

Nuevos alimentos
para nuevas necesidades



Nutrición y salud

1



La dieta equilibrada, prudente o saludable

2



El desayuno saludable

3



Nuevos alimentos para nuevas necesidades

4



El agua en la alimentación

5



La alergia a los alimentos

6



El pescado en la dieta

7



El aceite de oliva y la dieta mediterránea

8



Frutas y verduras, fuentes de salud

Nutrición y salud

Nuevos alimentos para nuevas necesidades

3



Autores:

Jesús Román Martínez Álvarez

Profesor de la Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. Presidente de la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación

Carlos de Arpe Muñoz

Técnico Municipal de Salud Pública. Miembro del Comité Científico de la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación

Rafael Urrialde de Andrés

Miembro del Comité Científico de la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación

Javier Fontecha

Instituto del Frío. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

M.^a Antonia Murcia Tomás

Profesora de Nutrición y Bromatología. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia

Carmen Gómez Candela

Unidad de Nutrición Clínica y Dietética. Hospital Universitario "La Paz".
Presidenta de la Sociedad Española de Nutrición Básica y Aplicada

Antonio Villarino Marín

Catedrático de Bioquímica. Universidad Complutense de Madrid

Coordinación de la edición:

José Antonio Pinto Fontanillo

Responsable del Programa de Alimentación y Nutrición del Instituto de Salud Pública

Servicio de Promoción de la Salud

Instituto de Salud Pública

Consejería de Sanidad

ISBN: 84-688-3619-2

Depósito Legal: M. 44.216-2003

Printed in Spain

Impreso en España por NUEVA IMPRENTA, S.A.

Avda. de la Industria, 50

28108 Alcobendas (Madrid)

Presentación

La evidencia de que una alimentación sana es uno de los pilares de salud se ha ido consolidando en nuestro estilo de vida en los últimos años. Así, se ha tratado de buscar en los alimentos todas aquellas propiedades que les hicieran especialmente beneficiosos a la hora de incrementar o mantener nuestro estado de salud.

Esta nueva forma de entender la alimentación supone, no cabe duda, una mejora en las expectativas y posibilidades del consumidor en general, pero también le aboca a una situación de cierta ansiedad, toda vez que la innovación en procesos y tecnología va por delante de la propia información contrastada, cuando no de recelo respecto a la veracidad de los contenidos, a veces más asentados en criterios comerciales que científicos.

Este documento, "Nuevos alimentos para nuevas necesidades", recoge el punto de vista plural y actualizado de un grupo de expertos, líderes cada uno en su campo: científico, docente e investigador, ofreciendo una orientación rigurosa y neutral a todos aquellos que en el campo de la educación y la salud, tienen entre sus cometidos explicar y transmitir los más recientes criterios sobre alimentación saludable.

El Consejero de Sanidad de la Comunidad de Madrid



Índice de contenidos

I. La evolución de los hábitos alimentarios en España: El papel creciente de los nuevos alimentos	7
II. Alimentos enriquecidos y fortificados	35
III. Las grasas en nuestra dieta. Ácidos grasos omega 3	55
IV. Los prebióticos en los alimentos: origen y efectos sobre el organismo humano.	71
V. Alimentos probióticos. Producción y efectos sobre la salud	81
VI. Sustancias antioxidantes presentes en los alimentos. Acción, dosis y eficacia	97
VII. Polifenoles y flavonoides: su importancia en la prevención de enfermedades	121
VIII. Fibra alimentaria	143
IX. Alimentos transgénicos	159



I. La evolución de los hábitos alimentarios en España: las nuevas tendencias, los nuevos alimentos y su relación con la salud

Jesús Román Martínez Álvarez

Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid.
Presidente de la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación

Desde el principio de la historia, el ser humano ha estado preocupado por los alimentos que ingería, por su calidad, su origen y los posibles efectos que sobre la salud, física y aún espiritual, podrían producir. No hay más que leer los antiguos libros de prácticamente todas las religiones clásicas para hallar indicaciones sobre “dietética” y salud, prohibiciones, normas relativas a la higiene, etc.

En este contexto, es evidente que la idea de que nuestros hábitos alimentarios no son sino el fruto de la cultura que hemos creado en nuestra tierra, precisamente en esta tierra y desde hace varios miles de años, deba completarse con otro concepto: la dieta que actualmente los expertos en nutrición recomiendan en los diferentes países para sus poblaciones. Y debe derivarse, asimismo, de cada historia, de cada cultura, de cada civilización. Es absurdo pretender imponer la dieta mediterránea a un lapón o la dieta de los esquimales a un gallego... tanto como pretender que en España adoptemos los hábitos alimentarios anglosajones.

1. LOS CONDICIONANTES DE NUESTRA ALIMENTACIÓN

Entre la *constelación de causas* que hacen que en España nos alimentemos de una forma concreta (y en cierto modo muy diferente de la que caracteriza a otros países), podemos identificar algunas como las siguientes:

1. *Causas ambientales-ecológicas.* Las características del suelo, del clima, de la insolación... señalan unas claras limitaciones para el crecimiento de las diferentes especies vegetales y animales que pueblan un país. De este modo, las causas ambientales (de hecho, limitaciones ecológicas) son la primera causa determinante del abastecimiento de alimentos, y aún de bebida, de una población. Lógicamente, en los últimos siglos, y no digamos en los últimos años, esto ha cambiado enormemente con la facilidad para el transporte de mercancías (que pueden llegar a nuestros mercados en pocos días incluso desde otros continentes), la aclimatación de especies vegetales y de animales foráneos (tomate y maíz en Europa procedentes de América, búfalos, etc.), las innovaciones tecnológicas que facilitan la conservación y el comercio de alimentos muchos kilómetros y aún meses después de su obtención. La consecuencia principal es la ruptura, iniciada siglos atrás, de la ligazón, de la dependencia de la tierra. De la propia tierra.
2. *Causas religiosas.* Actualmente, en los países de nuestro entorno, no puede decirse que marquen especialmente los hábitos y prácticas alimentarias. Sin embargo, siglos atrás, la religión marcaba de una manera tajante las pautas dietéticas. Hoy en día, estas antiguas normas se han convertido en un importante factor que sostiene una parte de nuestro acervo cultural y gastronómico. Así, aunque poca gente respete escrupulosamente la cuaresma y su prohibición de comer carne, no cabe duda de que esta observancia secular ha sido el origen de una destacada parte de nuestro recetario popular.
3. *Causas económicas.* Son el punto clave, como es lógico, del abastecimiento individual y familiar de alimentos y, como consecuencia, del estado nutritivo de las poblaciones. Además, la economía de un país, de una comarca o región y aún de un grupo de población, está directamente relacionada con las posibilidades de un adecuado transporte de alimentos (por ejemplo, frigorífico por carretera), de su correcto almacenamiento y conservación y en definitiva de su distribución y adquisición por los diferentes grupos de población. Las características económicas de un país marcan, lógicamente, el tipo de comercio existente y las técnicas de mercadotecnia que se utilizan.
4. *Causas sociales.* El papel actual de la familia en nuestra sociedad (y las características que la definen: tamaño decreciente, incluso monoparental, incorporación progresiva de la mujer al ámbito laboral remunerado, grandes distancias en las ciudades que impiden acudir a comer siempre al domicilio, etc.), la proliferación de una oferta muy variada de restauración colectiva (incluyendo comedores

de empresa, laborales, escolares, etc.), de productos alimenticios industrializados (platos preparados, productos de cuarta gama, etc.) y de un tipo de comercio específico muy desarrollado (grandes superficies, servicio a domicilio, venta de alimentos en máquinas expendedoras automáticas), hacen sin duda que la alimentación de las familias tenga que ser por fuerza bastante diferente a la de sus antecesores, quienes llevaban una vida de tipo rural a menudo ligada al autoconsumo y al trueque. En consecuencia, esas antiguas familias disponían de unas posibilidades de abastecimiento que eran muy distintas a las nuestras y, por lo tanto, diferente eran también su ingestión de energía y de nutrientes.

2. LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS EN ESPAÑA. SU EVOLUCIÓN

A menudo se afirma que los cambios sociales y, en particular, los experimentados en el modo de alimentarse un país, han sido mayores en los últimos 50 años que en todos los siglos anteriores. Así, un pollo se comercializa hoy en día a las 8-9 semanas frente a los 5-6 meses en que lo hacía antiguamente. Un agricultor, que en 1900 alimentaba con su trabajo a 1,7 habitantes, en 1931 podía alimentar a 5,5 frente a los 26 habitantes o más que soporta actualmente.

Por otro lado, los avances socioeconómicos y los cambios técnicos ocurridos en todos los puntos de la cadena de producción de alimentos (agricultura, ganadería, producción, almacenamiento y venta), han difundido y puesto al alcance de cualquiera aparatos eléctricos, productos y modos de consumo impensables hace simplemente dos décadas (hornos microondas, alimentos precocinados, ultra congelados, comidas realizadas en régimen de restauración colectiva, etc.).

A niveles individuales, los cambios en el *modus vivendi* se han traducido como una general disminución en el gasto energético realizado, sobre todo a causa de la creciente mecanización. Tengamos en cuenta, además, el descenso en los gastos fisiológicos de termorregulación al difundirse los aparatos de climatización de viviendas, autos, etc. Como consecuencia, se produce una disminución del consumo calórico como mecanismo de adaptación de las personas.

Esos mismos cambios sociales, han puesto al alcance de los más desfavorecidos alimentos y productos que no podrían siquiera haber soñado consumir hace años. Como consecuencia, la "democratización"

de la alimentación es precisamente uno de los acontecimientos sociales más relevantes que han tenido lugar en los países industrializados. En estos momentos, las diferencias de disponibilidad de alimentos ó de nutrientes entre los extremos de la escala social prácticamente no existen y, cuando lo hacen, son debidas al consumo de productos de "lujo" que poco representan desde el punto de vista meramente nutricional.

Según decía BRUBACHER, las sociedades modernas se caracterizan por la posesión, por parte de sectores mayoritarios de la población, de más alimentos de los que pueden consumir, por la generalización del consumo de sustancias químicamente puras, por el aumento de la longevidad junto con la disminución de la mortalidad infantil y por el aumento de la mecanización con la consiguiente disminución del trabajo físico y de las necesidades energéticas. Cabe tener en cuenta que las necesidades en determinados nutrientes no disminuyen aunque lo hagan las necesidades de energía; en esas condiciones, podríamos hallarnos en situaciones de deficiencias relativas de algunas sustancias nutritivas.

Aún así, no podemos olvidar la persistencia de un porcentaje de población desfavorecida que puede verse fuera de todos estos parámetros de abundancia y buen "*estado nutritivo*". Ciertas diferencias sociales, en los últimos años se han agudizado en los países ricos, produciéndose una paradoja: el aumento de la población marginal que difícilmente puede competir e integrarse en una sociedad cada día más exigente, más competitiva e inaccesible para los faltos de recursos económicos. Una población que, además, se ve incrementada con una inmigración que aporta una cultura alimentaria por cierto bien diferente a la establecida.

- **La relación entre la economía y la dieta**

La disminución del peso específico de los alimentos, dentro del presupuesto familiar, a medida que aumenta el nivel de vida del conjunto de la sociedad, es prácticamente una regla matemática. Tengamos en cuenta que, en los países subdesarrollados, todos los ingresos económicos de la familia se invierten (¡y más que hubiera!) en cubrir las necesidades básicas de sus miembros. Por contra, en los países ricos, industrializados, el porcentaje de los ingresos económicos que se dedican a alimentación

disminuye a medida que crece su capacidad adquisitiva. Así, los españoles hemos pasado de un gasto en alimentación (en 1958) superior al 50% a invertir en 1987 cantidades cercanas al 30%. En Alemania, se gasta actualmente el 18%, en Dinamarca el 21% y en Francia el 26% de los ingresos económicos. Por lo tanto, con estos datos cualquiera que observase una estadística de gastos y consumo podría calificar, de alguna manera, el estado de evolución sociocultural de un país e incluso su nivel sanitario.

Aún a riesgo de ser repetitivos, debemos insistir (gráfico 1) en que una de las consecuencias más importantes de estas modificaciones es la variación en la ingestión de nutrientes en los diferentes países. Así, el consumo *per cápita* en los EE.UU. es de 3.261 kilocalorías y de 97 g. de proteínas frente a las 2179 kilocalorías y los 59 g. de proteínas de muchos países africanos (HERCBERG). Pero no es necesario comparar países desarrollados con otros evidentemente sumidos en problemas de grave penuria. En la propia Europa, las diferencias alimentarias son suficientemente destacables. Así, mientras que en Grecia la ingestión de frutas y verduras proporciona más de 300 kilocalorías diarias, en Polonia o Dinamarca no proporcionan más allá de 100 kilocalorías al día. Hoy, que conocemos ampliamente la importancia de la ingestión de vegetales, de la fibra alimentaria, de los problemas de la grasa saturada, no cabe duda que, sin ser determinantes, datos como estos son significativos si se comparan, sobre todo, con las tasas de mortalidad por causas de cada país.

Las calorías totales ingeridas, también son diferentes en los distintos países de nuestro ámbito de acuerdo a las recomendaciones dietéticas (R.D.), Finlandia consume un exceso que alcanza un 18%, Alemania el 33 %, Bélgica el 60 %, etc.

En cuanto a los distintos productos que conforman la dieta de un país, aquellos de origen animal podemos observar siempre como aumentan su importancia cuantitativa en la dieta al aumentar el poder adquisitivo de un país. Esto es especialmente palpable en lo que a carne y productos lácteos se refiere. Así, en España hemos pasado –según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPYA)– de ingerir 28,1 kg/persona/año de carne en 1965 a los 67,8 kg en 1988; la leche se ingería en 1965 en una cifra de 59,4 l/persona/año y en ese mismo año de 1988 la ingestión era de 118,9 l.

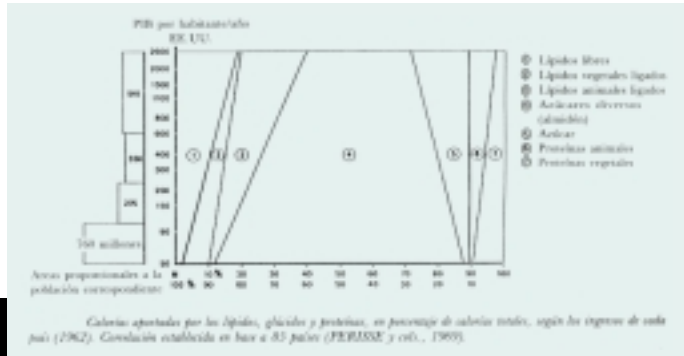


Gráfico 1

Por contra, esa predilección de los ciudadanos por alimentos de origen animal que estamos viendo (gráfico 1), se invierte generalmente respecto de muchos productos de origen vegetal. Parece como si el consumidor tendiese a hacer la relación “Alimento animal = lujo o mejor nutrición; alimento vegetal = pobreza o peor nutrición”. En el mismo periodo citado, se pasó de consumir 104,8 kg/persona/año de patatas (en 1965) a los 56,5kg (en 1988). Las legumbres, que se ingerían en 1965 en cifras de 9,9 kg/persona/año, se consumieron en 1988 en cifras de 6,9 kg. Si buscamos un ejemplo plenamente ilustrativo de los cambios ocurridos en nuestro modo de alimentarnos (tabla 1), podemos observar cuáles eran las raciones “recomendadas” (VIVANCO) para la población española en la década de los sesenta y setenta, cuáles eran entonces los alimentos considerados básicos... (¡400 g diarios de pan, legumbres seis veces por semana, pescados en aceite...!).

Ración modelo y aporte nutritivo diario recomendable para el adulto español *

Grupo	Alimentos	Aprovechable	Cómo se compra	Frecuencia de consumo
1	Leche	400 g	400 g	Diaria
2	Carne	100 g	160 g	2 veces/semana
	Pescados	150 g	250 g	4 veces/semana
	Pescado aceite	80 g	80 g	1 vez/semana
3	Huevos	3 unidades	3 unidades	A la semana
	Legumbres	80 g	80 g	6 veces/semana
4	Patatas	300 g	350 g	Diaria
	Verduras	145 g	200 g	Diaria
5	Frutas	140 g	200 g	Diaria
6	Pan	400 g	400 g	Diaria
	Arroz y pastas	50 g	50 g	3 veces/semana
7	Azúcar	30 g	30 g	Diaria
	Aceite	50 g	50 g	Diaria



Tabla 1

* Según VIVANCO y PALACIOS

Algunos datos referidos al consumo alimentario en España

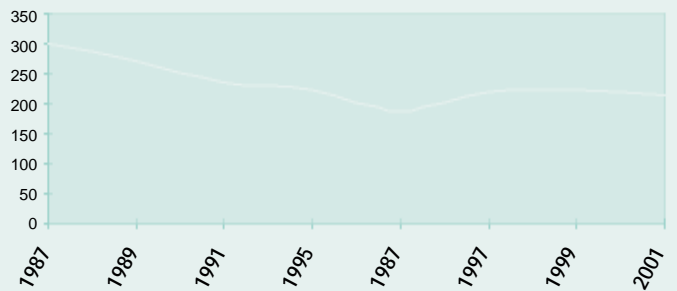
A continuación podemos observar datos referidos a la evolución del consumo de alimentos en España durante más de cuatro décadas (desde el año 1958). Como nota destacada podemos ver los drásticos cambios en la ingestión de alimentos de origen vegetal y en la de productos de origen animal que tiene además su reflejo económico en la estructura del gasto (tabla 2) en el hogar (MAPYA):

Estructura del gasto en hogares (%)

	1958	1968	1981	1993	1998
Pan, pasta, cereales	18,5	12,7	10,8	7,7	8,6
Patatas, hortalizas	13,1	11,9	8,6	9,4	10,3
Frutas y zumos	5,3	6,3	8,6	8,8	8,9
Carnes	17,6	26,2	28,7	27,6	25,4
Pescados	8,3	7,8	10,6	12,5	12,6
Huevos	6,8	5,4	2,9	1,8	1,6
Leche y queso	8,7	9,8	11,8	12,4	12,6
Aceites y grasas	8,5	7,6	4,9	3,3	3
Azúcar y dulces	4,2	4,4	3,2	6,1	5,5

→ Tabla 2

Consumo de huevos
(unid. persona/año)



→ Gráfico 2

Consumo de alimentos de origen animal (kg/persona/año)

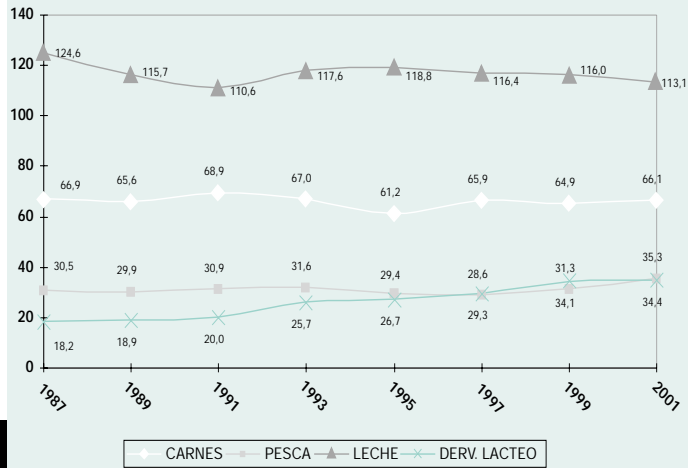


Gráfico 3

Consumo de alimentos de origen vegetal (kg/persona/año)

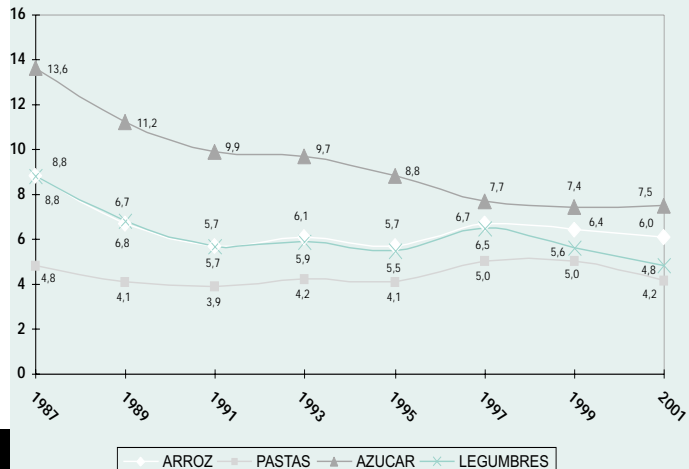


Gráfico 4

Consumo de pan (kg/persona/año)

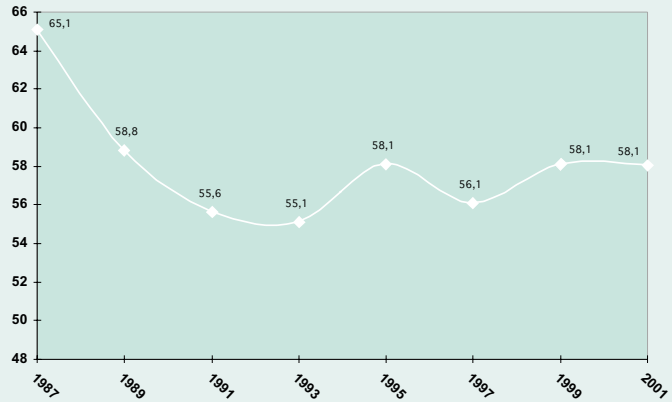


Gráfico 5

Evolución en el consumo de pan y legumbres (kg/persona/año)

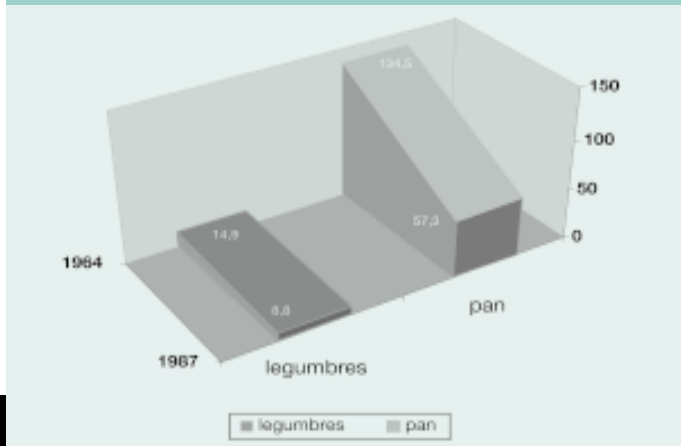
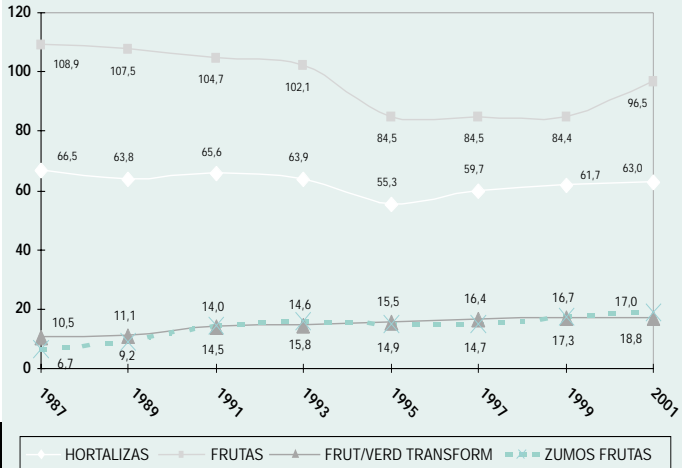


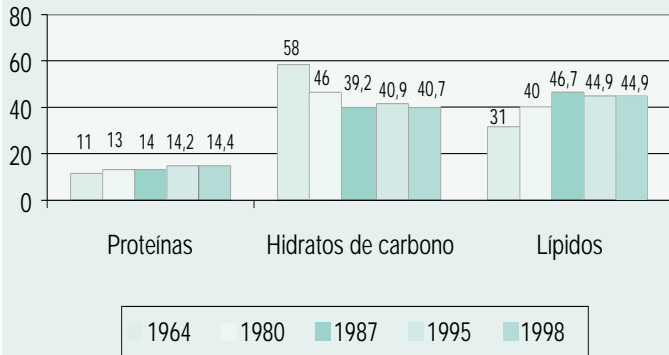
Gráfico 6

Consumo de alimentos de origen vegetal (kg/persona/año)



➔ Gráfico 7

Evolución de la dieta española (en porcentaje)



➔ Gráfico 8

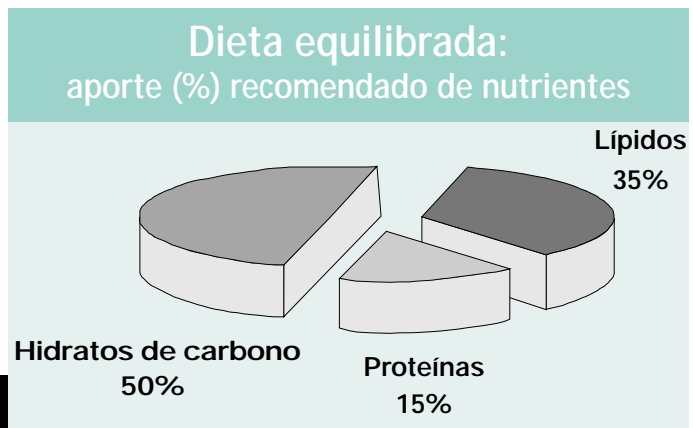
Vemos claramente la importancia decreciente del huevo, el aceite, los cereales y las patatas (gráficos 2-7) y la importancia cada vez mayor de carnes, pescados y productos lácteos (MAPYA). Así, desde 1987, se ha pasado de una ingestión de cerca de 300 por persona y año a 215 unidades en el año 2001, de 65 kg de pan a 58 en el mismo periodo, de 61 kg de patatas a 50, de 66.5 kg de hortalizas hasta los 63 kg y de casi 109 kg de frutas a los 96,5 kg.

