hipocolesterolémica de cada una de ellas. Los fitosteroides dietarios, o derivados de la suplementación, se agregarían a este efecto. La figura 15 ejemplifica el efecto mixto o dual de un tratamiento con estatinas acompañado de la ingesta de fitoesteroides.

Efecto sinérgico de los fitoesteroides dietarios en la acción de fármacos hipocolesterolémicos (estatinas)

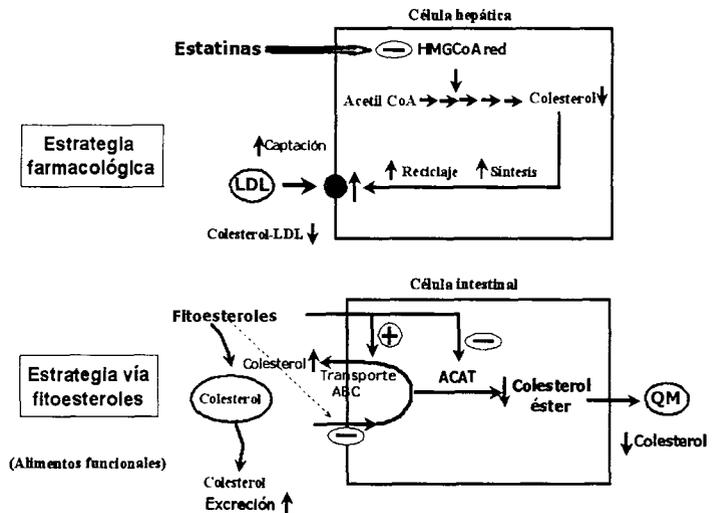


Figura 15

## EFFECTOS ADVERSOS Y TOXICIDAD

Los niveles plasmáticos de vitaminas liposolubles han sido estudiados después de una alimentación con fitoesteres, debido a la preocupación sobre la posibilidad que estas vitaminas muestren una menor absorción. Se demostró que una suplementación con fitoesteres en su forma libre o esterificada, reduce la biodisponibilidad de b-caroteno en un 50% y la del a-tocoferol en un 20%. En el caso de los carotenos, la reducción de la biodisponibilidad fue significativamente menor con el uso de fitoesteres libres que con ésteres de fitoesteres. La reducción de la biodisponibilidad del a-tocoferol fue menor también con fitoesteres libres. No obstante, debido a que los compuestos lipofílicos son transportados en las lipoproteínas plasmáticas, la mayoría de los estudios han normalizado los niveles con los lípidos plasmáticos con el colesterol. Después de este procedimiento, se ha reportado que el a y el b caroteno reducen su absorción en un porcentaje que fluctúa solamente entre 11 y 12%. Más aún, otros estudios han encontrado sólo pequeñas reducciones, sin significación estadística. Se ha encontrado una correlación entre la reducción de la absorción del colesterol y la reducción de los carotenos y del licopeno circulante, siendo este último el más afectado en su absorción. Las concentraciones séricas del 25-OH colecalciferol (vitamina D), de retinol, y de la vitamina K, no se redujeron en los mismos estudios en los cuales los carotenoides se vieron afectados. Se desconoce la importancia de una reducción en los niveles séricos de carotenoides, aunque se ha establecido que la suplementación dietaria con b caroteno no parece proteger contra enfermedad cardiovascular.

El mecanismo por el cual se produce una reducción en la absorción de carotenos y de tocoferoles con el consumo de fitoesteres en sus formas libres y esterificadas no está aclarado aún, pero los hallazgos sugieren que la absorción y la concentración intracelular de estos nutrientes liposolubles puede ser modulada también por