Desde el punto de vista nutricional, la dieta española también ha experimentado una lógica variación con el paso de los años y los cambios en los hábitos de vida, aumentando como cabe esperar la contribución de los lípidos al total de Kcal. ingeridas diariamente, así como el de las proteínas en detrimento (tabla 3, gráfico 8) de los hidratos de carbono. Esto supone un alejamiento progresivo de los parámetros y porcentajes que recomendamos como "dieta ideal" (gráfico 9).

→ Tabla 3

Kcal dieta (%)			
	Proteínas	Hidratos carbono	Lípidos
1964	11	58	31
1980	13	46	40
1987	14	39,2	46,7
1995	14,2	40,9	44,9
1998	14,4	40,7	44,9

→ Gráfico 9



Nuestra nutrición y la alimentación de colectividades

Es necesario destacar la importancia creciente del consumo de alimentos en hostelería que ya supera el 26% de todo el presupuesto familiar dedicado a la alimentación. Lógicamente, la trascendencia nutricional de las comidas servidas en este medio es cada vez mayor y le deberíamos prestar más atención (gráfico 10).

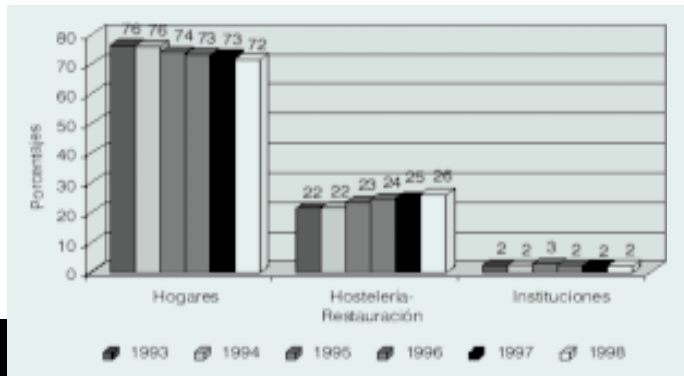


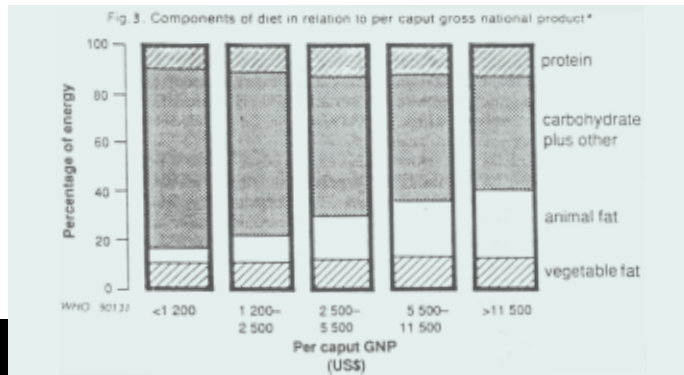
Gráfico 10

Por este motivo, los alimentos que tradicionalmente constituyen la dieta mediterránea (pescados, aceite, frutas, legumbres, hortalizas, etc.) tienen que ser también la base de la alimentación servida a colectividades. Esa inclusión es una garantía de respeto hacia los principios de la alimentación equilibrada y saludable. La sustitución de los alimentos tradicionales (la fruta de postre, por ejemplo, por postres lácteos o confitería) acarrea la transformación de nuestra dieta en otra muy cercana, peligrosamente cercana, a la dieta anglosajona. De hecho, como ya hemos visto, la diferencia actual entre ambos tipos de dietas consiste básicamente en la preparación culinaria y la presencia de los alimentos tradicionales.

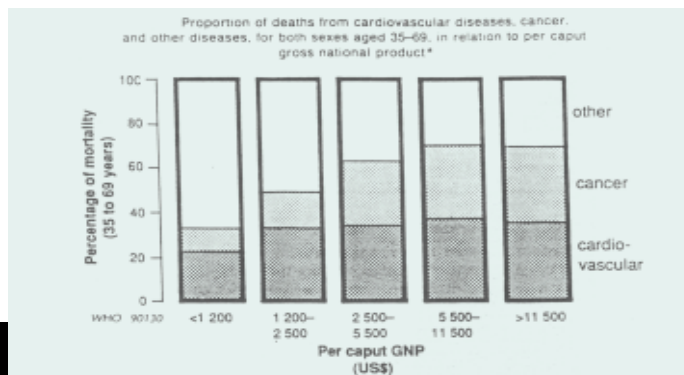
El papel importante de la restauración de colectividades en lo que se refiere a la adquisición de hábitos, como ocurre en el caso del comedor escolar, refuerza precisamente esta importancia de la atención debida a los alimentos presentes en los menús de colectividades.

La evolución de los hábitos alimentarios y la salud

Si intentásemos establecer un vínculo, una relación siquiera orientadora, entre la evolución que han experimentado las diferentes causas de mortalidad en diferentes países, en porcentajes de importancia, respecto de las variaciones también ocurridas en los hábitos de consumo alimentario, por fuerza habríamos de recurrir a las estadísticas no sólo desde el punto de vista cuantitativo, sino también desde otro más amplio que incluya las distintas condiciones de vida, aspectos sanitarios, etc. Muy aproximadamente esto lo cumple la comparación de mortalidades entre países desarrollados y no desarrollados a través de los años. En efecto, el poder económico abarca, como hemos visto y es fácil de comprender, el mayor o menor acceso a la atención sanitaria, a la adquisición de alimentos y a la educación, etc.



➔ Gráfico 11



➔ Gráfico 12

Así, la más importante causa de mortalidad en un país como Francia a primeros de este siglo correspondía a enfermedades de índole infecciosa, es decir, exactamente igual que ocurre actualmente en países no desarrollados. Por contra, actualmente, y tanto en Francia como en España o Estados Unidos, las principales causas de mortalidad corresponden a enfermedades cardiovasculares y cancerosas. Es sencillo observar cómo varían la ingestión de energía y de nutrientes a lo largo de casi setenta años en Estados Unidos (tabla 4, gráficos 11 y 12) y cómo ello se ha traducido en un aumento de la cantidad de grasa saturada especialmente. Para todas ellas conocemos hoy relación, más o menos estrecha, con determinadas condiciones derivadas de la alimentación de las poblaciones.

Tendencias en el consumo dietético asociado con enfermedades cardiovasculares y degenerativas en Estados Unidos

	1907	1972	Cambio (%)
✓ Ingestión calórica			-4 ←
✓ Ingestión proteica (g)	102	102	0
Proteína animal	53	69	+30 ←
Proteína vegetal	49	32	-35 ←
Proporción proteína animal/vegetal ...	1,08	2,16	+100
✓ Consumo de grasa			+26 ←
Grasa animal/vegetal	4,9	1,6	-67
Linoleico/grasa saturada	0,21	0,40	+90
Colesterol (mg)	509	556	+9 ←
✓ Ingestión de azúcares			-21
Almidón/azúcar	2,15	0,89	-59
Azúcar (total disponible)	156	205	+31 ←
✓ Ingestión de fibra cruda			+50 ←

Fuente: Datos tomados de KRICHEVSKY (1979)



Tabla 4

3. PERSPECTIVAS DE LA ALIMENTACIÓN ESPAÑOLA EN EL SIGLO XXI. LOS NUEVOS ALIMENTOS

Como hemos podido ver hasta el momento, hay una serie de hechos comunes en la evolución alimentaria de los habitantes de países desarrollados. En cuanto al futuro inmediato, parece haber coincidencia en que las sociedades modernas, desarrolladas, presentan unas tendencias muy similares:

- La tradicional transmisión de información alimentaria, que era por vía materna, está siendo suplantada en gran parte por información a menudo no suficientemente contrastada, que proviene de medios de comunicación (publicidad). Por el contrario, la información contrastada, proporcionada por personal sanitario o suficientemente formado en estos temas, no puede competir ni en medios ni en recursos ni en eficacia con la televisión, prensa especializada con el concurso de personajes famosos, la no obligatoriedad de decir estrictamente la verdad... , lo que hace que, según numerosos autores, en nuestro medio haya muchas posibilidades de que el patrón alimentario de la población se vaya alejando progresivamente de la 'dieta mediterránea'.
- Hay una tendencia clara hacia la homogeneización de costumbres y de productos alimenticios, especialmente los manufacturados (comidas preparadas, envasadas, bebidas, etc.). Esto hace que sea posible hallar el mismo restaurante con la misma carta, los mismos manteles... en China o en Estocolmo. Es un síntoma más de la globalización del planeta que en aspectos alimentarios permite el intercambio de costumbres y productos y, por el contrario, reduce la riqueza y la variedad cultural y gastronómica de los países menos potentes o resistentes ante el alud de la publicidad y de las nuevas costumbre que llegan de fuera. Un caso extremo sería el abandono, por motivos de 'prestigio social', de la lactancia materna por la lactancia artificial.
- Diferentes condiciones sociales hacen que el número de comidas realizadas fuera del hogar aumenten. Es evidente que los platos disponibles en establecimientos de restauración no siempre son tan variados en su composición ni disponen de la misma calidad nutricional que la comida recién hecha en casa. Es cierto que una alimentación basada en ingestiones fuera del hogar no tiene por qué ser peor que una 'casera', pero realmente las condiciones de manipulación y de cocinado y la variedad de productos y materias primas empleadas no son siempre tan adecuadas como debieran. En cualquier caso, una de las condiciones básicas para alcanzar la salud a través de una alimentación equilibrada (la libre elección de los alimentos de nuestra dieta) lógicamente se encuentra en condiciones menos favorables.
- Por otro lado, aumentan las ventas de platos preparados más o menos listos para el consumo y cobran, o cobrarán, mayor importancia los alimentos diseñados especialmente para colectivos específicos de la población: alimentos para ancianos, productos complementados o fortificados para mujeres embarazadas, etc., que vienen a sumarse al tradicional mercado de alimentos infantiles y los

antiguos dietéticos (productos para diabéticos, fenilcetonúricos, celíacos, etc.). Un caso destacable es el de los alimentos o productos especializados para 'personas que quieren adelgazar' y que son una cantidad enorme, algunos de ellos rozando lo fraudulento.

- Parece imponerse el gusto por lo que se ha dado en llamar 'alimentos sanos' o 'alimentos naturales', siendo este apelativo buscado y muy valorado por los consumidores. La consecuencia es, a menudo, el abuso por parte de los fabricantes de estas denominaciones. Es el mismo camino por el que los fabricantes ponen también en sus etiquetas 'sin colesterol', aunque se trate de alimentos de origen vegetal... Es en esta creciente preocupación por la salud cuando surgen lo que podemos denominar "nuevos alimentos" y/o alimentos funcionales: productos que, además de alimentar a quien los consume, le aportan ciertas sustancias no nutritivas que ejercerían un efecto beneficioso sobre el conjunto de su salud.
- Proliferan los alimentos con valor añadido o 'alimentos servicio': patatas fritas o simplemente peladas, verduras para ensaladas ya limpias y lavadas, etc.
- La comercialización de los productos para orientarse hacia un tipo de establecimientos de medio-gran tamaño (súper e hipermercados), con el consiguiente desplazamiento de las tiendas tradicionales. No hay que dejar de decir que la oferta y variedad alimentaria presente en estos grandes locales es por fuerza bastante mayor que la de las pequeñas tiendas de comidas y bebidas.
- Muchos alimentos tradicionales se recuperan ante el auge de una nueva cultura gastronómica, convirtiéndose incluso en productos de '*delicatessen*': quesos artesanos (como el "*de flor*"), ciertos vinos, mermeladas artesanales, repostería tradicional, etc.

Nuevos alimentos, alimentos funcionales. Antecedentes

Como ya comentábamos al inicio de este texto, el hombre siempre ha creído en las virtudes de ciertos alimentos y productos sobre la salud. Esta creencia se ha visto reforzada en las últimas décadas merced a la investigación de los efectos de ciertos componentes de los alimentos, a menudo no nutritivos, sobre la salud en dos sentidos principales: su promoción, previniendo la aparición de ciertas patolo-

gías, y por otro lado mejorando la “funcionalidad” en conjunto del organismo. Esto, desde un punto de vista práctico, quiere decir que los alimentos funcionales pueden ser:

- Alimentos naturales.
- Alimentos a los cuales se les ha añadido un componente.
- Alimentos a los cuales se les ha eliminado un componente.
- Alimentos a los cuales se les ha modificado la naturaleza de uno o varios de sus componentes.
- Alimentos en los que la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes ha sido modificada.
- Cualquier combinación de las anteriores posibilidades.

Tal vez el primer uso del término “alimento funcional” se deba a los japoneses (MAZZA), quienes hace cerca de quince años empezaron a desarrollar estos productos principalmente basados en la incorporación de bacterias lácticas y de oligosacáridos. Japón, de hecho, fue el primer país en el que se promulgó una norma para certificar alimentos con usos específicos relacionados con la salud (FOSHU). En menos de cinco años lo habían solicitado 80 productos. Posteriormente, en 1984, la empresa Kellogg's usó una declaración no autorizada sobre el efecto de la fibra en la salud en su etiquetado. En 1997 solicitó a la Food and Drug Administration (FDA) de Estados Unidos autorización para utilizar una “*declaración de efectos sobre la salud*” según la ley sobre etiquetado nutricional.

Los alimentos funcionales en la actualidad

De la trascendencia económica que se espera de estos productos puede dar idea cierta el que durante 1997, en Estados Unidos, su mercado fuera de 86.000 millones de dólares, con un crecimiento de alrededor del 7,5% anual. En Europa, en el mismo año, el mercado se cifraba en 830 millones de libras esterlinas en nueve países (EUFIC). De hecho, las principales empresas del sector alimentario (KEVIN) afirman que es precisamente esta tendencia del consumidor a comprar este tipo de alimentos lo que provoca su mismo crecimiento y desarrollo. Un estudio reciente (GIBNEY), señalaba cómo el 32% de los

consumidores europeos tienen en consideración la salud al consumir la comida. En EEUU, el 52% de los consumidores piensan que la comida puede sustituir a los medicamentos y el 70% conocen ciertos componentes de los alimentos que podrían prevenir el cáncer (ROWLAND).

En Europa, en la década de los ochenta, se comenzó a trabajar en estos alimentos y a producirse reuniones de expertos. En 1996 se publicó un informe (FUFOSE) sobre las principales aplicaciones de estos productos alimenticios:

- **Alimentos funcionales y crecimiento, desarrollo y diferenciación,**
- **Alimentos funcionales y sustratos metabólicos.**
- **Alimentos funcionales y especies reactivas oxidativas.**
- **Alimentos funcionales y enfermedades cardiovasculares.**
- **Alimentos funcionales y tracto gastrointestinal.**
- **Alimentos funcionales y comportamiento y funciones psicológicas.**

De este modo, si quisiéramos acercarnos a una definición más exacta de estos alimentos, podríamos hacerlo diciendo que son **“alimentos que proporcionan determinados efectos fisiológicos beneficiosos no nutricionales que pueden beneficiar a la salud de los consumidores”**. La diferencia más clara existente entre los alimentos funcionales y otros productos que incorporan principios activos, ciertas sustancias, extractos, etc. (y que se denominan “nutracéuticos”, alicamentos, etc.), es precisamente la presentación comercial, que en los funcionales es siempre en forma de alimento convencional (lácteo, derivado de cereales, cárnico, etc.) y no como medicamento (en comprimidos, cápsulas, etc.). Respecto de los productos dietéticos, la diferencia es también clara: mientras que los dietéticos están destinados a un público que padece una patología específica o que tiene una condición vital especial y concreta, los alimentos funcionales están destinados a todos los consumidores sanos sin distinción que desean favorecer y mantener su salud. Aunque, como puede imaginarse, la línea de separación entre ambos tipos de alimentos no es, desde luego, totalmente clara.

El desarrollo de los alimentos funcionales

En estos inicios del siglo XXI, el desarrollo de los alimentos funcionales parece definitivamente encaminado en estos derroteros (ILSI) que citábamos:

1. Alimentos funcionales y crecimiento, desarrollo y diferenciación

El desarrollo temprano puede beneficiarse de una alimentación adecuada durante el embarazo materno y durante la lactación, no sólo con un beneficio inmediato, sino también con otros a largo plazo derivados de la optimización de las funciones neuronales y de la mediación sobre el conjunto de las causas de mortalidad. La interacción entre ciertos componentes alimentarios y la expresión de los genes del individuo puede estar influida por la ingestión de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), hierro, cinc y yodo. A este respecto, ciertos autores han sugerido los posibles beneficios derivados del consumo de oligosacáridos, gangliósidos, glicoproteínas de alto peso molecular, pre y probióticos. Asimismo, serían muy ventajosos los beneficios sobre la inmunidad celular (derivados del consumo de vitaminas antioxidantes, arginina, ácidos grasos, nucleótidos, probióticos y otros).

2. Regulación de los procesos metabólicos básicos

Se buscan alimentos que mejoren la eficiencia metabólica, incluyendo la optimización de la glicemia (seleccionando alimentos que produzcan picos de glicemia moderados y desarrollando nuevos ingredientes como los carbohidratos hidrogenados o la trehalosa).

3. Defensa ante las agresiones oxidativas

Es conocida la relación paradójica entre el oxígeno (es decir: la respiración) y ciertas reacciones tóxicas o dañinas como las que se producen ante la presencia de sustancias reactivas del oxígeno (ROS) que

actúan como poderosos oxidantes, posiblemente contribuyendo a la aparición de procesos de envejecimiento, enfermedades cardíacas, cáncer, cataratas, patologías degenerativas del sistema nervioso como las ocurridas en el transcurso del Parkinson y del Alzheimer. Los procesos orgánicos que nos defienden de la aparición de estas ROS pueden verse complementados por diversas sustancias muy difundidas en numerosos alimentos, las cuales podrían reforzar la panoplia de los alimentos funcionales frente a las agresiones oxidativas. Nos referimos a las muy conocidos vitaminas E, C y carotenoides, así como a los polifenoles de origen vegetal.

4. Aparato circulatorio

Los alimentos funcionales podrían tener su papel en los diferentes factores predisponentes de las enfermedades cardiovasculares: hipertensión, integridad de los vasos, dislipemias, lipoproteínas oxidadas, niveles elevados de homocisteína, incremento de la coagulación sanguínea y bajas concentraciones de vitamina K circulante. Así, los lípidos sanguíneos pueden modificarse ante la presencia en la dieta de ciertos ácidos grasos (y ésta es una conocida, desde hace tiempo, asociación entre dieta y salud), de fibra y antioxidantes como los flavonoides (que pueden inhibir la oxidación de las LDL plasmáticas, además de influir la capacidad inmunocompetente). Componentes vegetales, como los fitosteroles, pueden ser capaces de reducir la LDL colesterol. El conjunto de la integridad vascular podría asimismo beneficiarse de la concentración en la dieta de folatos, vitamina B6 y B12, las cuales reducirían las concentraciones plasmáticas de homocisteína.

5. Aparato digestivo

El equilibrio y variedad de la flora microbiana instalada en el intestino son conocidos desde tiempo atrás como factores importantes en el mantenimiento de la salud. Y en ese equilibrio y selección de la flora predominante en el intestino intervienen decisivamente los prebióticos, probióticos y simbióticos (una mezcla de pre y probióticos).

6. Comportamiento, aprendizaje y rendimiento mental

Este conjunto de respuestas individuales que denominamos "capacidad intelectual" es probablemente la más compleja de todas las respuestas posibles en el ser humano. En este sentido, es ampliamente conocida la relación entre ciertos nutrientes y componentes alimentarios y la aptitud mental del individuo: los carbohidratos (y la glicemia, estimulando la producción de opiáceos endógenos), la cafeína, el chocolate, etc. Recientemente, los aminoácidos triptófano y tirosina se han incluido en esta lista como sustancias posiblemente aptas para estimular ciertas capacidades y respuestas. También se está estudiando el posible efecto de la colina y de otros aminoácidos.

En lo que respecta al comportamiento, es lógico esperar que la investigación se oriente precisamente hacia el comportamiento frente a los alimentos. La saciedad, como un fenómeno mediado por diferentes nutrientes, puede así ser un mecanismo importante en el creciente fenómeno de la obesidad y de la búsqueda de la "pérdida de peso". Así, ingestiones hiperproteicas parece que tienen relación con disminución del apetito y mayor sensación de saciedad (DYE) que con comidas del mismo valor calórico pero hidrocarbonadas. La elección del tipo de proteína es ahora el motivo de estudio para hacer más eficaz este mecanismo. Los aminoácidos triptófano y fenilalanina se suman a los estudios sobre este efecto junto a los realizados sobre preferencias y selección alimentaria (no está de más recordar su papel precursor de neurotransmisores: el triptófano de la serotonina, la fenilalanina y la tirosina de la dopamina y la noradrenalina). Otro ejemplo es el uso del dipéptido fenilalanina-ácido aspártico como posible reductor del apetito, especialmente cuando se administra una hora antes de las comidas, y de otros péptidos como el caseinomacropéptido que contribuirían al efecto saciante actuando sobre la colecistoquinina y otras hormonas gastrointestinales.

7. Alimentos funcionales y cáncer

La búsqueda de una relación clara, no ambigua, entre el consumo de ciertos alimentos y la aparición o la prevención de diferentes tipos de cáncer es desde luego antigua. Epidemiológicamente, existen diferentes vías de estudio que parecen prometedoras al respecto:

- Productos lácteos y cáncer colorrectal, especialmente prebióticos y relacionados.
- Carnes. Un ácido graso aislado de la carne de vacuno cocinada podría ser anticanceroso: el ácido linoléico conjugado.
- Semillas. Hay un creciente interés en compuestos ligados a la fibra como los lignanos. Tal vez tengan un lugar en la prevención de tumores dependientes de estrógenos (en roedores, disminuyen la incidencia de tumores de colon, pulmón y mama).
- Soja. Algunos de sus componentes se han identificado como antitumorales: fitosteroles, saponinas, ácidos fenólicos, ácido fitico y especialmente las isoflavonas (genisteína y daidzeína), unos compuestos fenólicos heterocíclicos con una estructura similar a la de los estrógenos.
- Tomate. El licopeno (un carotenoide) tendría un potencial efecto anticanceroso, sobre todo en el de próstata (GIOVANNUCCI). Curiosamente, el licopeno es el carotenoide más abundante en la propia próstata. También podrían actuar en tumores de piel, mama, aparato digestivo, cervix y vejiga.
- Ajo. Los componentes sulfurados del ajo han sido investigados en relación con numerosos procesos cancerosos, especialmente de aparato digestivo.
- Té. Los polifenoles constituyen más del 30% del peso seco de las hojas frescas de té, especialmente las catequinas. En Japón, su consumo se relaciona con la prevención del cáncer de mama.
- Crucíferas. Su poder anticanceroso (brécol, sobre todo) se debería al contenido de estos vegetales en glucosinolatos. La enzima mirosinasa hidroliza estos productos en isotiocianatos e índoles de posible acción preventiva en cánceres estrógenodependientes.
- Cítricos. Los limonoides actuarían junto con la vitamina C, los folatos y la fibra de estas frutas.

La legislación y los alimentos funcionales

Actualmente, la Unión Europea está trabajando para publicar pronto una regulación y definición clara de estos alimentos. A partir de su publicación se permitirá a los fabricantes hacer alegaciones (en el

etiquetado, en la publicidad) sobre el uso de sus productos en la prevención de ciertas patologías mediante dosis concretas, algo que en Estados Unidos (MILNER) se está trabajando desde hace tiempo (ver tabla 5).

Áreas asociadas con las alegaciones de salud en Estados Unidos

- Calcio y osteoporosis
- Grasa alimentaria y cáncer
- Sodio e hipertensión
- Grasa saturada, colesterol y enfermedad cardiovascular (ECV)
- Fibra alimentaria y cáncer
- Fibra y ECV
- Frutas y hortalizas y cáncer
- Folato y defectos del tubo neural
- Azúcar y caries
- Proteína de la soja y ECV
- Fitosteroles y ECV



Tabla 5

La intención europea viene marcada por el Libro Blanco sobre Seguridad Alimentaria, en cuyo epígrafe 101 se afirma que la Comisión estudiará la incorporación de disposiciones específicas sobre “indicaciones funcionales” en “indicaciones nutricionales” con documentos preliminares revisados en mayo de 2001.

En cualquier caso, el problema y el fondo de la cuestión seguirá siendo la investigación de los componentes activos de los alimentos, de su dosis eficaz y de su posible efecto tóxico si se sobrepasan éstas, por ejemplo, cuando se añaden aislados o como extractos o concentrados a otros alimentos.

Cabe esperar que en conceptos tan amplios y poco concretos haya precisamente mucho que concretar y desbrozar, principalmente en lo que se refiere a la publicidad poco honrada que, atribuyendo pode-

res incluso sorprendentes a ciertos alimentos o productos, puede generar ganancias holgadasísimas aprovechándose de la credulidad de la gente. Todo ello mientras que industrias, honradas y respetuosas con las leyes y con el método científico, realizan costosas inversiones para poder desarrollar, primero, nuevos productos y, después, demostrar a la comunidad científica sus aportaciones.

El conflicto de las alegaciones

En estos momentos, los fabricantes de este tipo de productos ven en casi todos los países muy limitadas sus posibilidades de informar y difundir entre sus clientes y posibles prescriptores los beneficios, en relación con la salud, del consumo de estos alimentos. Sin embargo, en pocos meses, la Unión Europea regulará esta posibilidad de "alegar" públicamente (con unas condiciones muy estrictas) sobre las ventajas de sus productos.



En las directrices generales del *Codex Alimentarius* las *alegaciones* (CODEX) se definen como "toda mención que afirme, sugiera o implique que un alimento posee características particulares relaciona-

das con su origen, propiedades nutritivas, naturaleza, producción, transformación, composición o cualquier otra cualidad". Asimismo, define la *alegación de salud* como aquella "mención que establezca, sugiera o implique que existe una relación entre un alimento o un constituyente de dicho alimento y la salud" y sería una *alegación funcional* aquella que "describe el papel fisiológico de un nutriente en relación con el crecimiento, desarrollo y normal funcionamiento del organismo". Asimismo, las *alegaciones funcionales* en el Libro Blanco (COMISIÓN) se definen como "alegaciones relativas a los efectos beneficiosos de un nutriente sobre ciertas funciones corporales normales".

Las alegaciones de *tipo médico* (un alimento funcional sería capaz de tratar, prevenir o curar una enfermedad) son difícilmente admisibles por los países miembros, al menos en lo que se refiere a las alegaciones curativas. Las alegaciones "sobre la salud" se limitan a indicar que el consumo del producto conlleva un beneficio específico para la salud del consumidor o una reducción de ciertos riesgos para la misma.

Las indicaciones de *tipo genérico* irían amparadas por conocimientos de este tipo emitidos por la comunidad científica desde tiempo atrás en relación con alguno de los componentes de ese alimento (por ejemplo "la fibra puede contribuir a su salud gastrointestinal") Las específicas, sin embargo, se referirían a un producto concreto con beneficios fisiológicos comprobados (con el respaldo de un número concreto de estudios científicos) tras su ingestión en ciertas dosis (por ejemplo, "consumiendo el producto Z reducirá su colesterol").

Las alegaciones referidas a la *promoción de ciertas funciones* ("los folatos pueden ayudar a mantener los niveles plasmáticos adecuados de homocisteína") y a la reducción del riesgo de padecer enfermedades concretas ("los folatos pueden reducir el riesgo de malformaciones del tubo neural") deberán, consecuentemente, desarrollarse en paralelo.

Tal vez lo más llamativo de este panorama será, en un futuro inmediato, el poder contemplar cómo el desarrollo de los alimentos funcionales ha sido, en los países económicamente poderosos, la clave de la investigación nutricional (ROBERFROID) gracias a la experiencia acumulada en las últimas décadas.

BIBLIOGRAFÍA

- BRUBACHER, G. B.: "La importancia nutricional de las vitaminas en la nutrición de las sociedades desarrolladas", en *Problemas de la nutrición en los países desarrollados*, 1988, págs. 55-61, Ed. Salvat-Gobierno Vasco, Barcelona.
- CODEx ALIMENTARIUS: *Codex general guidelines on claims*. CAC/GL 1-979 rev. 1/1991.
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS: *Libro blanco sobre la seguridad alimentaria*, Documento COM. 1999. 719 final. Bruselas, 2000.
- DYE, L.: "Functional foods: psychological and behavioural functions", *Br. J. Nut.* 2002; 88: supl. 2, 187S-211S.
- EUFIC: *New impetus for functional foods*. Food today 1998; 6: 1-4.
- FUFOSE: "International Life Sciences Institute. Scientific concepts of functional foods in Europe. Consensus document", *Br. J. Nut.* 1999, 81: 1S-27S.
- GIBNEY, M. J.: "Introduction IEFs pan-EU survey of consumer attitudes to food, nutrition and health", *Eur. J. Clin. Med.* 1997; 51:S2.
- GIOVANNUCCI, E.: "Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer", *Journal of the national cancer institute*, 87: 1767-1776.
- GOLDMAN, L.; COOK, E. F.: "The decline in ischaemic heart disease mortality rates: an analysis of the comparative effects of medical interventions and changes in lifestyle", *Annals of internal medicine*, 101: 825-836 (1984).
- HERCBERG, S., et al.: *Nutrición y Salud Pública*, Ed. CEA, Madrid, 1988.
- ILSI: *Concepts of functional foods*, ILSI, Bruselas, 2002.
- KEVIN, K.: "The 1997 Top 100 R&D survey", *Food. Proc.* 1997; 58(6): 65-70.
- LAWRENCE, K. M., et al.: "Double-blind randomised controlled trial of folic acid treatment before conception to prevent recurrence of neural-tube defects", *Brit. J. Med.*, 198; 282: 509-511.
- LINDER, M.: *Nutrición. Aspectos bioquímicos, metabólicos y clínicos*, 1988, Universidad de Navarra, Pamplona.
- MAZZA, G.: *Alimentos funcionales*, Zaragoza, Acribia, 1998.
- MILNER, J. A.: "Diet and health", *Br. J. Nut.*, 2002; 88: supl. 2, 151S-158S.
- MAPYA (MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN): *Consumo alimentario en España*, Madrid, Dirección General de Política Alimentaria, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL: *Recommended Dietary Allowances* (10th edition), National Academy Press. Washington, D.C., 1989.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD: *Healthy nutrition. Preventing nutrition-related diseases in Europe*. W.H.O./1988.

ROBERFROID, M. B.: "Global view on functional foods: European perspectives", *Br. J. Nut.*, 2002; 88: supl. 2, 133S-138S.

ROWLAND, I.: *Alimentos funcionales*, Madrid, Editorial Médica Panamericana, 2002, 1-8.

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE DIETÉTICA Y CIENCIAS DE LA ALIMENTACIÓN (SEDCA): *Primer Congreso Internacional de Alimentación, Nutrición y Dietética*, Madrid, SEDCA, 1991, 26.

TCHERNIA, G., *et al.*: "Maternal folate status, birthweight and gestational age", *Dcv. Pharmacol Thcr*, 1982, 4 suppl I: 58-65.

VIVANCO, F.; PALACIOS, J. M.; GARCÍA ALMANSA: *Alimentación y nutrición*, Madrid, Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad y Consumo, 1984, 304.

WIDMER, L. K., *et al.*: *Venen-Arterien-Krankheiten, koronare Herzkrankheiten bei Berufstätigen. Prospektiv-epidemiologische Untersuchung Basler Studie I-III*. Hans Huber, Berna, 1981.



II. Alimentos enriquecidos y fortificados

Carlos de Arpe Muñoz

Universidad Complutense de Madrid.
Miembro Comité Científico de la SEDCA

La valoración y percepción de la alimentación ha cambiado sustancialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX. Del propósito más primario de satisfacer el hambre y mantener el organismo se pasa, al comenzar la segunda mitad del siglo XX, al de suministrar al organismo los nutrientes necesarios y proporcionar alimentos que no actúen como vectores de enfermedad, es decir, higiénicamente seguros.

Las últimas décadas del pasado siglo van a ver nacer y crecer rápidamente un nuevo concepto, el de alimento saludable, precursor de la actual concepción de los alimentos funcionales. La versión más clásica de esta moderna corriente va a ser la de los alimentos enriquecidos.

La idea original no es en un principio la de crear nuevos alimentos con propiedades diferentes, sino la de hacer mayores las propiedades nutricionales del alimento original.

DEFINICIÓN

Generalmente se llama alimento enriquecido, o fortificado, a aquel en que las cantidades de uno o varios de sus nutrientes característicos han sido incrementadas industrialmente, con el propósito de lograr un mayor aporte del mismo en la dieta, asegurando así una mayor probabilidad de que la población alcance a ingerir las cantidades necesarias y recomendadas de dicho nutriente.

Al menos, éste es el concepto original, en base al cual a un alimento se le añaden cantidades extras de uno de sus nutrientes, y no de sustancias no nutritivas o de nutrientes ajenos a la composición natu-

ral original. Sin embargo, el término enriquecido se ha extendido hoy a la adición de otros nutrientes no característicos del propio alimento o de sustancias no nutritivas, con lo cual el límite entre alimento enriquecido y funcional es difuso.

LOS EJEMPLOS

Entre los ejemplos más clásicos cabe mencionar la leche enriquecida en calcio, los zumos de frutas con cantidad extra de vitamina C, o los cereales enriquecidos con fibra. Como vemos en estos casos se ha añadido cantidades extras de sustancias que ya existían en el alimento normal, y que además eran nutrientes (a excepción de la fibra, que es un compuesto no nutritivo de los alimentos).

Sin embargo, en la actualidad el listado se ha incrementado con la adición de nuevas sustancias que no estaban presentes, o lo estaban en escasa cantidad, en el alimento original. Así, podemos hablar de leche "enriquecida" con flúor o con jalea real, de zumos "enriquecidos" con leche, de huevos con ácidos grasos omega tres, o de productos cárnicos y fiambres enriquecidos en fibra.

Como vemos, en esta segunda versión se trata ya en definitiva de verdaderos alimentos de diseño, que más que enriquecidos deberíamos llamar modificados, y que entran ya en la filosofía de los alimentos funcionales: proporcionar una ventaja saludable que va más allá de los efectos nutricionales.

¿SON ÚTILES PARA EL CONSUMIDOR LOS ALIMENTOS ENRIQUECIDOS?

Si nos ceñimos primero, por ser más fácil de manejar, al concepto clásico (enriquecer con un nutriente de efectos conocidos, que ya existía en el alimento normal, en cantidades menores), la valoración dietética y salúfera de los alimentos funcionales suscita ya de partida las siguientes dudas:

1. **¿Es realmente necesario enriquecer el alimento para cubrir las necesidades fisiológicas de la población?**

2. **¿Se ha incrementado la cantidad del nutriente en cuestión lo suficiente como para que la ingestión del nuevo alimento suponga claramente una mayor probabilidad de cubrir las necesidades dietéticas?** O lo que es lo mismo, ¿qué porcentaje de las RDR (Raciones Diarias Recomendadas) cubre una ración habitual de ese nuevo alimento?
3. Dejando de lado los intereses comerciales, **¿habría una forma más barata para el consumidor de incrementar la ingestión de la sustancia con que se ha enriquecido el alimento?**
4. **¿Puede haber riesgo de efectos tóxicos o negativos por ingestión excesiva del nutriente?**

La respuesta a la primer pregunta es negativa en términos generales. En efecto una dieta diversa y en las cantidades adecuadas es capaz por sí sola de suministrar los nutrientes precisos para el ser humano sano y normal y, además, aunque haya sido objeto de mucho debate está por demostrar que suministrarlos en cantidades superiores a las necesidades fisiológicas sirva para algo, excepto en muy contadas excepciones.

En todo caso, podríamos hablar de una utilidad relativa en situaciones concretas, por razón de necesidades incrementadas (embarazo, lactancia, osteoporosis, etc.) o por tratarse de personas con algún hábito alimentario incorrecto. Por ejemplo, a una persona que en general le desagraden los lácteos podría serle más fácil ingerir leche enriquecida en calcio, pues tendría que tomar menor cantidad para alcanzar sus necesidades.

No obstante, incluso en los casos anteriores una correcta distribución de los alimentos convencionales, en las cantidades adecuadas, sería capaz de satisfacer las necesidades.

Respecto a la segunda pregunta, los análisis efectuados sobre diferentes productos enriquecidos presentes en el mercado muestran una gran diversidad en las cantidades de nutriente con que los alimentos han sido enriquecidos. Así, incluso dentro de distintas marcas de un mismo tipo de productos, pueden encontrarse alimentos cuyo "enriquecimiento" es mínimo y poco significativo y otros en que la presencia del nutriente en efecto es considerablemente mayor.

Así, para que el consumidor pueda elegir con verdadera consciencia un alimento enriquecido, el etiquetado del mismo adquiere una importancia capital. Este debe suministrar una información inteligible sobre en qué medida ha sido enriquecido el producto, y la forma idónea de hacerlo es que exprese qué porcentaje de las necesidades diarias de ese nutriente cubre una ración habitual del alimento (una ración, un vaso, una pieza o una cantidad determinada según los casos).

Por ejemplo, si el etiquetado dice que una ración del alimento cubre el 25% de las RDR (Raciones Diarias Recomendadas), sabrá que con cuatro raciones tendría la cantidad total necesaria de ese nutriente.

La tercera cuestión tiene fácil respuesta. Dado que una dieta equilibrada con alimentos convencionales permite satisfacer las necesidades de nutrientes, ésta es más barata que una alimentación con productos enriquecidos, generalmente más caros (a no ser que en el futuro estos últimos abaraten su precio).

Incluso en el caso de personas con la necesidad de algún nutriente claramente incrementada (por ejemplo requerimiento extra de calcio por osteoporosis con fractura, etc.) habría que analizar el precio de los suplementos minerales y vitamínicos de farmacia, con contenido del nutriente generalmente mucho mayor, y comparar. Por supuesto, argumentos como que el calcio de la leche es distinto del calcio de comprimido o que la vitamina C de farmacia es diferente de la de la fruta, no son científicamente válidos.

Respondiendo a la cuarta y última pregunta, cuando nos referimos a alimentos enriquecidos con nutrientes como las vitaminas y los minerales, la cantidad de estos no se ha incrementado tanto como para que pueda suponer un riesgo de exceso tóxico, dentro de los parámetros de un consumo racional.

Sin embargo, sí es necesario dar un toque de atención sobre la progresiva adición a los alimentos de sustancias, nutrientes o no, en las cuales los efectos a medio y largo plazo de la ingestión de suplementos no están tan ampliamente estudiados (ácidos grasos, fitoesteroles, principios vegetales bioactivos, etc.). En este sentido está claro que la industria está corriendo más que la ciencia

LAS LECHES ENRIQUECIDAS

En la última década la competitiva industria láctea ha lanzado al mercado todo una gama de nuevas leches, con el propósito fundamental de incrementar una demanda que estaba estancada. Así, han surgido leches enriquecidas en calcio, en flúor, en diversas vitaminas, en fibra, etc.

Es notorio que aunque la leche es uno de los alimentos más completos que existe es el que lleva la iniciativa en las cuestiones relativas al “enriquecimiento”.

Leches enriquecidas en calcio

El calcio es un elemento fisiológica y nutricionalmente muy importante. Es esencial en la formación y mantenimiento del hueso, pero además juega un papel crucial en la excitación de las células musculares y en el equilibrio de las membranas celulares.

Por tanto, es un mineral que necesitamos en gran cantidad, si lo comparamos con otros minerales. Las recomendaciones internacionales establecen para las personas entre los 15 y los 65 años una necesidad de 800 mg diarios de calcio. Esta recomendación diaria se eleva a 1.200 mg en el caso de mujeres embarazadas o dando el pecho, niños en periodo de crecimiento, mujeres menopáusicas y personas mayores.

Un vaso de leche entera corriente ya suministra el 35% de la cantidad diaria recomendada de calcio. Así pues, no parece especialmente necesario enriquecer la leche, a no ser que tomemos muy poca.

Por otra parte, la cantidad extra de calcio es diferente de unas marcas a otras, siendo en bastantes ocasiones un incremento poco significativo.

Como ejemplo, la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) publicaba, en mayo de 2000, los resultados de un estudio analítico comparativo efectuado sobre doce marcas y variedades de leche, supuestamente enriquecidas en calcio. De éstas, seis muestras contenían en efecto una cantidad de calcio significativamente mayor que la leche normal, sin embargo en las seis restantes la cantidad de calcio añadido era pequeña.

Para que la decisión de tomar este tipo de leche fuera racional sería necesario conocer en qué cantidad contiene calcio y que porcentaje de la ración diaria recomendada supone tomar un vaso. Por desgracia muchas veces el etiquetado no ofrece esta información, o no lo hace de manera clara. Por tanto, si decide tomar una leche enriquecida en calcio, **elija una que le suministre esta información.**

Las necesidades de calcio son especialmente marcadas en el embarazo, en las madres lactantes, en la menopausia y postmenopausia y durante el crecimiento.

También en patologías como la osteoporosis y enfermedades renales o intolerancia a lácteos. Sin embargo, estas necesidades extras pueden cubrirse incrementando el consumo de leche, queso, yogur normales.

También, en estos casos, puede consultar a su médico la conveniencia de tomar un suplemento de calcio (en comprimidos, etc).

Deberán tener precaución con posibles excesos de calcio, derivados del consumo de alimentos enriquecidos o suplementos, las personas con niveles elevados de calcio en orina, hipercalcemia, paratiroidismo, insuficiencia renal y antecedentes de litiasis renal.

Raciones recomendadas de las principales vitaminas y minerales en el adulto

VITAMINA A	800-1000 MICROGRAMOS ER*
VITAMINA D	10 MICROGRAMOS, EQUIVALENTES A 400 UI
VITAMINA E (TOCOFEROL)	10 MILIGRAMOS
VITAMINA K	70 MICROGRAMOS
VITAMINA C	60 MILIGRAMOS
VITAMINA B1 (TIAMINA)	1,4 MILIGRAMOS
VITAMINA B2 (RIBOFLAVINA)	1,6 MILIGRAMOS
VITAMINA B3 (NIACINA)	18 MILIGRAMOS (EQUIVALENTES DE NIACINA)
VITAMINA B5 (A. PANTOTÉNICO).	6 MILIGRAMOS
VITAMINA B6 (PIRIDOXINA)	1,5 A 2 MILIGRAMOS. EMBARAZADAS, 2,5 MG
VITAMINA B9	200 MICROGRAMOS. EMBARAZADAS, 800
VITAMINA B12	1 MICROGRAMO. EMBARAZADAS, 3
BIOTINA	0,15 MILIGRAMOS
CALCIO	800 MILIGRAMOS. EMBARAZ., LACT., NIÑOS, 1.200
FOSFORO	800 MILIGRAMOS. EMBARAZADAS Y LACT., 1.200
HIERRO	14 MILIGRAMOS (HOMBRES), 18 (MUJERES)
YODO	150 MICROGRAMOS. EMBARAZADAS Y LACT., 200
ZINC	15 MILIGRAMOS. EMBARAZADAS Y LACT., 20

NOTA: 100 MICROGRAMOS = 0,1 MILIGRAMOS. * ER = EQUIVALENTES DE RETINOL



Tabla 1

Leches enriquecidas con vitamina A, D o E

Los productos lácteos desnatados o semidesnatados han perdido vitaminas liposolubles (A, D, E) al retirar parte de la grasa en que estas estaban disueltas, y por lo tanto contienen cantidades menores de estas vitaminas que el lácteo “entero”. Así, si usted es consumidor de desnatados, sí sería interesante elegir una marca enriquecida, teniendo en cuenta como siempre que las cantidades realmente añadidas constituyeran un tanto por ciento significativo de las RDR.

Si bien el déficit de vitamina A está muy extendido en el tercer mundo, no es muy común en los países desarrollados, y con una dieta diversa no hay motivo para que se produzca. La vitamina A, cuya molécula base se llama retinol, se encuentra en alimentos animales como el hígado, los lácteos y el queso, o la mantequilla. Recordemos que los pigmentos vegetales rojo-anaranjados llamados betacarotenos son precursores de la vitamina A y una fuente de la misma (zanahorias, frutas amarillas, verduras).