los transportadores ABC, por receptores nucleares, y por proteínas relacionadas con el tráfico celular. Debido a que el ácido retinoico tiene un rol crítico en la activación del dímero de LXR, no es sorprendente que el b-caroteno pueda ser convertido en la mucosa intestinal a ácido 9-cis retinoico. Es posible que los fitoesteroles activen al LXR y que los b-carotenos provean de ácido retinoico adicional para el RXR, aumentando así la cascada de eventos moleculares mediante lo cuales los fitoesteroles aumentan la excreción del colesterol, su propia excreción, y la de los carotenoides. Las vitaminas A, D, E y K, y los carotenoides, y otros compuestos lipídicos de la dieta, son absorbidos e incorporados a los quilomicrones para su secreción a la linfa. Las etapas más importantes de la captación micelar, por parte de los enterocitos, y su incorporación a quilomicrones, se desconoce para estos compuestos.

No se han reportado efectos tóxicos derivados del consumo de fitoesteroles y de fitoestanoles en animales y en humanos (con la excepción de la sitosterolemia). La administración crónica subcutánea de  $\alpha$ -sitosterol es bien tolerada por las ratas y no evidencia lesiones visibles o microscópicas a nivel hepático y renal. Todos los indicadores bioquímicos e histológicos fueron normales en estos animales, concluyéndose que los esteroides se manifiestan como atóxicos en los ensayos toxicológicos desarrollados hasta ahora. La administración de altas dosis de fitoesteroles (sobre 20 g/día) produce ocasionalmente diarrea en humanos. Dosis subcutáneas superiores a 5 mg/kg, administradas a ratas diariamente producen una menor producción de semen y disminución del peso de los testículos. Sin embargo, este efecto desaparece al suspender la administración de los esteroides. Todos los efectos observados en humanos y en animales, solo se producen con la administración de altas dosis de fitoesteroles, muy distantes de aquellas obtenidas a partir de la ingesta dietaria o de una suplementación de 2-3 g/día.

## CONCLUSIONES

Los fitoesteroles/fitoestanoles, si bien están presentes constantemente en nuestra dieta, particularmente si esta es abundante en componentes vegetales, siempre existe la sugerencia de complementarla en su aporte de fitoesteroles/fitoestanoles para lograr un mejor control de nuestros niveles de colesterol. En este sentido los fitoesteroles han sido un excelente modelo para el desarrollo de alimentos funcionales, los que ya están presentes, como ya se comentó, en diferentes países. Esperamos, en el futuro, que se incremente la oferta de estos productos, derivado principalmente de su muy buen resultado y de la notable reducción de los costos de los fitoesteroles/fitoestanoles como materia prima, ya que hasta ahora una de las limitantes en el consumo de estos productos es su costo, el que puede ser 50-100% más caro que su similar no adicionado de fitoesteroles/fitoestanoles. La oferta de fitoesteroles desde diferentes países ha aumentado espectacularmente en los últimos dos años, lo que conduce a la obtención de mejores precios y la posibilidad de desarrollar un número mayor de productos que contengan estos agentes hipocolesterolémicos no farmacológicos, como se les denomina.

La figura 16 resume cual sería el impacto en la disponibilidad de colesterol en el organismo cuando se consume una dieta rica en fitoesteroles/fitoestanoles. Finalmente, la figura 17 muestra como los fitoesteroles pueden ser combinados con los ácidos grasos  $\omega 3$  para el desarrollo de una gran variedad de alimentos funcionales. Ya están disponibles en el mercado aceites vegetales con alto contenido de ALA y fitoesteroles adicionados. También están disponibles aceites que contienen alta cantidad de ácidos grasos  $\omega 3$  EPA y DHA adicionados de fitoesteroles.