La vitamina A es esencial para que el organismo fabrique el pigmento, utilizado en la visión, llamado Rodopsina, y también tiene un papel importante en el mantenimiento del buen estado de la piel y las mucosas, así como en el crecimiento óseo. El betacaroteno, además de actuar como previtamina A, es un notable antioxidante, del cual se estudia su papel de defensa contra los radicales libres.

La RDR de vitamina A es de 800 microgramos equivalentes de retinol (ER) diarios, es decir, 0,8 mg ER, cantidad que se ve incrementada hasta los 950 microgramos ER durante la lactancia*.

Son más propensas a los déficits de vitamina A las personas con muy escaso consumo de alimentos de origen animal, aquellas que tienen disminuida la absorción intestinal (obstrucción de las vías biliares, enfermedades intestinales, etc.), las que padecen diarreas crónicas, o las que presentan patologías como la cirrosis hepática, el hipotiroidismo y la diabetes mellitus.

Podemos ingerir las cantidades recomendadas de vitamina A consumiendo una dieta rica en los alimentos naturales que hemos citado anteriormente, y desde esta perspectiva no es necesario el enriquecimiento, si bien éste puede ayudar en algunos casos.

* 1 microgramo equivalente de retinol = 0,001 mg de retinol = 3,3 Unidades Internacionales (UI) = 0,006 mg de betacaroteno.

Los excesos de vitamina A pueden ser tóxicos, aunque con la cantidad presente en las leches enriquecidas sería muy difícil llegar a ellos. Sin embargo, es necesario advertir contra la toma de suplementos concentrados de esta vitamina, que siempre deberán ser prescritos y controlados por un profesional.

Respecto a la vitamina D, también llamada coleciferol, es esencial para la fijación del calcio y la formación del hueso, pero teniendo en cuenta como siempre que una dieta adecuada puede suministrar las necesidades, establecidas en unos 10 microgramos/día.

Además de en los lácteos, se encuentra en la mantequilla, margarina, las grasas animales y pescados grasos (sardinas, caballas, arenques, etc.), la yema del huevo, y en el hígado, que es una gran fuente.

Las insuficiencias son más comunes en niños y ancianos. Recordamos también que tomar el sol es una fuente de vitamina D.

Los excesos de vitamina D también tienen efectos tóxicos, pero diremos al respecto lo mismo que sobre la vitamina A. Durante el embarazo no deberán consumirse más de 40 microgramos día de vitamina D.

Como en el caso de la vitamina A, una dieta adecuada normal puede suministrar la vitamina D necesaria, especialmente si esto se une a una toma moderada de sol.

La vitamina E, o Tocoferol participa en la síntesis de las hormonas sexuales y como ocurre con la A y la C, su insuficiencia está relacionado con un déficit de las defensas inmunitarias. Además hoy se investigan sus efectos antioxidantes posiblemente preventivos de las ECV y el cáncer (no demostrado), aunque su efecto protector sobre las membranas biológicas parece bastante claro, al proteger de la oxidación a los ácidos grasos poliinsaturados presentes en las mismas

Podemos encontrar vitamina E en productos de origen vegetal como los aceites de girasol, soja, maíz, oliva, aceite de germen de trigo, y en las margarinas vegetales, así como la presente en los lácteos no desnatados.

La leche entera corriente tiene unos 0,10 miligramos de vitamina E por cada 100 gramos de producto. Como la cantidad diaria recomendada está en los 10 a 12mg/día, sí puede ser interesante el enriquecimiento de los lácteos en esta vitamina, en especial si el consumo de los otros alimentos donde está presente es escaso*.

Sin embargo, en los países desarrollados son raros los déficits de vitamina E que podemos encontrar en situaciones normales

Leche enriquecida con ácido fólico

Esta vitamina pertenece al grupo B (B9) y participa en la biosíntesis de los ácidos nucleicos, motivo por el cual es necesaria en los procesos de división celular y en la formación de glóbulos rojos y leucocitos sanguíneos. En las últimas décadas se ha relacionado el déficit de ácido fólico en la mujer embarazada con la malformación congénita conocida como espina bífida, aunque la detección de déficit de ácido fólico en adultos es poco frecuente.

Todavía persiste algo de discusión respecto a las necesidades de ácido fólico, estableciéndose para los adolescentes y los adultos en unos 200 a 400 microgramos/día (0,2 mg). Algunas recomendaciones llegan a subir la cifra para la mujer embarazada hasta los 800 microgramos.

El ácido fólico se encuentra en verduras y hortalizas (brécol, espinacas, espárragos, guisantes, etc.), en los cereales integrales, hígado y huevo.

Hoy es común la prescripción de ácido fólico a las mujeres en la fase de la gestación o a mujeres en edad fértil que piensen tener hijos pronto.

Sin embargo, las pocas leches que añaden ácido fólico no lo hacen en cantidad que pueda compararse a un suplemento (comprimido, cápsula) prescrito por el médico.

* En realidad la necesidad de vitamina E es dependiente del consumo de ácidos grasos poliinsaturados. A mayor consumo de éstos, mayor necesidad de la vitamina.

Leche enriquecida con fibra y/o oligosacáridos

En general la dieta en los países desarrollados es deficitaria en fibra vegetal, pero la cantidad presente de fibra en los lácteos que la incluyen no es comparable a la que puede suministrar una dieta rica en los productos que la contienen de forma natural: verduras, hortalizas, legumbres, cereales y frutas. Parece obvio, que la forma natural y correcta de ingerir fibra es consumir con frecuencia los alimentos antes citados, que por otra parte son necesarios por su aporte en nutrientes.

Los oligosacáridos son hidratos de carbono que supuestamente favorecen la reproducción de los bifidus que forman parte de nuestra flora intestinal natural. Ahora bien, el hecho de que un lácteo lleve estos oligosacáridos no significa que lleve bifidus.

Leche con ácidos grasos omega-tres

Los ácidos grasos omega-tres son precursores en el organismo de los llamados **eicosanoides**, sustancias sintetizadas por las células que son activas a bajas concentraciones. Los omega-tres son precursores de dos eicosanoides, el Tromboxano A3 y la Prostaciclina PG13; ambos tienen relación con la "fluidez" de la sangre y con el comportamiento de algunas de sus células.

En concreto, a estos ácidos grasos se les relaciona con una disminución de las incidencias de infarto de miocardio, a través de su capacidad de disminuir la agregación plaquetaria (disminuyen los trombos, y de bajar los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre).

Tres científicos daneses, Dyeberg, Bang y Hjerne, realizaron un estudio con esquimales, en el cual comprobaron que los esquimales emigrados a Dinamarca, y por tanto con una alimentación similar a la de los daneses, tenían una incidencia de enfermedades cardiovasculares mucho mayor que la de los esquimales que habían seguido en Groenlandia.

Una de las posibles explicaciones a este hallazgo, era que la dieta de los esquimales groenlandeses seguía siendo rica en dos ácidos grasos omega-tres, el ácido Eicosapentanoico (EPA) y el ácido doco-

sohexanoico (DHA), que se encuentran en la grasa del pescado, las focas y las ballenas consumidas por estos grupos.

También hay trabajos que muestran una gran importancia de los omega-tres en el desarrollo fetal e infantil, especialmente en lo que al sistema nervioso se refiere. Así, estos ácidos grasos son necesarios en la alimentación del lactante. De hecho, la leche materna es una fuente importante de omega-tres, pero podría haber problemas en niños alimentados con leches artificiales, por lo que ya hay en el mercado leches enriquecidas con éstos.

Por el mismo motivo, es lógico suponer que la mujer embarazada o que da el pecho necesite más Omega-tres en su alimentación.

No hay un claro consenso científico respecto a las cantidades necesarias de estos ácidos grasos, pero la mayor parte de las recomendaciones oscilan entre 1 gramo y 1,25 gramos de omega-tres diarios, sumando la cantidad de EPA y de DHA.

Esto equivale a unos 750 a 1.000 gramos de pescado semanales, según la especie.

Los pescados más ricos en Omega-tres, son los que llamamos azules y los pescados grasos en general (caballa, sardina, boquerón, arenque, bacalao, salmón, etc.).

Por lo tanto, tenemos una vía normal de ingerir omega-tres: comer pescado. Si a usted no le gusta el pescado, ya es más razonable acudir a los alimentos enriquecidos, pero como siempre fijese en el etiquetado y compruebe, comparando con las cifras que aquí damos, si el aporte de omega-tres del producto es significativo.

Nos falta conocimiento sobre otros efectos de cantidades notables de omega-tres, por lo tanto también hay que prevenir contra los excesos. En concreto, hay trabajos que muestran que aportes elevados de éstos pueden dificultar la absorción de vitamina E, precisándose aumentar la dosis de ésta. También son necesarios trabajos a largo plazo sobre los efectos de ingestiones elevadas sobre el sistema inmunitario, la capacidad de coagulación y el nivel de glucosa en sangre (especialmente en el caso de los diabéticos).

Sin embargo, no olvidemos que, desde una perspectiva de prevención de las enfermedades cardiovasculares, de poco serviría tener estos productos y consumir omega-tres, si no cuidamos el resto de la dieta (limitada en grasa saturada, colesterol y calorías) y otros factores de riesgo (sedentarismo, tabaquismo, etc.).

PREPARADOS LÁCTEOS CON GRASA VEGETAL

Aquí ya hablamos de leches sustancialmente modificadas, más que enriquecidas. Estos se presentan generalmente como leches especiales, buenas para las personas con colesterol elevado o que quieran prevenir las enfermedades cardiovasculares.

Se trata de leches a las cuales se les ha retirado la grasa natural propia (desnatadas) para ser sustituida por grasas de origen vegetal. Generalmente también se restituyen o enriquecen con las vitaminas A, D y E que se han perdido en el desnatado. En resumen, si no fuera por el tipo de grasa serían iguales a la leche.

La grasa saturada en exceso se considera favorecedora de la arteriosclerosis y las enfermedades cardiovasculares. La leche normal tiene un 65% de ácidos grasos saturados, mientras que en estos preparados oscila solo entre el 15 y el 20%.

A la inversa, la grasa mono y poliinsaturada ejerce un efecto preventivo, siendo la cantidad de éstas mayor en estos preparados con grasa vegetal.

Por otra parte, el contenido en colesterol de estos preparados es notablemente menor que en la leche convencional.

Comparación de la composición grasa de la leche entera normal y los preparados lácteos con grasa vegetal

SUSTANCIA	LECHE NORMAL (%)	PREPARADOS LÁCTEOS (media) (%)
A. Grasas saturadas	65	15-20
A. Grasas monosaturadas	30	40-70
A. Grasas polisaturadas	5	15-40
A. Grasas esenciales	4	15-40
GRASA TOTAL	3,3	3,3-3,9

→ Tabla 2

Aunque por lo anterior pueda parecer que estos preparados son muy útiles, hay que tener en cuenta que lo importante es el total de grasa saturada, insaturada y colesterol ingerida en el conjunto de toda la dieta.

A no ser que tomemos muchísima leche, la reducción de grasas saturadas que vamos a obtener por sustituir la leche normal por estos preparados, va a ser poco relevante. El efecto de sustituir la leche normal por estos preparados será prácticamente nulo si no cuidamos el resto de la alimentación.

Por otra parte, incluso la leche entera no tiene más allá del 3,3% de grasa, es decir que tampoco es un producto especialmente graso.

ZUMOS ENRIQUECIDOS

Lo más común es aumentar la cantidad de vitamina C, que ya contienen de forma natural al provenir de la fruta.

Nuestras necesidades medias de vitamina C son de unos 60 mg al día, siendo algo mayores en niños, embarazadas, deportistas y fumadores. No obstante, con unos 100 mg/día todos tendríamos suficiente.

Una alimentación rica en frutas, verduras y ensaladas nos aportará suficiente vitamina C, sin necesidad de enriquecer los zumos.

Productos vegetales muy ricos en vitamina C son las fresas, las naranjas, los kiwis, pomelos, pimientos, espinacas, coliflor, melón, puerro, tomates y perejil.

Si tiene usted una dieta en la que consume estos alimentos no parece muy necesario ni útil enriquecer los zumos.

REFRESCOS A BASE DE ZUMO Y LECHE

Parecen zumos de frutas variadas (generalmente incluyen más de una), pero no suelen contener más allá de un 15% de zumo. Luego, desde este punto de vista, son refrescos.

Su contenido, variable en leche aportará una mayor cantidad de proteína y calcio. Generalmente se les añaden vitaminas (vitamina C, betacaroteno, vitamina E) y a veces fibra.

Al respecto cabe decir lo que en los demás alimentos enriquecidos anteriores: si tiene usted una dieta equilibrada estos productos no le van a suponer una mejoría. Son además, en general, mucho más caros que los refrescos.

Muchos de ellos utilizan el prefijo "bio" y sin embargo ni contienen bifidus o similares, ni son el resultado de la agricultura o ganadería ecológica (para las cuales la Unión Europea reserva tácitamente la palabra bio).

Si hay que valorar que su aporte nutricional, es, por supuesto, superior al de un refresco convencional.

CEREALES ENRIQUECIDOS PARA DESAYUNO

Los cereales corrientes (arroz, trigo, maíz, etc.) son alimentos básicos que deben formar parte de nuestra dieta, ya que la alimentación en los países desarrollados es porcentualmente deficitaria en calorías procedentes de los hidratos de carbono complejos (almidón) en que los cereales son ricos.

Desde este punto de vista los productos alimenticios industriales a partir de cereales son un alimento adecuado, si bien han de hacerse las siguientes observaciones.

En cuanto al enriquecimiento de éstos en vitaminas como la A, D y E cabe decir lo mismo que en otros productos (lácteos) enriquecidos con estas vitaminas: las carencias no son comunes en países desarrollados y hay alimentos que constituyen fuente natural de las mismas.

En los cereales enriquecidos para desayuno presentes en el mercado, los análisis efectuados muestran una notable presencia de vitaminas del grupo B: B1, B2, B6, B9, B12 útiles generalmente por encima del 25% de la cantidad diaria recomendada (CDR), lo cual es conveniente para completar la dieta y asegurar un aporte correcto de estas vitaminas.

Otro "enriquecimiento" interesante es el del hierro, siempre y cuando la cantidad presente en una ración supere al menos el 15-20% de la CDR, pues si no el enriquecimiento sería más ficticio que real.

Sin embargo en muchos de los productos en el mercado destacan dos características negativas:

- Contenido pobre en fibra: La mayor parte están elaborados con cereales refinados y el contenido en fibra vegetal es bajo, con la excepción de algunos productos específicamente enriquecidos con estas sustancias. El desayuno adecuado para un niño debiera aportarle entre 7 y 10 gr de fibra y en muchos casos no es así. Por tanto, sería aconsejable al menos añadir a estos desayunos una pieza de fruta.
- En ocasiones exceso de azúcar: con el objetivo de adaptar el producto a los gustos infantiles, muchos de los cereales para desayuno están endulzados superándose a veces incluso el límite del 20% de las calorías aportadas en forma de azúcar. Así a la hora de escoger uno de estos productos es aconsejable que examine su contenido en azúcar.

Por último, hay que advertir de que este tipo de desayuno no es tan "completo" como quiere hacer ver la publicidad, aunque esto no tanto por la naturaleza del producto como por nuestro limitado concepto de desayuno.

Así, el desayuno completo ideal para la infancia en edad escolar debiera aportar ente 350 y 400 Kcal. Si nos limitados a la ración básica de un vaso de leche con 25 a 30 grs. de cereales, no superaremos las 200 Kcal. Así, en un desayuno realmente completo haría falta al menos un segundo vaso de leche, una tostada y una pieza de fruta.

Probablemente muchos niños españoles están ingiriendo calorías de más en el total del día, pero no precisamente en el desayuno.

HUEVOS ENRIQUECIDOS EN OMEGA-TRES

Como ya hemos citado existen alimentos naturales y de consumo más lógico que son fuente de omega tres, sobre todo el pescado azul (caballa, sardinas, arenque, salmón, bacalao, etc.) y en menor cantidad productos vegetales como el aceite de soja o el germen de trigo.

Los estudios realizados establecen un efecto preventivo de los ácidos grasos omega tres en la enfermedad cardiovascular, sobre la base de su capacidad de disminución del nivel de triglicéridos en sangre y su efecto de antiagregación plaquetaria.

Todavía hay debate, pero diversas instituciones cifran la cantidad de omega tres necesaria en unos 1,25 gr/día; para ello bastaría consumir unos 700 gr de pescado a la semana, y éste sería nuestro consejo.

Porque Ud. consuma huevos enriquecidos en omega tres, no mejorará las expectativas del estado de su salud cardiovascular si, además, no cuida el resto de la dieta, haciéndola limitada en grasa saturada y colesterol y ajustada en calorías.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de estos huevos tienen cantidades de colesterol cercanas a las normales. Además, análisis efectuados muestran que el aporte del omega tres de un consumo razonable de estos huevos (4 o 5 semanas) no supera el 20% de los omega tres recomendados. Además, en general son bastante más caros.

FIAMBRES Y DERIVADOS CARNICOS CON FIBRA

Admitido ya que la dieta habitual es deficitaria en fibra vegetal, sólo nos queda volver a decir que la forma más natural de ingerir fibra es incrementar el consumo de cereales integrales, verduras, legumbres y frutas.

Con una dieta que contenga cantidad adecuada de estos alimentos, no parece tener mucho sentido añadir fibra extra a alimentos que en su forma original no la tienen, pues consumir más fibra de la necesaria no reporta beneficios e incluso puede dificultar la absorción de minerales como el calcio y el hierro.

MARGARINAS

Las margarinas están constituidas por una fase acuosa y una fase grasa, en la que suele predominar la grasa de origen vegetal. Sin embargo, también contienen, en general, grasas de origen animal en menor proporción, de diversa procedencia, y a veces algo de leche en polvo.

Las grasas vegetales utilizadas para la fabricación de la margarina suelen ser insaturadas en origen, y esto es una de las ventajas que se le atribuye a la margarina, al ser éstos ácidos grasos menos aterogénicos, o inductores de arteriosclerosis, que la grasa saturada.

Sin embargo, la grasa insaturada a temperatura ambiental (20° C) es líquida, condición inadecuada para una margarina, con lo cual estas grasas insaturadas se someten a un proceso industrial llamado hidrogenación, que origina una grasa sólida unttable.

La hidrogenación se realiza mediante la adición de hidrógeno, en presencia de una serie de catalizadores (níquel, paladio), y este proceso "satura" los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados. El resultado es que así aumenta el punto de fusión de la grasa y ésta pasa a tener una consistencia más sólida, apta para el producto.

El inconveniente es que al producirse estas saturaciones, la grasa ya no es tan insaturada como antes, y, por tanto, pierde parte de su potencial salutar. A pesar de ello las margarinas tienen un porcentaje de grasa insaturada superior al de la mantequilla.

También algunos especialistas alegan que la saturación de dobles enlaces producida por la hidrogenación se da muchas veces en posiciones de la molécula que no son las habituales en la grasa natural, lo cual podría tener ciertas implicaciones negativas para la salud. No obstante, no es fácil evaluar estos posibles efectos negativos y es necesaria más investigación al respecto.

Las margarinas enriquecidas más comunes son aquellas en que ha sido incrementada la cantidad de alguna o varias de las vitaminas liposolubles, A, D o E. Con relación a estas podemos decir lo mismo que respecto a otros alimentos enriquecidos en estos nutrientes, como los lácteos. No aporta especial ventaja si su dieta es lo suficientemente variada.

La última novedad o "moda" es la introducción de **fitosteroles** en la margarina. Estas son sustancias de origen vegetal características de alimentos como las legumbres, y se les atribuye la propiedad de bajar los niveles de colesterol en sangre. Sin embargo, como hemos expresado otras veces parece poco probable que este efecto sea significativo si no se cuida el resto de la alimentación.

Además, las cantidades de margarina que normalmente consumimos los españoles son limitadas (1 a 1,5 gr por día de media), y sobre la base de estas cifras no cabe esperar demasiados efectos. Tampoco parece conveniente aconsejar un incremento del consumo, dado que nuestra dieta ya contiene un exceso de grasas y calorías.

Por otra parte no olvidemos que disponemos del aceite de oliva, que siempre y cuando no superemos las calorías debidas, tiene efectos positivos sobre los niveles de colesterol.

CONCLUSIONES

En condiciones normales de salud usted puede conseguir la cantidad suficiente de vitaminas, minerales y fibra a partir de los alimentos comunes, si su dieta es lo suficientemente diversa. Desde este punto de vista los alimentos enriquecidos, en general, no son necesarios.

No obstante hay situaciones especiales en las que pueden jugar un papel, como en edades de fuerte crecimiento, embarazadas y madres lactando, ancianos, personas con problemas de malabsorción de algún nutriente o personas con dietas restringidas por cualquier motivo.

En estos casos será muy importante leer el etiquetado del alimento para comprobar que una consumición o ración del producto aporta un porcentaje significativo de las Raciones Diarias Recomendadas (RDR) del nutriente en cuestión (es ideal que alcance el 25%) o que, por el contrario, el enriquecimiento es insignificante.

Si usted es consciente de la escasez de algún nutriente en la dieta, debe también barajar la posibilidad de que un profesional le prescriba un suplemento farmacéutico de ese nutriente.

BIBLIOGRAFÍA

"Alimentos funcionales", *Rev. OCU Salud*, 39, 2002.

"Alpha-tocopherol, Beta-carotene Cancer Prevention Study Group. The effect of vitamine E and Betacarotene on the incidence of the lung Cancer", *The New England Journal of Medicine*, 330, 1994.

Asesoramiento sobre vitaminas y minerales, Equipo Editorial Lab Merck, Planeta Agostini, 1995.

CUTLER, R. G.: "Antioxidants and Aging", *American Journal of Clinical Nutrition*, 53, 1991.

"Desayunos enriquecidos", *Rev. OCU Salud*, 16, 1998.

Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases..., Ed. World Health Organization, 1991.

ENTRALA BUENO, A.: *Vitaminas: aspectos prácticos en Medicina*, Díaz de Santos, Madrid, 1995.

GIBNEY, M. J.: *Nutrición, dieta y salud*, Ed. Acribia, Zaragoza, 1990.

HATCHCOCK, J.: "Applications of antioxidants in physiologically functional foods: safety aspects", *Crit Rev Food Science Nutrition*, 35, 1995.

"Leches especiales y preparados lácteos", *Rev. OCU Salud*, 29, 2000.

LLORET, A.; GARCÍA, C.; BORRÁS, E.; PUERTES, I.; PALLARDO, F.: "¿Es necesario dar antioxidantes como complemento de nuestra alimentación?", *Rev. Nutrición Práctica*, 3, 1999.

OLSON, J. A.: "Benefits and liabilities of vitamin A and carotenoids", *The Journal of Nutrition*, 126, 1996.

SIES, H.: "Vitamins E and C, betacarotene, and other carotenoids as antioxidants", *American Journal of Clinical Nutrition*, 62, 1995.

VÁZQUEZ C.; LÓPEZ NOMDEDEU, C., y otros: *Manual de alimentación y nutrición para educadores*, Ed. Caja Madrid, 1992.

VIÑA, J. R.; PALLARDO, V.; GARCÍA, C., y otros: "Nutrición y vitaminas: aspectos básicos y clínicos de la suplementación", *Rev. Nutrición Práctica*, 1, 1997.

"Vitamina C", *Rev. OCU Salud*, 2, 1995.

"Vitamina E y sus supuestos", *Rev. OCU Salud*, 24, 1999.

III.

Las grasas en nuestra dieta.

Ácidos grasos omega 3

Rafael Urrialde de Andrés

Comité Científico de la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación

Dentro de los estilos de vida y de los hábitos de una población, la dieta es sin duda, un factor fundamental que junto con otros elementos del medio ambiente influye de manera notable en el estado de salud de una población, jugando un papel prioritario las grasas. Los estudios epidemiológicos y experimentales subrayan esta influencia de la dieta y de los diversos nutrientes sobre diversas formas de enfermedades degenerativas, especialmente cardiovasculares y cáncer, que constituyen las causas más frecuentes de muerte en las sociedades desarrolladas (SEGOVIA DE ARANA, 2001).

Las grasas o los lípidos son los componentes nutricionales que principalmente aportan energía a nuestro organismo, aunque también intervienen en otros procesos fisiológicos, por este motivo también se les considera esenciales para un correcto funcionamiento. Sin embargo, según el tipo y la cantidad de grasa que consumamos, las grasas o lípidos pueden ser nuestros aliados o uno de los principales enemigos para la salud. Por este motivo es fundamental conocer qué tipos de grasa existen y cuánta debemos consumir (ARANCETA, 2002):

- Forman parte de la estructura de las membranas celulares.
- Transportan las vitaminas A, D, E y K (liposolubles) hasta nuestras células.
- Intervienen en el desarrollo cognitivo de los lactantes y postlactantes (GIL Y GIL, 2002).
- Almacenan una gran cantidad de energía.

Las grasas son los componentes nutricionales que contribuyen con una mayor cantidad de energía; cada gramo de grasa aporta 9 kcal, frente a las 4 kcal de los hidratos de carbono y de las proteínas. Las necesidades energéticas precisan una cantidad diaria de energía para destinarla, fundamentalmente, a tres fines:

1. Sufragar el coste energético de la síntesis a partir de elementos más sencillos, de macromoléculas de interés biológico.
2. Mantener la distribución y transporte de sustancias a través de la membrana celular.
3. Realizar trabajos mecánicos tales como los que se desarrollan durante la actividad muscular (GRANDE COVIÁN, 1984).

Pero estos requerimientos también varían en función de cada persona, del sexo, la edad, el peso, la altura, la actividad física que se realice... En líneas generales podemos decir que:

- Hombres: entre 2.500 y 3.000 kcal/día.
- Mujeres: entre 2.000 y 2.500 kcal/día.

En circunstancias especiales:

- Mujeres embarazadas (2^o y 3^{er} trimestre): +250-300 kcal/día.
- Lactantes: +500 kcal/día.

CLASIFICACIÓN

Las grasas o los lípidos se pueden clasificar desde distintos puntos de vista, siempre teniendo en cuenta su presencia en los alimentos grasos habituales, así como su función nutritiva (CERVERA y col., 1999).

Según su composición química:

- Triglicéridos.
- Glicerofosfolípidos y esfingolípidos.
- Colesterol y otros esteroides.

Según sus propiedades físicas. Cuando a temperatura ambiente su estado físico es líquido, las grasas o los lípidos se denominan aceites, y cuando es sólido, se denominan sebos o, genéricamente, grasas:

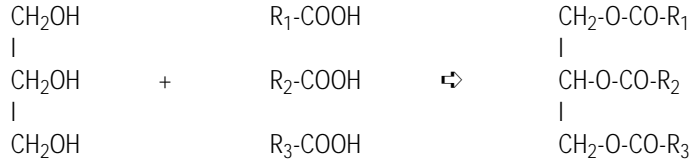
- Grasas neutras: triglicéridos y colesterol y otros esteroides.
- Grasas anfífilas: glicerofosfolípidos y esfingolípidos. Tienen la propiedad de orientarse en la superficie de moléculas grandes, en superficies acuosas o en la interfase entre dos capas no miscibles. Forman parte de la membrana celular. También se utilizan para estabilizar alimentos líquidos o semilíquidos.

Según su función:

- Grasas de almacenamiento (triglicéridos principalmente).
- Grasas de transporte. Desplazan en su seno vitaminas liposolubles (A, D, E y K).
- Grasas estructurales (glicerofosfolípidos, colesterol y otros esteroides). Forman parte de la estructura de las membranas celulares y de ciertos órganos, como el cerebro.

TRIGLICÉRIDOS

Son grasas que forman parte de nuestro organismo, siendo la principal forma química de almacenamiento, tanto en alimentos como en el organismo humano. En cantidades elevadas son perjudiciales, ya que pueden producir depósitos de grasas. Están constituidos por una molécula de glicerol y tres ácidos grasos que pueden ser iguales o diferentes. Durante el proceso de digestión los triglicéridos son hidrolizados, quedando liberados los ácidos grasos en la luz intestinal.



ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son constituyentes tanto de los triglicéridos como de los lípidos complejos y pueden esterificar también el colesterol. Los ácidos grasos de interés biológico son ácidos carboxílicos, muy débiles, de número par de átomos de carbono (fundamentalmente entre 4 y 26). Son compuestos muy insolubles en agua y ricos en energía metabólica. Se pueden clasificar en cuatro grupos, según la longitud de su cadena (MATAIX, 2002):

Denominación según longitud cadena	N.º átomos de carbono
Ácidos de cadena corta	4 a 6
Ácidos de cadena media	8 a 12
Ácidos de cadena larga	14 a 18
Ácidos de cadena muy larga	20 o más

Otra clasificación se realiza en función a la ausencia o presencia de uno o más dobles enlaces:

Ácidos grasos saturados: no poseen ningún doble enlace. Proceden principalmente de la grasa animal (mantequilla, queso, carnes, yema de huevo) y de algunos aceites vegetales, coco y palma. El consumo excesivo de grasas saturadas eleva el colesterol y los triglicéridos y es un factor de riesgo cardiovascular (ARANCETA, 2002).

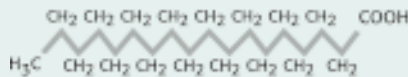
Ácidos grasos insaturados: poseen uno o más dobles enlaces, y se denominan, respectivamente, monoinsaturados y poliinsaturados (algunos de ellos son las consideradas grasas cardiosaludables, y también se han determinado efectos preventivos en ciertas enfermedades inflamatorias y para el cáncer y de la piel).

Monoinsaturados: se encuentran principalmente en el aceite de oliva, frutos secos y semillas.

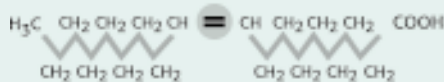
Poliinsaturados: entre los que destacan los omega 6 y los omega 3, estos últimos denominados esenciales porque no pueden ser sintetizados por el organismo. Los omega 6 se encuentran en determinados sebos y en diversos aceites vegetales (maíz, girasol, soja, sésamo) y los omega 3 se encuentran principalmente en el pescado azul (eicosapentaenoico-EPA y docosahexaenoico-DHA), algunos vegetales y alimentos enriquecidos.

Ejemplos de algunos ácidos grasos

Ácido esteárico



Ácido oleico



Ácido linoleico



Ácido α -linolénico



Ácido eicosapentaenoico

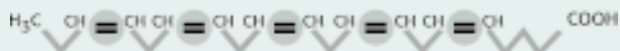


Tabla 1

Fuente: JIMENEZ, J., y col.: "Composición química de los aceites de oliva", en MATAIX, J.: *Aceite de oliva virgen: nuestro patrimonio alimentario*, Madrid, 2001, 118.

GLICEROFOSFOLÍPIDOS Y ESFINGOLÍPIDOS

Son lípidos formados por una molécula de glicerol, dos cadenas de ácidos grasos (iguales o diferentes) y un grupo fosfato. Tienen funciones estructurales y funcionales, formando parte y modulando la actividad de las membranas de las células, pero no tienen importancia a nivel de su aporte nutricional o dietético.

COLESTEROL

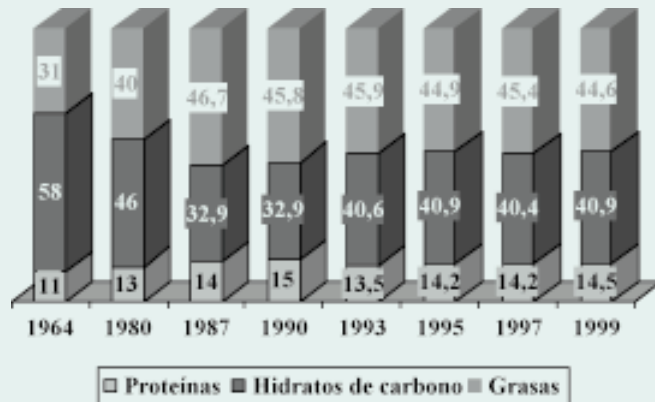
Es un lípido de gran interés biológico, ya que forma parte de las membranas celulares y es el precursor de esteroides hormonales, ácidos biliares y de la vitamina D. A nivel dietético se ingiere en mucha menor cantidad que los triglicéridos, pero en los países desarrollados se suele consumir en exceso.

¿CUÁNTA GRASA PODEMOS CONSUMIR Y DE QUÉ TIPO?

Durante los últimos años se ha producido un desequilibrio en la ingesta de los distintos nutrientes que componen nuestra dieta, aumentando de forma considerable el consumo de grasa y de proteína y disminuyendo el consumo de hidratos de carbono. Existe por este motivo una preocupación por los altos niveles de grasa que integran el porcentaje de nuestra dieta. En el gráfico 1 se muestra la evolución, en porcentaje, del aporte energético de los macronutrientes en la dieta de los españoles (MATAIX, 2002).

Pero, independientemente de la ingesta de grasa, que dietéticamente tendría que ser mucho menor, lo importante es conocer el perfil de grasa que se consume. En la tabla 2 se han incorporado los diferentes tipos de grasa, que tienen interés nutricional, y los porcentajes que deben suponer en la dieta.

Evolución del aporte energético expresado en porcentaje



➔ Gráfico 1

Fuente: MATAIX, J.: "Requerimientos e ingestas recomendadas de ácidos grasos omega 3 y ácido oleico", en MATAIX, J., y GIL, A.: *Libro blanco de los omega 3*, Madrid, 2002, 139.

Objetivos nutricionales

Grasas totales (% energía)	30-35%
Ácidos grasos saturados	7-8%
Ácidos grasos monoinsaturados	15-20%
Ácidos grasos poliinsaturados	5%
Omega 3	2 g α -linolénico
Omega 3	200 mg EPA y DHA
Colesterol	< 300 mg/día

➔ Tabla 2

Fuente: Consenso de la Sociedad Española de Nutrición, 2001: objetivos nutricionales para la población española. En MATAIX, J., y GIL, A.: *Libro blanco de los omega 3*, Madrid, 2002.

Con el fin de poder conocer cuáles son las proporciones de ácidos grasos, y tomando como referencia de la energía total de una dieta 2.300 kcal, el ácido α -linolénico debe representar, más o menos, un 0,8% y el docosahexaenoico (DHA) un 0,08%. Teniendo en cuenta la presencia de otros ácidos grasos ω -3, podría suponer hasta un 1% del total de la energía (MATAIX, 2002).

Los porcentajes, referidos a la energía total, de los distintos ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados serían:

- Oleico (ω -9): 15-20%.
- Linoleico y araquidónico (ω -6): 4%.
- α -linolénico, eicosapentanoico-EPA y docosahexaenoico-DHA (ω -3): 1%.

Los porcentajes de grasa, de proteínas y de hidratos de carbono varían ostensiblemente de unos alimentos a otros. De forma general en el siguiente gráfico se ha representado para dar una idea de los mismos.

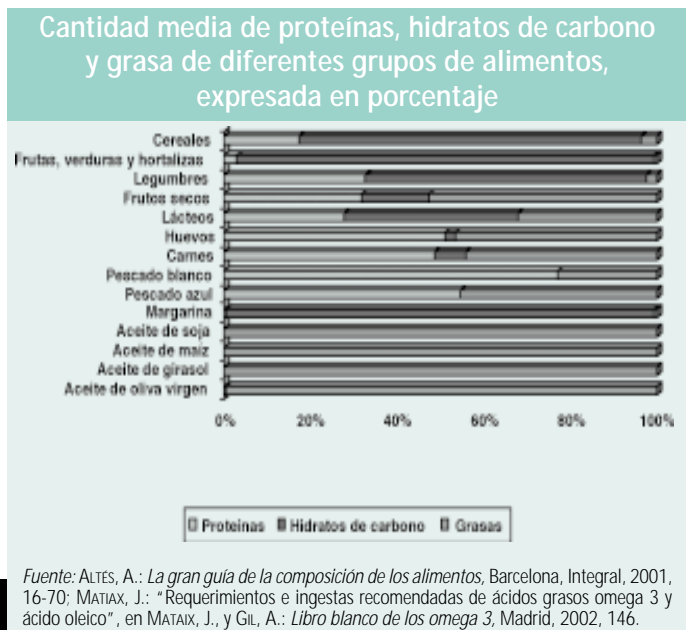


Gráfico 2

ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS Y POLIINSATURADOS

Hoy en día se han demostrado los efectos beneficiosos para la salud de las grasas o aceites que contienen ácidos grasos monoinsaturados o poliinsaturados, son las denominadas de forma genérica grasas saludables, cuyo origen o fuente se especifican a continuación:

Tipo	Fuente
Monoinsaturados (oleico): ω -9	Aceite de oliva virgen
Poliinsaturados: ω -6	Aceite de girasol, maíz y soja
Poliinsaturados: ω -3	Pescado azul

ÁCIDOS GRASOS OMEGA 9

Son ácidos grasos de cadena larga, siendo el más importante el de 18 átomos de carbono y que contiene un doble enlace en el carbono 9, es el ácido oleico, componente mayoritario de los principales aceites vegetales que se consumen, siendo el más característico el aceite de oliva virgen. Este ácido graso, junto con el linoleico, son los que dan la característica a determinados aceites de saludables.

Pero quizás las propiedades hoy mejor estudiadas son los efectos de los principales ácidos grasos de la dieta sobre el metabolismo lipídico. Está totalmente admitido que una dieta rica en ácidos grasos omega 9 tiene un efecto protector sobre las enfermedades cardiovasculares, ya que producen un aumento del colesterol bueno (HDL) y disminuyen la cantidad de colesterol malo (LDL). El efecto también se demuestra sobre el contenido de colesterol total, que disminuye de forma muy ostensible en aquellas dietas que incorporan alimentos ricos en ácidos grasos omega 9 (MATA y col., 2002).

ÁCIDOS GRASOS OMEGA 6

Son ácidos grasos de cadena larga o muy larga que poseen varios dobles enlaces (desde 2 hasta 5), los más importantes son el linoleico y el araquidónico, que poseen, respectivamente, 2 y 4 dobles enlaces.

Se denominan omega 6 porque el primer doble enlace se sitúa en el carbono número 6. Los efectos fisiológicos descritos han sido menores que para los omega 3, aunque en nutrición artificial se han utilizado como suplementación para tratamientos de enfermedades autoinmunes y en trasplante de órganos y en cambio se recomienda un uso restrictivo en tratamientos contra el cáncer (ENTRALA, 2002).

Uno de los parámetros importantes en nutrición es la relación entre la ingesta de ácidos grasos ω -6 y ω -3, que ha de situarse entre 5/1 y 10/1. En la población española la relación está muy descompensada, ya que ingerimos el 50% de la cantidad diaria de ω -3, es decir, aproximadamente 0,5% de la energía total y el consumo de ácidos ω -6 está muy por encima del 4% de la energía total, lo que provoca una situación muy desfavorable a nivel metabólico y, por tanto, también funcional (MATAIX, 2002).

ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3

Al igual que los ácidos omega 6, son ácidos grasos de cadena larga o muy larga con varios dobles enlaces (desde 3 hasta 6), los más importantes son el α -linolénico, el eicosapentaenoico y el docosahexaenoico, estos últimos conocidos normalmente como EPA y DHA. La denominación omega 3 corresponde a que el primer átomo de carbono con un doble enlace es el 3. Se denominan esenciales porque nuestro organismo no los puede sintetizar. También hay que tener en cuenta que aunque el α -linolénico es precursor, tiene 18 átomos de carbono y 3 dobles enlaces, nuestro organismo no puede de forma genérica seguir la ruta de síntesis del EPA (20 átomos de carbono y 5 dobles enlaces) y el DHA (22 átomos de carbono y 6 dobles enlaces) porque carecemos de las enzimas específicas necesarias (elongasas y desaturasas) para poder intervenir en la ruta metabólica de elongación y desaturación.

La primera vez que se determinaron los efectos fisiológicos de los ácidos grasos omega 3 fue cuando se realizó un estudio epidemiológico en el que se comprobó que la población esquimal era la que mayor ingesta de grasa realizaba, pero, en cambio, la incidencia de enfermedades cardiovasculares era prácticamente nula (*v. capítulo 11*). A partir de ese momento comenzaron los estudios nutricionales para determinar qué componentes eran los que protegían a dicha población frente a esta patología, determinándose que eran las grasas del pescado azul y de la foca. Una vez analizadas cualitativa y cuantitativamente se comprobó el alto porcentaje que tenían de ácidos grasos EPA y DHA.

Como ya se ha visto en el anterior apartado, el consumo de ácidos grasos omega 3 es el 50% de las recomendaciones de ingesta diaria, situándose la cifra en el año 2000 en el 0,4% de la energía total, cuando debería ser del 1%. En la tabla 3 se indica la cantidad consumida de ácidos grasos, que puede oscilar sobre los 0,952 g/día. Si partimos de una dieta de 2.300 kcal/día como referencia, la ingesta de omega 3 representa un valor de 0,4% de la energía total, cifra que refleja una carencia nutricional sobre las recomendaciones especificadas.

Consumo de pescado, mariscos, moluscos y crustáceos y ácidos grasos omega 3 en la población española

	kg/pc/año	g/pc/día	AG ω -3/pc/día
Pescado fresco y congelado			
Merluza y pescadilla	5,3	14,52	0,04
Sardinas y boquerones	3,2	8,76	0,20
Lenguado	1,5	4,11	0,004
Salmón	1,0	2,73	0,05
Atún y bonito	0,6	1,64	0,05
Trucha	0,7	1,92	0,02
Bacalao	0,6	1,64	0,004
Otros pescados (a)	5,3	14,52	0,20
<i>Subtotal</i>	<i>18,2</i>	<i>49,86</i>	<i>0,568</i>
Conservas de pescado y marisco			
Sardinas y boquerones	0,3	0,82	0,02
Atún y bonito	2,2	6,02	0,17
Otros pescados y mariscos	1,5	4,11	0,04
<i>Subtotal</i>	<i>18,2</i>	<i>49,86</i>	<i>0,23</i>
Mariscos, moluscos y crustáceos (b)			
Frescos	5,8	15,90	0,10
Cocidos	0,2	0,55	0,004
Congelados	3,1	8,49	0,05
<i>Subtotal</i>	<i>9,1</i>	<i>24,93</i>	<i>0,154</i>
Total	31,3	85,75	0,952



Tabla 3

Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN: *La alimentación en España*, Madrid, 2000. En MATAIX, J., y GIL, A.: *Libro blanco de los omega 3*, Madrid, 2002.

La determinación de los efectos fisiológicos de los ácidos grasos omega 3, disminuyendo el riesgo de padecer determinadas enfermedades como son: cardiovasculares (MATA y col., 2002), inflamatorias (GIL, 2002), de la piel (GIL, 2002) y cáncer (MURIANA, 2002). Pero también son esenciales durante el embarazo, la lactancia y el desarrollo y crecimiento de lactantes, postlactantes y niños (GIL Y GIL, 2002).

A continuación se incluyen, en relación con la prevención de las patologías antes mencionadas o como esenciales en diferentes etapas del desarrollo y crecimiento, varias tablas en las que se han insertado los múltiples beneficios de los ácidos grasos omega 3, bien de forma aislada o en conjunción con los ácidos omega 9.

Efectos sobre la prevención de enfermedades cardiovasculares

Efectos saludables de los ácidos grasos insaturados

Ácidos grasos insaturados	Monoinsaturados Oleico	Poliinsaturados Omega 3
Perfil lipídico favorable	X	X
Reducción en la oxidación de las LDL	X	
Menor activación de las células mononucleares y de la pared vascular	X	
Reducción de la presión arterial	X	X
Aumento de la vasodilatación arterial	X	X
Disminución de la trombosis	X	X
Mejoría del metabolismo de la glucosa en la diabetes	X	
Prevención de la arritmia y muerte súbita		X



Tabla 4

Efectos sobre la prevención de enfermedades inflamatorias y de la piel

El consumo de ácidos grasos omega 3 y de ácido oleico contribuye a:

- ✓ Reducir la sintomatología de enfermedades inflamatorias:
 - Enfermedad de Crohn
 - Enfermedad inflamatoria intestinal
 - Artritis reumatoide
 - Colitis ulcerosa
 - Osteoartritis
 - Asma
 - Neumonía bacteriana y viral
- ✓ Mejorar la función pulmonar
- ✓ Contrarrestar el envejecimiento de los pulmones
- ✓ Proteger al pulmón de enfermedades inflamatorias
- ✓ Menor prevalencia de asma
- ✓ Eczema
- ✓ Psoriasis



Tabla 5

Efectos sobre la prevención del cáncer y contribuyen a reducir sus efectos

Efectos anticancerígenos de los ácidos grasos omega 3:

1. Reducen el crecimiento de células cancerígenas humanas
2. Contribuyen a recuperar el sistema inmune en distintos tipos de cáncer
3. Contribuyen a reducir el riesgo de metástasis
4. Disminuyen la dosis y tiempo de quimioterapia
5. Otros



Tabla 6

Aspectos esenciales durante el embarazo y la lactancia

Efectos saludables de los ácidos grasos poliinsaturados omega 3:

GESTACIÓN

- ✓ Disminuye el riesgo de desarrollar hipertensión asociada al embarazo
- ✓ Esencial para el desarrollo neurológico del feto
- ✓ Esencial para el desarrollo del tejido nervioso del feto en el tercer trimestre

RECIÉN NACIDOS DE BAJO PESO

- ✓ Efectos positivos sobre la maduración sensorial y neurodesarrollo
- ✓ Reparación intestinal que sigue a un estado de malnutrición proteico-energética
- ✓ Mejora el crecimiento
- ✓ Mejora las funciones posturales, motoras y sociales
- ✓ Efectos positivos en el desarrollo mental
- ✓ Mejora la solución de problemas en niños con retraso de crecimiento
- ✓ Mejora el desarrollo psicomotor de los recién nacidos de bajo peso
- ✓ Aumenta el desarrollo de la agudeza visual



Tabla 7

Ingestas recomendadas Ácidos grasos poliinsaturados omega 3

	g/día	% de la energía total
MUJERES		
Normal	1,20	1
Gestante primeros 6 meses.	1,5-2	—
Gestante tercer trimestre ...	2-2,5	—
Lactancia	2-2,5	—
NIÑOS		
Lactantes	—	1
Infancia	—	1



Tabla 8

BIBLIOGRAFÍA

- ALTÉS, A.: *La gran guía de la composición de los alimentos*, Barcelona, Integral, 2001, 16-70.
- ARANCETA, J.: *Hábitos de alimentación y salud*, Madrid, Instituto Omega 3-Puleva Food, 2002.
- CERVERA, P.; CLAPÉS, J., y RIGOLFAS, R.: "Los lípidos o grasas", en CERVERA y cols.: *Alimentación y dietoterapia*, Barcelona, McGraw-Hill-Interamericana España, 1999, 24-29.
- ENTRALA, A., y ARANCETA, J.: "Papel de los ácidos grasos omega 3 y omega 9 en nutrición clínica", en MATAIX, J., y GIL, A.: *Libro blanco de los omega 3*, Madrid, Instituto Omega 3-Puleva Food, 2002, 128-133.
- GIL, A., y GIL, M.: "Funciones de los ácidos grasos poliinsaturados y oleico durante la gestación, la lactancia y la infancia", en MATAIX, J., y GIL, A.: *Libro blanco de los omega 3*, Madrid, Instituto Omega 3-Puleva Food, 2002, 81-96.
- GIL, A.: "Funciones de los ácidos grasos poliinsaturados en la piel, enfermedades de la piel y otras patologías emergentes", en MATAIX, J., y GIL, A.: *Libro blanco de los omega 3*, Madrid, Instituto Omega 3-Puleva Food, 2002, 99-109.
- GRANDE COVIÁN, F.: *Alimentación y nutrición*, Madrid, Ministerio de Sanidad y Consumo, 1984, 12-13.
- JIMÉNEZ, J.; RONDÓN, D.; MARTÍNEZ Y MATAIX, J.: "Composición química de los aceites de oliva", en MATAIX, J. (ed.): *Aceite de oliva virgen: nuestro patrimonio alimentario*, Madrid, Puleva Food, 2001, 118.
- MATA, P.; RODRIGO, A., y MATA, N.: "Los omega 3 y omega 9 en la enfermedad cardiovascular", en MATAIX, J., y GIL, A.: *Libro blanco de los omega 3*, Madrid, Instituto Omega 3-Puleva Food, 2002, 49-63.
- MATAIX, J.; QULES, J. L., y RODRÍGUEZ, J.: "Aporte de grasas", en *Sociedad Española e Nutrición Comunitaria. Guías alimentarias para la población española*, Madrid, 2001, 231-238.
- MATAIX, J.: "Lípidos alimentarios", en MATAIX, J., y GIL, A.: *Libro blanco de los omega 3*, Madrid, Instituto Omega 3-Puleva Food, 2002, 14-32.
- MATAIX, J., y GIL, A.: "Requerimientos e ingestas recomendadas de ácidos grasos omega 3 y ácido oleico", *Libro blanco de los omega 3*, Madrid, Instituto Omega 3-Puleva Food, 2002, 136-151.
- MURIANA, F. J.: "Efectos anticancerígenos de los ácidos grasos omega 3 y oleico", en MATAIX, J., y GIL, A.: *Libro blanco de los omega 3*, Madrid, Instituto Omega 3-Puleva Food, 2002; 111-125.
- SEGOVIA ARANA, J. M.^a: "Salud y docencia en nutrición, enfermedades de la abundancia", en CHARRO, A.; VARELA, G.; CABRERIZO y col.: *La alimentación y la nutrición en el siglo XXI*, Madrid, Fundación de estudios y formación sanitaria, 2001, 27-49.