Efecto de fitoesteroles sobre la absorción y excreción del colesterol dietario

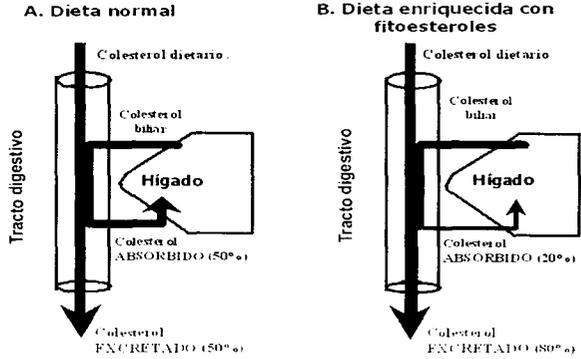


Figura 16

Fitoesteroles y ácidos grasos  $\omega$ 3:  
un modelo para el desarrollo de alimentos funcionales

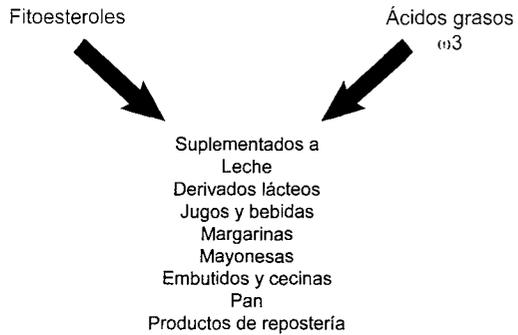


Figura 17

## BIBLIOGRAFÍA

- Fernández, P. y Cabral, J. M. (2007), "Phytosterols: Applications and recovery methods", *Bioresource Technol*, 98: 2335-2350.
- Hallikainen, M. A.; Sarkkinen, E. S.; Gylling, H.; Erkkila, A. T. y Uusitupa, M. I. J. (2000), "Comparison of the effects of plant sterol ester and plant stanol esters-enriched margarines in lowering serum cholesterol concentrations in hypercholesterolaemic subjects on a low-fat diet", en *Eur. J. Clin. Nutr.*, 54: 715-725.
- Katan, M. B.; Grundy, S. M.; Jones, P.; Law, M.; Miettinen, T. y Paoletti, (2003), "Efficacy and Safety of Plant Stanols and Sterols in the Management of Blood Cholesterol Levels", en *Mayo Clin Proc.*, 78:965-978.
- Ling, W. H. y Jones, P. J. (1995), "Dietary Phytosterols: A review of metabolism, benefits and side effects", en *Life Sci.*, 57:195-206.
- Moreau, R. A.; Whitaker, B. D. y Hicks, K. B. (2002), "Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses", en *Progress in Lipid Research* 41: 457-550
- Ostlund, R. E. (2002), "Phytosterols in Human Nutrition", en *Annu. Rev. Nutr.*, 22:533-49
- Rozner, S. y Garti, N. (2006), "The activity and absorption relationship of cholesterol and phytosterols", en *Colloids & Surfaces*, 282: 435-456.
- Valenzuela, A. y Garrido, A. (2000), "Los fitoesteroles: agentes hipocolesterolémicos naturales de índole no farmacológico", en *Rev. Chil. Nutr.*, 27, 220-225.
- Valenzuela, A. y Ronco, A. M. (2004), "Fitoesteroles y fitoestanoles: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular", en *Rev Chilena de Nutrición*, 31: (Supl 1) 161-169.

Depósito Legal 351 964  
Setiembre del 2010  
**Impresora Grafinel**  
Gral. Paz 1557 bis  
Tel-Fax 2600 84 44



Este libro es el resultado de un curso de actualización para egresados realizado en la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de la República y organizado por su Centro de Posgrado en el marco de las Actividades de Educación Permanente de la Universidad.

Esta publicación pretende ser una síntesis de los últimos avances en la composición físico-química de grasas y aceites tal como se brinda en la naturaleza y los cambios que éstas han experimentado a través del manejo en la producción agrícola e industrial así como su influencia en el organismo humano en estado de salud y de enfermedad.

Los autores de cada capítulo son docentes de la Escuela de Nutrición y Dietética, y cuenta además con valiosísimos aportes de tres invitados externos: el doctor Valenzuela de Chile, la doctora Melgarejo de Argentina y el doctor Vázquez del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

**SD**

ISBN: 978-9974-0-0664-5



9 789974 006645