IV.

Los prebióticos en los alimentos: origen y efectos sobre el organismo humano

Javier Fontecha

Instituto del Frío. Consejo Superior
de Investigaciones Científicas (CSIC)

Se denominan prebióticos a los componentes alimentarios o suplementos de la dieta, basados fundamentalmente en carbohidratos, que no pueden ser digeridos ni absorbidos durante su paso por el estómago o incluso por el intestino delgado, y alcanzan el colon prácticamente intactos, donde serán fuente de energía para un limitado número de microorganismos. Estos microorganismos, denominados probióticos, son principalmente bifidobacterias y lactobacilos (bacterias ácido lácticas) que forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal (TGI) y pueden ejercer un efecto beneficioso para la salud. Los prebióticos son, por tanto, ingredientes alimentarios que permiten modificar selectivamente la composición de la flora intestinal, estimulando el crecimiento y la actividad de microorganismos beneficiosos para la salud humana.

Existen dos posibles estrategias para incrementar el número de estos microorganismos beneficiosos. La primera sería la administración oral de alimentos, preparados alimenticios o incluso cápsulas, que contengan un elevado número de microorganismos probióticos. La segunda sería la incorporación en la dieta de sustancias prebióticas que, como se ha indicado, favorecen el desarrollo de estas bacterias beneficiosas de forma ventajosa frente a otras menos beneficiosas o perjudiciales para la salud, como son los clostridios y enterobacterias, también presentes en el TGI. La utilización de prebióticos parece tener ciertas ventajas frente al empleo de microorganismos probióticos, principalmente debido a que estos últimos están limitados a su utilización principalmente en productos frescos, donde se requiere una cuidadosa atención a los aspectos tecnológicos para permitir que se mantengan en niveles suficientemente elevados.

Además, estos microorganismos deben sobrevivir al tránsito por las hostiles condiciones del estómago y por último, deben adaptarse y colonizar el nuevo entorno. Los compuestos prebióticos, sin embargo, se dirigen de forma específica a servir de sustrato fermentable a bacterias probióticas ya establecidas, lo que favorecerá su rápido desarrollo y el consiguiente aumento de su actividad metabólica, lo cual favorece la salud humana. Existen además productos denominados simbióticos, en los cuales se combinan probióticos y prebióticos, lo que se ha descrito como de gran interés ya que el desarrollo de las bacterias probióticas se ve favorecido por la cercanía del sustrato específico (GIBSON y ROBERFROID, 1995).

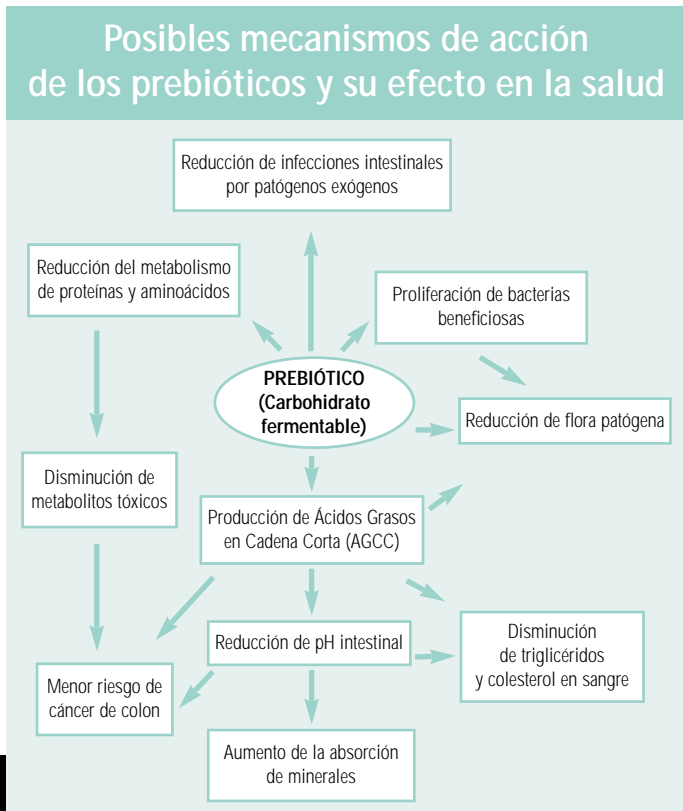
La mucosa gastrointestinal está muy replegada y provista de millones de vellosidades, cuyas prolongaciones digitiformes le confieren una superficie de 150 a 200 m², muy grande si se compara con la superficie de la piel de nuestro organismo que alcanza los 2 m². Esta forma y superficie favorece la adhesión y colonización de un elevado número de microorganismos, que en un adulto pueden superar las 10¹⁴ células microbianas por gramo de contenido intestinal (LUCKEY y FLOCH, 1972). Esto le confiere un inmenso potencial metabólico, por lo que se ha sugerido que el TGI posee efectos regulatorios sobre multitud de funciones corporales. Es especialmente reseñable que en el colon es donde se encuentra la mayor concentración de estas bacterias (del orden de 10¹¹), donde coexisten más de 400 especies diferentes que juegan un importante papel en el mantenimiento de un sistema gastrointestinal estable (HOLZAPFEL y SCHILLINGER, 2002).

La diversidad de la flora presente en el TGI se debe a la gran variedad de fuentes de carbono de las que disponen para su crecimiento y está determinada tanto por factores genéticos como por otros factores como la dieta y el estado fisiológico del huésped. El TGI representa por tanto, un ecosistema de elevada complejidad, y aunque las investigaciones realizadas en los últimos años son muy numerosas, nuestros conocimientos sobre las interacciones que tienen lugar entre las distintas especies microbianas son todavía muy limitados.

TIPOS DE PREBIÓTICOS Y SU EFECTO SOBRE LA FLORA DEL TGI

Aunque algunos péptidos, proteínas y ciertos lípidos pueden ser considerados prebióticos potenciales, los carbohidratos no digeribles son los principales sustratos para el desarrollo de las bacterias que colo-

nizan el TGI. La cantidad de estos carbohidratos que llegan al colon es muy variable, alcanzando cantidades de entre 10 a 60 g/día, que son utilizados por los géneros bacterianos dominantes como las bifidobacterias y los lactobacilos para su fermentación. Este proceso da lugar a la formación de productos como ácidos grasos de cadena corta (AGCC) (principalmente ácido butírico) y otros compuestos derivados que parecen afectar diversas rutas del metabolismo, lo que se postula podría promover ciertos aspectos beneficiosos para la salud humana (figura 1).



➔ Figura 1

Hasta este momento, la mayoría de los ingredientes alimentarios considerados como prebióticos que se producen de forma comercial, son carbohidratos que engloban desde pequeños restos azucarados como los disacáridos, hasta oligosacáridos y grandes polisacáridos. Aunque su estructura química es

muy diferente, se ha descrito que todos ellos promueven la proliferación selectiva de bifidobacterias en el colon. Es por ello que también se les denomina compuestos bifidogénicos o con efecto bifido. Las bifidobacterias parecen poseer un amplio grupo de enzimas que hidrolizan los enlaces glicosídicos (glicosidasas) lo que las hace nutricionalmente muy versátiles y les permite adaptarse a ambientes y condiciones muy diferentes. Así, es interesante la propiedad de las bifidobacterias a desarrollarse más rápidamente en un medio con un prebiótico (fructo-oligosacárido), que con glucosa, lo que les confiere cierta ventaja frente a otras especies, que utilizan glucosa casi exclusivamente.

DISACÁRIDOS

Tanto la lactulosa (derivado de la lactosa) como el lactitol, son los principales componentes estudiados de este grupo. No se degradan ni se absorben en el intestino delgado por lo que pueden alcanzar el colon y ser fermentados por la flora intestinal. Causan el aumento selectivo de bifidobacterias, lactobacilos y estreptococos y se relacionan con la disminución de la población de bacteroides, clostridios y coliformes. Su ingesta produce además incrementos importantes en la producción de AGCC, principalmente acético y láctico, con la consecuente disminución de pH y de microorganismos potencialmente patógenos. Estos resultados han reforzado su consideración como compuestos prebióticos y aunque ambos actúan de forma similar, la lactulosa parece afectar de forma más rápida y profunda a la microflora (BALLONGE *et al.*, 1997).

OLIGOSACÁRIDOS

El desarrollo de estos compuestos como ingredientes alimentarios se ha desarrollado en los últimos 20 años como consecuencia de las ventajas de su bajo poder calórico y bajo efecto en la formación de caries, por lo que se han utilizado como sustitutos de la sacarosa. Algunos de estos productos inducen cambios beneficiosos en la composición de la flora del TGI aunque los utilizados para aplicaciones alimentarias no son químicamente homogéneos, por lo que no todos ellos producen los mismos efectos.

No obstante, los fructo-oligosacáridos (FOS), transgalactosil-oligosacáridos (TOS) y los oligosacáridos obtenidos de la soja, se encuentran con documentada evidencia de su efectos como prebióticos en humanos.

Los más utilizados son los FOS, denominados familiarmente oligofructosas, y que se encuentran en relativamente altas concentraciones en las alcachofas, ajos, cebollas, espárragos y achicoria (GIBSON y ROBERFROID, 1995). Pueden ser sintetizados a partir moléculas del disacárido sacarosa, utilizando la enzima transfructosilasa, lo que da lugar a una mezcla de oligosacáridos con una glucosa terminal unida a dos o cuatro unidades de fructosa [tipo Glu-Fru(n)]. También pueden ser obtenidos a partir de la hidrólisis del polisacárido inulina, dando lugar a una mezcla de oligosacáridos sin presencia de glucosa [tipo Fru-Fru(n)] (CAMPBELL *et al.*, 1997). Ambas oligofructosas han sido ensayadas tanto *in vitro* como *in vivo*, demostrando que pueden ser fermentadas por la microflora del colon humano. Consumos de 8g/día durante una semana, producen incrementos significativos de bifidobacterias y se han detectado aumentos apreciables de los niveles de AGCC (ROBERFROID *et al.*, 1998).

Los TOS pueden producirse a partir de la unión de moléculas de lactosa mediante la actividad transgalactosilasa de la enzima β -galactosidasa, lo que da lugar a una mezcla de oligosacásidos donde los mas comunes son los que contienen una glucosa terminal unida a dos o cinco unidades de galactosa [tipo Glu-Gal(n)]. Al igual que los anteriores oligosacáridos, los TOS no se hidrolizan en el intestino delgado y, sin embargo, son fermentados de forma rápida por las bifidobacterias del colon, lo que promueve su propia proliferación cuando se suministran en la dieta en cantidades de 10 g/día durante una semana (ROWLAND y TANAKA, 1993).

Los oligosacáridos de soja están constituidos principalmente por el trisacárido rafinosa (Gal-Glu-Fru) y son obtenidos por extracción directa de la semilla sin necesidad de utilizar procesos enzimáticos adicionales. Se han considerado como bifidogénicos ya que el consumo humano de 10 g/día de estos oligosacáridos incrementa significativamente el nivel de bifidobacterias.

Nuevos oligosacáridos continúan apareciendo al mercado que son descritos por sus características bifidogénicas demostradas tanto *in vitro* como en animales de experimentación. No obstante, antes de alcanzar su clasificación como prebióticos se considera necesario la realización de muchas más inves-

tigaciones, con vistas a confirmar la selectividad de todos estos compuestos en la proliferación de bifidobacterias en humanos.

POLISACÁRIDOS

El más representativo de los polisacáridos utilizados en la industria alimentaria es la inulina. Se obtiene de la achicoria y tiene la estructura química [Glu-Fru (n)] con una gran heterogeneidad en cuanto a la longitud de cadena que puede ir desde 3 hasta 60 moléculas de fructosa. Se ha utilizado como sustituto de la grasa. Al igual que los anteriores compuestos, ni se hidroliza ni se absorbe en el intestino delgado y se ha demostrado su acción como prebiótico, aunque debido a su gran tamaño parece que su fermentación por los microorganismos probióticos se produce de forma más lenta (ROBERFROID *et al.*, 1998). Se han realizado estudios en pacientes humanos demostrando aumentos en flora de bifidobacterias y disminución de enterobacterias cuando se suministraron dosis de 20 e incluso 40 g/día.

ALMIDONES RESISTENTES

Existe otro grupo de compuestos que parecen promover la proliferación de bifidobacterias que son los almidones denominados "resistentes" a la digestión y absorción intestinal. Este grupo de almidones son la mayor fuente de carbohidratos fermentables de las bacterias del colon (CUMMINGS y MACFARLANE, 1997). Se pueden clasificar en cuatro grupos dependiendo de su origen y estructura:

Tipo I son los gránulos de almidón enteros o parcialmente triturados. Tipo II son los gránulos de almidón de la patata, banana y maíz. Tipo III son los almidones obtenidos durante el proceso de formación y los de tipo IV son los químicamente modificados mediante reacciones de entrecruzamiento o esterificación.

Aunque estos compuestos se ha comprobado que actúan como factores bifidogénicos en animales de experimentación, su función no ha sido completamente definida en seres humanos.

EFFECTOS EN LA SALUD

Cada vez más estudios confirman que el mantenimiento de la microflora intestinal beneficiosa (probióticos) contribuye a protegernos de microorganismos patógenos, ya que impiden su establecimiento en el intestino, principalmente por su efecto reductor del pH. Este efecto se denomina "resistencia a la colonización" o "efecto barrera". El hecho de que compuestos prebióticos puedan estimular su crecimiento y por tanto modificar la composición de la microflora del TGI es de gran importancia para obtener estos resultados. Conviene además resaltar la influencia que estos compuestos tienen sobre la actividad metabólica de los microorganismos probióticos, con la consiguiente producción de sustancias beneficiosas para la salud. Un ejemplo claro es la formación de AGCC a partir de la fermentación de los prebióticos y su impacto tanto sobre algunas rutas metabólicas como en la inhibición del establecimiento de algunos de los patógenos como *salmonella*. Es por ello que últimamente se están llevando a cabo investigaciones que comparan la acción de distintos prebióticos metabolizados por la flora intestinal determinando la producción de AGCC.

El TGI de los recién nacidos en sus primeros días, esta colonizado por lactobacilos pero también por bacterias coliformes y enterococos. En los bebés alimentados con leche materna, las bifidobacterias colonizan rápidamente, convirtiéndose en la flora dominante, debido a que entre sus nutrientes se encuentran oligosacáridos que se piensa inducen a la flora bifidogénica. Esto se ha comprobado al observar que a recién nacidos alimentados con leche maternizada, el establecimiento normal de la microflora sólo se alcanza cuando a las fórmulas infantiles se adiciona un prebiótico como lactulosa (HAMBURGER *et al.*, 1997).

Recientemente muchos estudios han puesto de manifiesto que la microflora intestinal desarrolla un importante papel a nivel de actividades bioquímicas y metabólicas que reducen el nivel de ciertos factores de riesgo relacionados con el cáncer de colon. Entre los factores de riesgo cabe destacar algunas actividades enzimáticas (β -glucuronidasa, nitrato reductasa, etc.) realizadas por bacterias intestinales como bacteroides y clostridios, mientras que las bacterias probióticas (bifidobacterias y lactobacilos) se asocian con bajos niveles de las citadas actividades enzimáticas. Por otra parte, el metabolismo de proteínas y aminoácidos en el colon, por la microflora intestinal, da lugar a la producción de compuestos de cierta toxicidad como fenol, indol y amonio. Esta producción se ve inhibida si se dispone en el medio

de carbohidratos fermentables como los prebióticos lactulosa o FOS. Distintos experimentos realizados con animales de experimentación, han puesto de manifiesto una menor incidencia de cáncer de colon cuando fueron tratados con inulina. Esta reducción tuvo incluso mayores efectos cuando el tratamiento se realizaba administrando un simbiótico compuesto, además de por el prebiótico inulina, por *bifidobacterium longum* (CHALLA *et al.*, 1997).

Otro efecto relacionado con la ingesta de compuestos prebióticos es la reducción de concentraciones de lípidos en sangre, concretamente de triglicéridos, tras el tratamiento con FOS o con rafinosa. Otros estudios, en los que también se adicionan los prebióticos FOS, TOS y rafinosa a la dieta de animales, parecen reducir de forma importante los niveles de colesterol (TORTUERO *et al.*, 1997). No obstante, aunque el uso de inulina parece sugerir un efecto positivo en la modulación del metabolismo lipídico, cuando se utilizan diferentes prebióticos en voluntarios humanos, se han obtenido resultados contradictorios que no permiten una confirmación generalizada.

La incorporación de prebióticos en la dieta de animales se ha relacionado también con un incremento en la masa ósea por lo que se ha indicado que pueden tener acción en la prevención de la osteoporosis (OHTA *et al.*, 1998). Aunque su mecanismo de acción no es del todo claro, todos los prebióticos ensayados en ratas, parecen estar implicados en un aumento de la absorción de minerales como calcio, magnesio, hierro y zinc, quizá como consecuencia de que la reducción del pH causada por el crecimiento de la microflora, incide en una mayor solubilidad de estos minerales en el intestino. No obstante, este efecto que tan claramente se produce en los animales, no parece ser trasladable a los estudios realizados en humanos, ya que no se observaron mayores absorciones de estos minerales cuando se estudiaron ingestas de 15 g/día de FOS y TOS. Solo cuando se administraron dosis más elevadas de algunos prebióticos como inulina (40 g/día) parece que mejoraba la absorción de calcio, pero no se observaron efectos similares en los otros minerales.

CONCLUSIONES

La dieta debe ocupar el centro de atención de aquellas personas cuyo objetivo sea el mantenimiento de una vida más saludable. Aunque todavía no es del todo entendida la compleja relación entre la ali-

mentación y la salud, si es bien conocido que una alimentación deficiente o desequilibrada provoca la aparición temprana de enfermedades crónicas como son los desórdenes gastrointestinales, enfermedades cardiovasculares, cáncer, osteoporosis, etc. Las investigaciones realizadas hasta el momento, parecen poner de manifiesto que la incorporación en la dieta de compuestos prebióticos incide en el aumento del número de bifidobacterias en el colon humano. No obstante, el mecanismo por el que se produce este efecto no se encuentra todavía del todo claro. Los prebióticos presentan entre sus efectos más reconocidos el de conseguir un mantenimiento de la microflora intestinal beneficiosa y/o el restablecimiento de la misma, después de los efectos causados por tratamientos con antibióticos. En este último caso, la administración de prebióticos y sus efectos de restauración de la flora, parecen encontrarse en clara ventaja frente a la administración de microorganismos probióticos, debido a la propia sensibilidad de los mismos a los efectos de los antibióticos.

Hasta el momento actual, los conocimientos existentes del efecto de los compuestos prebióticos en la salud humana son todavía muy escasos. Las investigaciones realizadas, principalmente en animales de experimentación, permiten en muchos casos especular sobre los posibles efectos de estos compuestos en la microecología del tracto gastrointestinal humano, aunque se desconoce su modo de acción. En un futuro cercano esperamos conocer con mayor detalle como los prebióticos producen los cambios tanto en el balance, composición y actividad metabólica de la flora intestinal y como estos cambios afectan a la salud humana.

BIBLIOGRAFÍA

- BALLONGE, J.; SCHUMANN, C., y QUIGNON, P. (1997): "Effects of lactulose and lactitol on colonic microflora and enzymatic activity", *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 222, 41-44.
- CAMPBELL, J. M.; FAHEY, G. C., y WOLF, B. W. (1997): "Selected indigestible oligosacarides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, pH and microflora in rats", *Journal of Nutrition*, 127, 130-136.
- CHALLA, A.; RAO, D. R., CHAWAN, C. B., y SHACKELFORD, L. (1997): "Bifidobacterium longum and lactulose suppress azoxymethane-induced colonic aberrant crypt foci in rats", *Carcinogenesis*, 18, 517-521.
- CUMMINGS, J. H., y MACFARLANE, G. T. (1997): "Colonic microflora: Nutrition and Health", *Nutrition*, 13, 476-478.
- GIBSON, G. R., y ROBERFROID, M. B. (1995): "Dietary modulation of human colony microbiota-introducing the concept of prebiotics", *Journal of Nutrition*, 125, 1401-1412.

- HAMBURGER, R. N.; CLEMENS, R. A., y BROWN, C. (1997): "The roles of probiotics and prebiotics in infants" pages 159-172", en *Neonatal hematology and immunology III*. Ed. J. A. Bellanti, Elsevier science, Amsterdam.
- HOLZAPFEL, W. H., y SCHILLINGER, U. (2002): "Introduction to pre- and probiotics", *Food Research International*, 35, 109-116.
- LUCKEY, T. D., y FLOCH, M. H. (1972): "Introduction to intestinal microecology", *American Journal of Clinical Nutrition*, 25, 1291-1295.
- OHTA, A.; OHTSUKI, M.; HOSONO, A.; ADACHI, T.; HARA, H., y SAKATA, T. (1998): "Dietary fructooligosaccharides prevent osteopenia after gastrectomy in rats", *Journal of Nutrition*, 128, 106-110.
- ROBERFROID, M. B., VAN LOO, J. A. E., y GIBSON, G. R. (1998): "The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products", *Journal of Nutrition*, 128, 11-19.
- ROWLAND, I. R., y TANAKA, R. (1993): "The effects of transgalactosylated oligosaccharides on gut flora metabolism in rats associated with a human faecal microflora", *Journal Applied Bacteriology*, 74, 667-674.
- TANNOCK, G. W. (1999): *Probiotics: A critical Review*. Horizon Scientific Press, Wymondhan, U.K.
- TORTUERO, F.; FERNÁNDEZ, E.; RUPÉREZ, P., y MORENO, M. (1997): "Raffinose and acid lactic bacteria influence caecal fermentation and serum cholesterol in rats", *Nutrition Research*, 17, 41-49.

V. Los alimentos probióticos

Carlos de Arpe Muñoz

Universidad Complutense de Madrid.
Miembro Comité Científico de la SEDCA

En el complejo mundo industrial y comercial de los alimentos funcionales, los alimentos probióticos basan su oferta salutífera en la presencia de microorganismos vivos. Dentro de este campo son sin duda las leches fermentadas las que ocupan el lugar predominante, y a ellas nos vamos a referir.

LA DEFINICIÓN DE PROBIÓTICO

Se entiende por alimento **probiótico** aquel que contiene microorganismos vivos, bacterias, con efectos que se pretenden beneficiosos, en concreto para la flora intestinal, y en general para la salud. Otros autores definen los probióticos como “suplementos alimentarios microbianos vivos, que afectan de manera ventajosa al animal huésped, mejorando su equilibrio microbiano intestinal”.

Dentro de este concepto estarían comprendidos productos como el yogur y otros lácteos fermentados con diferentes y diversos microorganismos, que además permanecen vivos en el alimento. Es necesario no confundir el concepto “**probiótico**” con el término “**prebiótico**”; refiriéndose este último a ingredientes alimentarios que tienen la capacidad de servir de sustrato para la reproducción y actividad de las bacterias comunes de la flora intestinal, o de otros microorganismos supuestamente beneficiosos incluidos en los alimentos. En este caso el ejemplo más claro es el de la fibra alimentaria y los oligosacáridos.

LOS MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS

Citamos a continuación los microorganismos que más comúnmente se citan como probióticos en la publicidad de los alimentos, y que se incluyen en varios o en algunos de los productos a la venta:

- *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus termophilus*

Son los microorganismos utilizados en la fermentación del yogur, y los que confieren a este producto sus características propias. Entre los múltiples efectos que atribuye actualmente la industria al yogur, sobre la base de la presencia de estas bacterias, están el mantenimiento de la flora gastrointestinal, la prevención de la diarrea infantil y del viajero, la mejora de los procesos diarreicos, la mejora del estreñimiento, la actividad antitumoral y la prevención del cáncer de colon. En el apartado "efectos reales", analizaremos estas afirmaciones.

- *Bifidobacterium bifidum* (a veces aparece como *Lactobacillus bifidum*)

Se trata de bacterias lácticas que se utilizan en la fabricación de productos lácteos fermentados, generalmente denominados con las palabras "bio", "bifidus", etc.

Suelen ir acompañadas por las bacterias clásicas del yogur, anteriormente mencionadas, aunque al producto se le atribuyen propiedades diferentes o complementarias debidas a la presencia de bifidus.

Las bifidobacterias forman parte habitual de la flora intestinal humana y de otros animales, y al parecer su número decrece con la edad. Son capaces de realizar la fermentación de la Lactosa (azúcar natural de la leche) sin presencia de oxígeno y como resultado producen ácido láctico y ácido acético.

Entre los efectos que la publicidad atribuye a los lácteos con bifidus están la regulación del tiempo de tránsito intestinal, combatiendo el estreñimiento, el equilibrado de la flora intestinal, previniendo la

infección por bacterias patógenas y, en general, la afirmación de que los bifidus aumentan las defensas inmunitarias del organismo.

Otras bifidobacterias de interés probiótico son el *Bifidobacterium longum* y el *B. breve*.

- *Lactobacillus casei*

Se trata de otro microorganismo que de forma natural se encuentra en leches, vegetales y carnes fermentadas. También puede encontrarse en la boca, el intestino y en el entorno. Su nombre, "casei", proviene del queso, pues en este alimento es frecuente.

La oferta de la industria alimentaria lo incorpora en algunos lácteos fermentados (Actimel), en los que también viene acompañado por las bacterias clásicas del yogur.

Sobre todo se publicitan efectos de mejora de la inmunidad.

- *Lactobacillus acidophilus*

Otro microorganismo común en los productos fermentados, que ha sido incorporado por la industria a la oferta de los lácteos fermentados (LC1). En la publicidad se le atribuyen básicamente efectos de mejora de las defensas.

- *Lactobacillus reuteri*

Aunque esta bacteria es conocida desde principios del siglo XX, la investigación de sus posibles efectos probióticos y saludables es reciente. Está presente en la leche materna y se estudian posibles efectos de estimulación de las defensas inmunitarias.

También se atribuye a la misma capacidad para inhibir la multiplicación de bacterias patógenas, como la *salmonella*, la *shigella* o el *campilobacter*, entre otras.

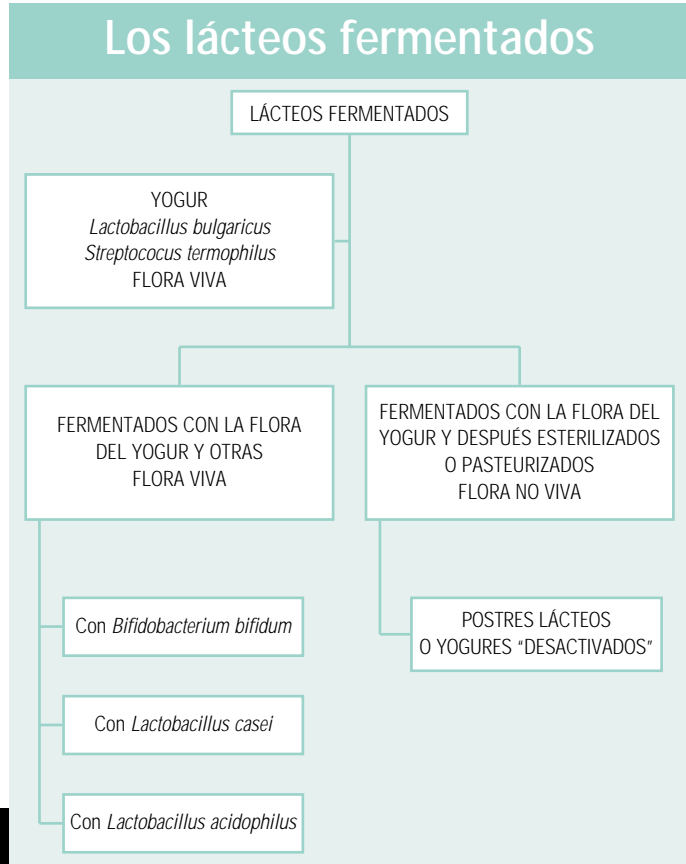


Gráfico 1

EFFECTOS REALES DE LOS PROBIÓTICOS

Diferentes pueblos y culturas, en distintas áreas geográficas, han conocido y utilizado desde la antigüedad los lácteos fermentados. Ya en el siglo XI se encuentran menciones escritas del yogur con tal nombre, aunque sin duda el uso de los lácteos fermentados es mucho más antiguo.

La fermentación con bacterias lácticas no sólo confería nuevas, y al parecer agradables, características de sabor y textura a la leche, sino que además incrementaba ligeramente su capacidad de conserva-

ción, haciendo también que la acidificación del producto, originada por el ácido láctico formado, dificultara la proliferación en el alimento de algunos gérmenes potencialmente patógenos.

Desde un punto de vista científico, es perfectamente lógico que una vez que se ha logrado el conocimiento fundamental sobre las necesidades, funciones y propiedades de los nutrientes presentes en los alimentos, el campo de investigación se desplace hacia nuevos aspectos, tales como las propiedades de los compuestos no nutritivos de los alimentos, o los efectos de los microorganismos vivos presentes en los mismos.

Admitiendo de antemano el gran valor e interés de este campo, no debe escapárseos el hecho de que el excesivo crecimiento del número y de la intensidad de las proclamas de salud que, sobre algunos alimentos, lanzan los medios de comunicación y la publicidad, ha de estar por fuerza influenciado por los intereses y la presión de la industria para dar una ventaja de mercado a sus productos.

Por otra parte, al mercado de los lácteos fermentados con bacterias vivas se unió, en épocas más recientes, la aparición de lácteos fermentados que, a pesar de haber sido elaborados con iguales o similares bacterias, ya no conservan microorganismos vivos por haber sido tratados térmicamente tras la fermentación. Esto les proporcionaba una gran ventaja de mercado: no precisar refrigeración y un mayor tiempo de conservación.

Lógicamente, ésta no era una “buena noticia” para las empresas que basaban su oferta en los lácteos con bacterias vivas. Como añadido, la legislación española no permitía que los lácteos fermentados tratados térmicamente, y ya sin bacterias vivas, utilizaran el nombre de “yogur”, aunque hubieran sido producidos mediante las mismas bacterias que éste, con lo cual estos productos generalmente se presentaban con la denominación de **postres lácteos**, que no era del agrado de los fabricantes, interesados en denominarlos yogur (la norma actual permitiría llamarlos yogures desactivados) .

Estos hechos originaron una fuerte polémica sobre la conveniencia o no de modificar la norma y, lógicamente, una gran actividad de las empresas fabricantes de cada tipo de lácteo para promocionar las ventajas de su producto y minimizar las propiedades de su contrario.

Por supuesto, los fabricantes de yogures “clásicos”, con bacterias, vivas estaban muy interesados en demostrar las ventajas de su producto (lo que sólo podían hacer demostrando o magnificando las propiedades de las bacterias).

Coincidiendo con estos acontecimientos, en los últimos años hemos podido observar en los medios de comunicación un notable incremento del número e intensidad de las afirmaciones sobre propiedades salutíferas del yogur con microorganismos vivos; alegando efectos, a mi juicio, no suficientemente confirmados por la investigación.

Por otra parte, la flora intestinal humana está formada por más de 400 especies distintas de microorganismos bacterianos, de compleja relación, actividad y equilibrio, y evaluar los efectos que tenga la ingestión de diferentes bacterias probióticas es complejo.

La familia de las bacterias lácticas es muy amplia, cada especie tiene propiedades diferentes, y también distintas cepas dentro de una especie pueden presentar características particulares. Además, la flora bacteriana natural de los seres humanos está determinada no sólo por factores ambientales (alimentación, etc.), sino también por factores genéticos raciales e individuales. Esto quiere decir que no es igual en todos los individuos, lo que complica aun más posibles determinaciones y generalizaciones de los efectos de la ingestión de otras bacterias.

EL VALOR NUTRICIONAL

No debemos olvidar que estamos hablando de alimentos, y que por lo tanto a la hora de juzgar un lácteo fermentado la primera consideración debe ser su valor nutricional, tenga o no microorganismos vivos.

Los productos lácteos fermentados, tanto los que contienen microorganismos vivos como los que han sido tratados térmicamente, asemejan mucho su composición nutricional a la de la leche de la cual provienen. En consecuencia, son una fuente importante de proteínas de alto valor biológico, es decir, ricas en aminoácidos esenciales.

En este último dato coinciden con la leche corriente, pero además los lácteos fermentados presentan alguna característica añadida. La misma fermentación da lugar a una ruptura parcial de las cadenas proteicas (proteolisis), originando un aumento de los fragmentos de proteína (péptidos y polipéptidos), e incluso de aminoácidos libres. Además, la acidificación producida por el ácido láctico formado, conduce a la desnaturalización y coagulación de la proteína. Estos cambios repercuten en un aumento de la biodisponibilidad de proteína e incrementan la digestibilidad y rendimiento asimilativo de la misma.

Incluso en algunos casos, la concentración de proteína es superior en los lácteos fermentados al haberse añadido en el proceso industrial leche en polvo.

El aporte de grasa es ya moderado en la leche entera corriente, pero además se reduce en los lácteos fermentados (excepto en dos o tres variedades especialmente grasas, como el yogur búlgaro y, sobre todo, el griego), debido al hecho de que incluso los comercializados como "enteros" son parcialmente desnatados. Un yogur entero de tipo medio no suele superar el 2,5% de grasa, mientras que la leche se aproxima al 3,5%. Como ocurría con las proteínas, la fermentación da lugar a una moderada producción de ácidos grasos libres procedentes de la grasa, que hace el producto de más fácil digestión.

El hidrato de carbono natural de la leche es la Lactosa. Este disacárido debido a la fermentación se escinde en dos hidratos de carbono simples, la galactosa y la glucosa. A su vez, la glucosa se transforma en ácido láctico, quedando así reducida la presencia de lactosa en los lácteos fermentados.

Este hecho era una ventaja de los fermentados tradicionales para las personas que presentan intolerancia a la lactosa. Sin embargo, en los lácteos fermentados actuales, muchas veces se añade leche en polvo durante el proceso industrial, lo cual incrementa el contenido de lactosa, y hace que no siempre la ventaja a la que hemos aludido sea real.

Sin embargo, las bacterias del yogur disponen de enzimas que, como las Beta-Galactosidasas, pueden contribuir a la degradación y digestión de la lactosa.

Los distintos microorganismos utilizados producirán diferentes variaciones respecto al contenido vitamínico original de la leche. En general se produce un incremento de las vitaminas del grupo B, a excep-

ción de la vitamina B12. En definitiva, los lácteos fermentados suponen un aporte significativo de tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ácido fólico y cianocobalamina (vitaminas del grupo B), así como de vitamina D y vitamina A.

El calcio es, por excelencia, el mineral característico de la leche corriente, y por tanto de los lácteos fermentados. Un solo lácteo fermentado de presentación y tamaño corrientes puede llegar a cubrir el 25% de las necesidades diarias de calcio de un adulto.

En consecuencia, los lácteos fermentados son alimentos de gran valor nutritivo y que no deben faltar en nuestra alimentación; y este hecho es independiente de que contengan o no bacterias vivas o de que posean o no efectos funcionales.

LÁCTEOS PROBIÓTICOS: EFECTOS ATRIBUIDOS POR LA PUBLICIDAD

- PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LAS DIARREAS E INFECCIONES INTESTINALES
- MEJORA Y EQUILIBRIO DE LA FLORA INTESTINAL
- COMBATIR EL ESTREÑIMIENTO Y DISMINUIR EL TIEMPO DE TRÁNSITO INTESTINAL
- EFECTOS ANTITUMORALES
- POTENCIACIÓN DEL SISTEMA INMUNITARIO
- AUMENTO GENERAL DE LAS DEFENSAS
- MEJORA DE LA DIGESTION DE LA LACTOSA

VALOR FUNCIONAL Y PROBIÓTICO

A principios del siglo XX, uno de los “padres” de la inmunología, el biólogo Metchnikoff, defendió la teoría de que el yogur aumentaba la longevidad. Este científico había observado que determinadas poblaciones del Cáucaso alcanzaban edades muy avanzadas, siendo además grandes consumidores de yogur.

Metchnikoff propuso la hipótesis de que las bacterias fermentativas del yogur eran las responsables de este efecto, al ser capaces de asentarse en el intestino, ejerciendo un efecto inhibitor y protector frente a los metabolitos o sustancias de desecho tóxicas producidas por bacterias “putrefactivas” presentes en el intestino.

En consecuencia, propuso un alto consumo de yogur como factor preventivo y salutar. Como vemos, pues, la idea de los lácteos funcionales o probióticos no es para nada nueva. De hecho, muchas de las explicaciones que actualmente se utilizan para justificar el efecto de los probióticos están en la misma línea de razonamiento que utilizó Metchnikoff.

Por ejemplo, en la actualidad se están investigando las **bacteriocinas**; éstas son péptidos de bajo peso molecular (trozos de proteínas) que producen algunas bacterias, entre ellas los microorganismos lácticos. Estos péptidos son utilizados por los microorganismos que los segregan como antibióticos, para combatir a otras bacterias competidoras.

Se han encontrado más de 80 tipos de bacteriocinas producidos por microorganismos lácteos, y algunas de estas sustancias han demostrado ser capaces de inhibir la multiplicación e incluso destruir cepas de bacterias patógenas del género *Clostridium* y del género *Staphylococcus*.

Ésta podría ser una posible explicación de los efectos antiinfección que se atribuyen a las bacterias probióticas, siempre y cuando éstas lleguen vivas al intestino grueso para producir *in situ* las bacteriocinas, pues es lógico suponer que las bacteriocinas ya presentes en el alimento, al ser proteínas, serían degradadas en el tránsito gastrointestinal, perdiendo sus propiedades.

A pesar de lo anterior, las afirmaciones del biólogo ruso encontraron poca confirmación en los años y décadas posteriores, al comprobarse que el ***Lactobacillus bulgaricus*** y el ***Streptococcus thermophilus***, las bacterias del **yogur**, tenían escasa capacidad para resistir el paso de la barrera gástrica e intestinal y llegar vivos al colon. Trabajos de investigación bastante recientes confirman esta “mortalidad” de las bacterias del yogur y, además, muestran que estas dos bacterias lácticas no forman parte habitual ni natural de la flora intestinal humana.

Como las afirmaciones del valor funcional de los lácteos fermentados se basan precisamente en la presencia de las bacterias vivas, es evidente que el primer requisito que deberíamos pedir para que tal efecto sea factible es que dichos microorganismos lleguen vivos al intestino grueso y, además, que sean capaces de colonizarlo, reproduciéndose y estableciéndose en el mismo.

La investigación moderna ha proporcionado técnicas como la TNO, que reproduce las condiciones microambientales del estómago, del duodeno, yeyuno e íleon. Estos trabajos han confirmado la escasa capacidad de las bacterias clásicas del yogur para sobrevivir al tránsito del estómago y del intestino, por lo menos en una cantidad significativa.

Sin embargo, entre los efectos beneficiosos y numerosos que los fabricantes hoy achacan al yogur está el de contribuir al mantenimiento de la flora intestinal, la prevención de las diarreas por infección y el acortamiento de los procesos diarreicos que ya se han producido.

No decimos que alguno de estos efectos no pueda ser cierto, pero sí que es muy difícil, por no decir imposible, basar su veracidad en la presencia de las bacterias del yogur vivas. Por otra parte, los trabajos que han intentado averiguar los efectos aludidos del yogur, presentan muchas veces resultados contradictorios y poco claros. Por lo tanto, podemos concluir, que en la actualidad no hay datos suficientes que demuestren científicamente la veracidad de estas afirmaciones relativas al yogur.

La afirmación de que el yogur "incrementa las defensas del organismo" es otra de las habituales propuestas de la industria. Así, se alega un efecto inmunomodulador o de estimulación de la respuesta inmune. Por otra parte, y como anteriormente hemos descrito, éste es uno de los efectos más habituales propuestos también para las restantes bacterias probióticas.

Generalmente se justifica esta afirmación sobre la base de que varios estudios muestran, tras la ingestión de yogur, u otras bacterias lácteas, un aumento y activación de la función de células "defensoras" como los macrófagos y los linfocitos, así como de la producción de interferón por células T.

Aunque es cierto que varios trabajos muestran, tras la ingestión de yogur y otras bacterias lácticas, una respuesta del sistema inmunitario, en forma de incremento de varios activadores inmunitarios no espe-

cíficos, como los anteriormente citados, este hecho no demuestra directamente un aumento de las defensas contra infecciones específicas. En efecto, el sistema inmunitario está constituido por un complejo entramado de factores y respuestas y es tremendamente activo. Es más, es perfectamente esperable que reaccione frente a la ingestión de cualquier sustancia o microorganismo exógeno, sea o no probiótico.

Demostrar efectos preventivos de la infección requiere en primer lugar estudios a medio o largo plazo, en los cuales se compare, frente a un agente patógeno determinado, las tasas de infección en un grupo numeroso de personas que ingiere sistemáticamente el producto, respecto a otro grupo de características similares que no lo ingiere. Esto, en pocos casos se ha hecho, y los trabajos que puedan aproximarse a esta metodología tampoco presentan resultados homogéneos.

Si nos centramos ahora en las afirmaciones sobre un efecto del yogur preventivo del cáncer o de defensa contra las células tumorales, la no supervivencia del *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus* al tránsito de la barrera gastrointestinal hace más difícil apoyar esta tesis.

Por otra parte, la génesis del cáncer es multifactorial y esto hace notablemente complejo establecer protocolos de investigación para comprobar dichos efectos preventivos. En cualquier caso, la metodología de dichas investigaciones deberá como mínimo cumplir los mismos requisitos que antes mencionábamos para la defensa frente a la infección. Así, estos efectos preventivos del cáncer que se aluden, sean demostrados o no como ciertos en un futuro, por el momento no son el resultado de la evidencia científica.

Estas afirmaciones sobre la falta o la incompleta evidencia del poder anticancerígeno o antiinfeccioso del yogur podemos extrapolarlas al resto de las bacterias probióticas que hemos enumerado al comienzo de este capítulo; sin embargo, eso no quiere decir que todas ellas sean iguales, ya que algunas tienen características que pudieran hacer más factibles los efectos preventivos aludidos.

Por ejemplo, las **bifidobacterias** forman parte de la flora habitual del colon humano, y además algunas cepas han demostrado una capacidad para sobrevivir al paso de la barrera gastrointestinal muy superior a la de las bacterias del yogur. Varios estudios muestran que tras una elevada ingestión de

bifidobacterias, se produce un notable aumento de este microorganismo vivo, en las heces. No está claro si esto es simple resultado de la ingestión (de hecho el número vuelve a disminuir rápidamente cuando ésta cesa) o si existe realmente colonización.

Aunque los datos todavía son insuficientes, hay indicios de la posibilidad de que los bifidos contribuyan al mantenimiento de un equilibrio saludable en la flora intestinal. Por ejemplo, el número de *Lactobacillus bifidus* generalmente está mermado o decrece en muchos procesos infecciosos, y personas con patologías como la enfermedad de Crohn parecen presentar un recuento inferior de estos microorganismos.

Todos estos datos indican una relación entre las bifidobacterias y el estado de salud y equilibrio de la flora intestinal, lo cual hace factible que estos microorganismos tengan un papel beneficioso en la recuperación tras un desorden intestinal por infección y alteración de la flora. Sin embargo, esto no demuestra un efecto preventivo de las infecciones, cuando una persona sana ingiere los lácteos fermentados con bifidobacterias.

Varios trabajos de investigación muestran una disminución del tiempo de tránsito, en el colon, de los materiales procedentes de la alimentación tras la ingestión repetida de *Lactobacillus bifidus*. Esto ha hecho que se relacione el consumo de estas bacterias lácticas con una posible prevención del cáncer de colon (ya que una sustancia potencialmente cancerígena estaría en contacto con la mucosa intestinal menos tiempo), pero esto es una mera hipótesis, y de aquí a la evidencia hay una gran distancia.

También con los bifidos se han observado efectos sobre la respuesta inmune similares a los descritos para el yogur, pero al igual que opinábamos anteriormente, esto no demuestra un efecto específico real de defensa contra las infecciones.

Por otra parte, el número total de microorganismos vivos presentes en el producto ingerido tiene que condicionar el número de bifidos que llegan vivos al intestino. La Federación Internacional de Productos Lácteos marca un número mínimo de diez millones de microorganismos por gramo de producto, pero no existe en el mundo científico consenso sobre si este número es o no suficiente.

Pasando ahora al **Lactobacillus casei**, éste resiste la acidez gástrica y los ácidos biliares intestinales mejor que las bacterias del yogur. Sin embargo, varias experiencias muestran una resistencia de éstos menor que la de las bifidobacterias, aunque parece ser que la resistencia puede ser mayor cuando *L. casei* está combinado con *L. acidophilus*.

Como en el caso de los microorganismos anteriores, existen trabajos con *L. casei* que indican una posible reducción de la incidencia y el tiempo de la diarrea.

Respecto a posibles efectos de aumento de las defensas, podemos decir lo mismo que respecto a los otros microorganismos.

Lactobacillus acidophilus muestra buena resistencia y supervivencia a la acidez del estómago, pero las distintas cepas utilizadas en experimentación han mostrado una resistencia muy variable a las secreciones intestinales y las secreciones biliares. En cualquier caso, su capacidad de resistencia al paso de la barrera gastrointestinal es superior a la de las bacterias del yogur.

También se ha relacionado a *L. acidophilus* con una disminución del tiempo de diarrea, e incluso algunos trabajos (ALM *et cols.*) han indicado una recuperación acortada tras las infecciones por *salmonella*.

Trabajos como el de GORBACH y GOLDIN indicaron que *L. acidophilus* podía inhibir parcialmente la actividad de enzimas como la nitroreductasa y la betaglucuronidasa, producidas por la flora intestinal, y que según varios autores podrían estar relacionadas con los procesos de carcinogénesis en el intestino grueso. Como puede suponerse, esto ha hecho que se relacione a *L. acidophilus* con la prevención del cáncer, pero esto no es más que una hipótesis pendiente de evidencia.

CONCLUSIONES

Aunque hay datos que apuntan, sobre todo, a un posible efecto beneficioso en el tratamiento de las infecciones intestinales de algunos de los microorganismos que hemos descrito, es necesaria más

investigación al respecto, y las afirmaciones generales y absolutas sobre un efecto preventivo son todavía exageradas.

También existen dudas sobre aspectos tan elementales como la capacidad de supervivencia al tránsito intestinal de las especies y cepas, y sobre la capacidad de colonización del intestino.

La investigación en este campo es de alto interés para las ciencias de la alimentación y la salud, pero el estado actual del conocimiento sobre los efectos funcionales o probióticos de los lácteos fermentados es insuficiente, y todavía persiste divergencia de conclusiones entre los estudios realizados. Así, es necesario continuar con más investigación de rigor.

Aquellas afirmaciones funcionales que se refieren a la evidencia científica de un efecto antitumoral, preventivo del cáncer o a un aumento de la resistencia inmunológica a infecciones específicas, sobrevaloran los datos disponibles en la actualidad

Como productos lácteos que son, los lácteos fermentados son alimentos de gran valor nutricional y, además, la fermentación los hace más digestivos y nutritivos, pero nos falta mucho por aclarar sobre la realidad de sus efectos funcionales.

Por otra parte, las alegaciones preventivas y salutíferas sobre estos productos no deben hacernos olvidar que en la prevención de la enfermedad lo importante es el conjunto de la dieta y los hábitos de vida saludables.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGULO, R.; MEDINA, L. M. (1995): "Importancia de los probióticos en la alimentación", *Nutrición Clínica*, 15.
- ARPE, Carlos de (1999): "Las leches fermentadas y la salud", *Revista ILE-Industrias Lácteas Españolas*, n.º 242.
- (2000): "Lácteos fermentados: valor nutricional, probiótico y funcional", *Revista Ibérica-Actualidad Tecnológica*, n.º 427.

- FUKUSHIMA Y.; KAWATA, Y. (1998): "Effect of probiotic formula on intestinal immunoglobuline A production in healthy children", *Food and Microbiology*, n.º 42.
- GOLDIN, B. R. (1998): "Health benefits of probiotics", *British Journal of Nutrition*, 14.
- GORBACH, S. L. (1990): "Lactic acid bacteria and human health", *Ann Med.*, n.º 22.
- MARCOS, A. (2000): "Yogur y salud", *Revista Ibérica-Actualidad Tecnológica*, n.º 427.
- MARIN, M. L.; TEJADA-SIMÓN, M. V., y otros (1998): "Stimulation of cytokyne production in clonal macrophage and T-cell models by *Streptococcus termophilus*: comparison with *Bifidobacterium sp* and *Lactobacillus bulgaricus*", *Journal Food Prot.*, 61(7).
- METCHNIKOFF, E. (1907): *The prolongation of Life. Optimistic Studies*, Heineman, London.
- OCU-COMPRA MAESTRA. REVISTA (marzo 1996), n.º 187, "Nuevas leches fermentadas".
- (mayo 1999), n.º 225, "Yogures, leches fermentadas y postres lácteos".
- ORTERGA, R. (1993): "Las leches fermentadas en las personas de edad avanzada", *Cuadernos de Divulgación Científica*, n.º 3, edición Danone, S.A.
- (1999): "Nutrición y probióticos", *Revista de Nutrición Práctica-Dietecom España*, n.º 3.
- PERDIGÓN, G.; NADER DE MACÍAS, M. D. (1986): "Effect of a mixture of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus* on the immune system in mice", *J. Food Protect*, 49.
- SAAVEDRA, J. M; BAUMAN, N. A. (1994): "Feeding of *Bifidobacterium bifidum* and *Streptococcus termophilus* to infants in hospital for prevention of diarrhoea an shedding of rotavirus", *Lancet*, 344.



VI. Sustancias antioxidantes presentes en los alimentos. Acción, dosis y su eficacia en la promoción de la salud

M. Antonia Murcia - Ana M. Vera - Magdalena Martínez-Tomé

Departamento de Tecnología de Alimentos. Área de Nutrición y Bromatología.
Facultad de Veterinaria y Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Murcia

Natale Frega

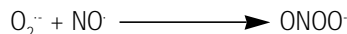
Dipartimento de Biotecnologie Agrarie et Ambientali. Facoltà di Agraria.
Università degli Studi di Ancona. Italy

RADICALES LIBRES

La vida humana sería imposible sin oxígeno. Los mamíferos, y muchos otros animales, lo utilizamos para obtener la mayor parte de la energía que precisamos. Pero es imposible usar altas tasas de oxígeno sin que este dañe algunas moléculas vitales. Este daño oxidativo se debe a que nuestro organismo produce constantemente formas activas de oxígeno y a la formación de radicales libres.

Los **radicales libres** son definidos como moléculas que tienen un número impar de electrones, o estructuras químicas capaces de tener una existencia independiente que contiene uno o más electrones no apareados. Esta peculiaridad química los hace muy reactivos y les hace reaccionar con las moléculas circundantes de las que toman los electrones que necesitan. Así se provocan reacciones en cadena, en las que cada molécula implicada se convierte a su vez en reactiva y tiende a conseguir su estabilidad.

Cuando dos estructuras de radicales libres unen sus pares de electrones sin aparear, pueden formar un enlace covalente. Un ejemplo es la reacción del superóxido ($O_2^{\cdot-}$) con el óxido nítrico radical (NO^{\cdot}) para dar el anión peroxinitrito. Esta reacción sucede de forma muy rápida (Huie y Padmaja, 1993).



Sin embargo, la mayoría de las moléculas que se encuentran en los sistemas vivos son no radicales. Cuando los radicales reaccionan con estructuras no radicales, se generan nuevos radicales (tabla 1). La formación de radicales reactivos *in vivo* probablemente pone en marcha reacciones en cadena de radicales libres (Halliwell y col., 1995b).

Entre los radicales libres más frecuentemente detectados tenemos las "**especies reactivas de oxígeno**" (ROS) que incluye los radicales de oxígeno como el **radical superóxido ($O_2^{\cdot-}$)** que se genera como consecuencia del mecanismo de defensa en el que intervienen células como los neutrófilos, los cuales reconocen partículas extrañas como las bacterias, a las que engloban y destruyen. El **radical hidroxilo (OH)** se genera *in vivo* a partir de enlaces O-H, producidos por diversos mecanismos como la reacción de Haber-Weiss ($H_2O_2 + O_2^{\cdot-} \xrightarrow{Fe/Cu} O_2 + OH + OH$), la reacción de Fenton ($Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow$ compuesto intermedio $\rightarrow Fe^{3+} + OH + OH$) (Gutteridge y Halliwell, 1990) o radiaciones ionizantes (Halliwell y col., 1995b).

El **radical peroxilo (ROO)** es el principal responsable de la peroxidación lipídica, que se puede iniciar por autoxidación, cualquier especie que tenga suficiente reactividad para sustraer un átomo de hidrógeno de la cadena de ácidos grasos poliinsaturados o por catálisis enzimática como lipoxigenasas. Otra importante especie reactiva de oxígeno es conocida como "**singulete**" de oxígeno (1O_2), que se produce sobre la piel o como resultado de una reacción de fotosensibilización por ciertos medicamentos, cosméticos, toxinas de plantas o porfirinas (Halliwell, 1990).

Además de ciertas **especies (H_2O_2 , HClO, O_3)** que aunque **no tienen electrón desapareado**, son agentes oxidantes y generan radicales libres (Gutteridge y Halliwell, 1990; Halliwell, 1991; Murcia y Martínez-Tomé, 2001).

El **peróxido de hidrógeno (H_2O_2)** se puede formar *in vivo* por los fagocitos en su acción destructora de bacterias y hongos, o por enzimas oxidasas como la xantino oxidasa (Halliwell y col., 1995b). El **ácido hipocloroso (HClO)** se produce por el enzima mieloperoxidasa generada por los neutrófilos, en los lugares de inflamación y cuando los neutrófilos activados infiltran los tejidos dañados (Czapski y col., 1992). El **ozono (O_3)** se puede formar en los laboratorios utilizando un equipo con lámparas que producen ultravioleta (UV) de alta energía, como consecuencia de ello se utiliza para la desinfección.

ción; también puede originarse en los núcleos urbanos como resultado de reacciones fotoquímicas y de la polución (O'Neill y col., 1993).

Como "especies reactivas de nitrógeno" tenemos el **dióxido de nitrógeno (NO₂)** que se ha detectado en el humo de los cigarrillos y gases de combustión de los automóviles (Van der Vliet y col., 1994). El radical derivado del **óxido nítrico (NO)** que además de producirse *in vivo* en el microambiente de los neutrófilos o macrófagos activados, se ha detectado en el humo de los cigarrillos. Pero también se ha observado que el radical NO se puede formar de forma endógena (Kaur y Halliwell, 1994). El anión nitrato o **peroxinitrito (ONOO⁻)** se genera a partir de NO y O₂⁻ induciendo la peroxidación lipídica (Halliwell, 1996). También puede originar otras modificaciones importantes que incluyen la hidroxilación y nitración de los residuos de aminoácidos aromáticos (Van der Vliet y col., 1994).

Otros ejemplos de radicales libres, son el radical **tiol (RS[•])**, que es el nombre genérico del grupo de radicales derivados del átomo de azufre y el radical **triclorometil (CCl₃)**, radical derivado del carbono que se forma durante el metabolismo de CCl₄ en el hígado y contribuye en los efectos tóxicos de este solvente (Halliwell y col., 1995b).

ANTIOXIDANTES

En los últimos años el consumidor se ha preocupado por una dieta saludable, los términos como "radicales libres" y "antioxidantes" están de moda (Aruoma, 1996). Se supera la idea tradicional de una "dieta adecuada" en el único sentido de aportar los nutrientes suficientes, satisfacer sus necesidades metabólicas, y complacer placenteramente su sensación de hambre y bienestar. Hoy, además de ello y de lo relativo a la seguridad alimentaria, el énfasis se acentúa en la potencialidad de los alimentos para la promoción de la salud, mejorar el bienestar y reducir el riesgo de enfermedades. El concepto de "nutrición adecuada" tiende a ser sustituido por el de "nutrición óptima", en cuyo ámbito aparecen los alimentos "funcionales" si su aporte afecta beneficiosamente a una o varias funciones relevantes del organismo. Términos como alimentos funcionales, diseño de alimentos, alimentos terapéuticos y nutraceúticos se están utilizando por los consumidores en general. Sin embargo, la información disponible no es suficiente, así que hay gran necesidad de investigar este tipo de productos. Por lo tanto, los alimentos tradicionales que se han utilizado durante varias generaciones están siendo objeto de una investigación más profunda (Ramarathnam y col., 1995).

De hecho, una de las preocupaciones que tiene la industria alimentaria es el daño oxidativo que sufren los alimentos, cuando estos se procesan industrialmente para obtener otros alimentos, e incluso en los cocinados y recalentamientos que sufren cotidianamente antes de ser ingeridos. Las estructuras que forman parte de estos alimentos sufren deterioro cuando se someten a manipulación y procesado y estas situaciones se pueden controlar por la adición de antioxidantes (Malone, 1991).

Un **antioxidante** se puede definir como la sustancia que es capaz de retrasar o prevenir la oxidación de un sustrato. El tipo de sustratos susceptibles incluye prácticamente la totalidad de los alimentos y a nivel tisular estructuras como las proteínas, lípidos, hidratos de carbono y ADN (Aruoma y Halliwell, 1995b).

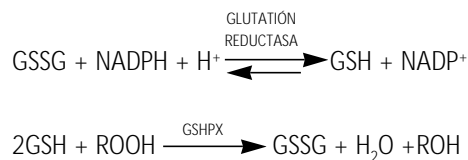
La mayoría de los organismos poseen mecanismos que les protegen de los efectos nocivos de los radicales libres. Estos sistemas de defensa son de carácter antioxidante y estabilizan estos compuestos altamente reactivos convirtiéndolos en inocuos. Los procesos naturales de protección contra la agresión oxidativa pueden estar en nuestro organismo, el cual posee **enzimas antioxidantes** que ejercen su acción fundamentalmente a nivel intracelular e interfieren la fase de iniciación de la síntesis de radicales libres inactivando las moléculas precursoras de los mismos. Entre estas enzimas tenemos la **superoxidodismutasa** que puede ser de dos tipos, la mitocondrial, que requiere manganeso, y la citosólica, que es cobre-dependiente y cinc-dependiente. Ambas inactivan el anión superóxido ($2O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$). La catalasa, que requiere la presencia de hierro para su actividad, ejerce su acción en los peroxisomas y cataliza la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno ($H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$). Se ha descrito una **glutathionperoxidasa** (GSHPX) a nivel intracelular y otra a nivel extracelular. Ambas son selenio-dependientes y necesarias para la descomposición del peróxido de hidrógeno y de los productos de reacción de la peroxidación lipídica ($H_2O_2 + AH_2 \rightarrow 2H_2O + A$) (Halliwell y col., 1995b).

Además, en el organismo existen una serie de micronutrientes con capacidad antioxidante como el **selenio**. La capacidad antioxidante del selenio se debe a la regulación del enzima glutathionperoxidasa que es selenio dependiente. El selenio actúa de forma sinérgica con la vitamina E evitando la peroxidación lipídica. El selenio y la glutathionperoxidasa se encuentran en los principales tejidos del sistema reticuloendotelial (médula ósea, timo, bazo, nódulos linfáticos mesentéricos y mediastínicos). La

glutathionperoxidasa evita la autodestrucción de los macrófagos debida a la producción endógena de radicales libres. La respuesta inmune humoral específica e inespecífica y la inmunidad celular están influidas por el selenio como activador de la glutathionperoxidasa (Aruoma, 1996).

Otros micronutrientes tienen también, aunque en menor medida, una actividad protectora contra los radicales libres, ya que son necesarios para el correcto funcionamiento de los metaloenzimas antioxidantes. Este es el caso del **cinc**, elemento necesario para el funcionamiento de la superoxidodismutasa citosólica, el **cobre** el cual forma parte del enzima superoxidodismutasa citosólica y de la ceruloplasmina, el **hierro** muy relacionado con la actividad de catalasas y el **manganeso** que interviene en la actividad de la superoxidodismutasa mitocondrial (Halliwell y col., 1995a).

Tenemos otros **antioxidantes no enzimáticos** dependientes de minerales, como la **ceruloplasmína**, que contiene cobre. También conocemos otras moléculas pequeñas como el **ácido úrico** con propiedades antioxidantes y el **glutathión**, que está presente a elevadas concentraciones en las células animales, y pasa cíclicamente de forma reducida (GSH) a una forma oxidada (GSSG). Su papel es clave en la detoxificación porque reacciona con el peróxido de hidrógeno y peróxidos orgánicos (Halliwell y col., 1995b).

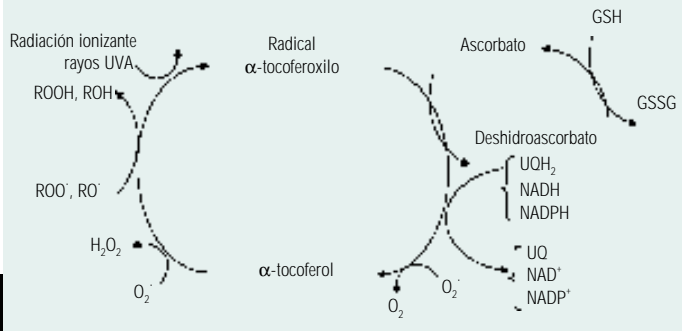


Vitaminas antioxidantes

Otro proceso natural de protección frente a los radicales libres lo constituyen las vitaminas y/o provitaminas como la vitamina E, la vitamina C y los carotenos. La vitamina E es el principal antioxidante celular liposoluble, especialmente eficaz evitando la peroxidación lipídica de la membrana en tejidos con alta presión parcial de oxígeno. Se sitúa en la superficie polar de las membranas celulares e interactúa con los ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos situados en el interior no polar de la

membrana (Salgado y col., 1993). La vitamina C desempeña un papel antioxidante en la defensa extracelular contra los radicales libres. Inactiva directamente estos compuestos activos en medio acuoso e indirectamente también reduce la peroxidación lipídica al regenerar la vitamina E reducida (figura 1) (Packer, 1991).

Esquema del ciclo de la vitamina E: acción sinérgica con antioxidantes solubles en agua y antioxidantes lipídicos mediante mecanismos enzimáticos y no enzimáticos (Packer, 1991)



→ Figura 1

Los carotenos constituyen un conjunto de compuestos pigmentados y liposolubles con propiedades antioxidantes. Entre ellos el β -caroteno que puede convertirse en vitamina A y es una molécula con capacidad para reducir radicales de oxígeno, especialmente activo a bajas presiones de oxígeno sobre todo en los capilares no expuestos directamente. La vitamina E puede proteger los dobles enlaces conjugados del β -caroteno, por lo que, en presencia de vitamina E, la actividad, del β -caroteno es mayor (Halliwell, 1996).

ESTRÉS OXIDATIVO

Cuando el balance entre antioxidantes y prooxidantes en el cuerpo humano se altera y se incrementa la producción de radicales libres o las defensas totales antioxidantes fallan se produce una situación de

estrés oxidativo. La mayoría de los organismos aerobios puede tolerar un ligero estrés oxidativo, de hecho suelen responder con la síntesis de defensas antioxidantes extra. Sin embargo, el estrés oxidativo severo puede causar daño y muerte celular. La importancia relativa del daño dependerá de la naturaleza de los sistemas alterados, del tipo de mecanismo y del tiempo que dure la situación de estrés (Halliwell y col., 1995b).

El estrés oxidativo se puede producir por numerosas causas. Así, una **malnutrición** severa puede privar a las personas de minerales como Cu, Mn, Zn y Se y de vitaminas como el ascorbato, la riboflavina y el α -tocoferol necesarios para la defensa antioxidante. Varios **fármacos** y **toxinas** producen estrés oxidativo durante su metabolismo. El humo de los **cigarros** también ocasiona estrés oxidativo y por ello los fumadores necesitarán cantidades adicionales de vitaminas antioxidantes; es por ello que el estrés oxidativo también está implicado en la enfermedad humana (Halliwell y col., 1995a).

Hay que tener en cuenta que el sistema de defensa para proteger el organismo de forma eficiente contra el estrés oxidativo disminuye con la edad, y como resultado se producen alteraciones del equilibrio redox en nuestro organismo. Dicho tipo de alteraciones ocasiona un mal funcionamiento de los órganos vitales, y pérdida gradual de inmunidad, por lo que con la edad se contraerán más enfermedades (Ramarathnam y col., 1995).

Determinados estudios han demostrado que los antioxidantes presentes en las plantas o en los alimentos de forma normal o adicionados (como aditivos) pueden estimular el daño de los radicales libres a los componentes no lipídicos, hidratos de carbono y ADN *in vitro*, y pueden, por tanto, actuar como prooxidantes en sistemas biológicos, aunque si la extensión de dichas acciones prooxidantes son limitadas no van a producir efectos perjudiciales sobre los sistemas biológicos (Lamb y col., 1995). Como ejemplo de este hecho se ha descrito que el ácido ascórbico puede actuar como prooxidante a bajas concentraciones; sin embargo, su acción es antioxidante a altas concentraciones en los alimentos fácilmente oxidables. De hecho, todas las propiedades prooxidantes reconocidas del ascorbato probablemente derivan de su interacción con metales de transición. Así, está contraindicado la administración del ácido ascórbico a pacientes con sobrecarga de hierro a no ser que simultáneamente se les administre desferrioxamina (Halliwell, 1983).

Por otra parte a nivel de alimentos, el daño oxidativo que se produce en los lípidos causa un deterioro detectable en los alimentos apareciendo el olor a rancio, “off flavors”, mientras que el daño a las proteínas y a los ácidos nucleicos pueden no ser detectados. De hecho, el procesado de la carne y el pescado puede reducir los iones hierro y las proteínas hemo que causan el deterioro oxidativo mediante mecanismos similares a los que ocurren en los tejidos humanos dañados (Halliwell y col., 1995b). Por todo ello es importante considerar las acciones prooxidantes que potencialmente pueden aparecer cuando se refuerzan ciertos alimentos con aditivos o determinadas dietas o regímenes con suplementos dietéticos de antioxidantes (Murcia y Martínez-Tomé, 2001).

RADICALES LIBRES Y PATOLOGÍAS

El estrés oxidativo puede producir mutaciones en las bases del ADN. Los radicales libres producen enlaces anómalos entre las bases púricas y pirimidínicas del ADN. Con ello, se interfiere la normal multiplicación de las células, favoreciendo la aparición de mutaciones. Este mecanismo se complementa con la capacidad de los radicales libres de activar sustancias cancerígenas. Hay muchos pasos entre una célula sana y una célula tumoral y por supuesto, la lesión que se produce en el ADN resultante del estrés oxidativo no necesariamente termina siempre provocando cáncer. Pero altos niveles de estrés oxidativo producirá la muerte celular (Simic, 1991).

En algunas **enfermedades pulmonares**, la afluencia de glóbulos blancos en la lesión se debe al exceso de formación de radicales. Situaciones similares pueden ocurrir en **enfermedades inflamatorias del intestino** como son la enfermedad de Chron y la colitis ulcerosa. En otro tipo de enfermedades, se produce gran cantidad de los glóbulos blancos, por lo que se genera una sobrecarga de radicales libres, las defensas antioxidantes resultan insuficientes y se dañan los tejidos. En la **artritis reumatoide**, se originan cambios en el sistema inmune que causan una afluencia de los glóbulos blancos en las articulaciones agravando así el daño tisular (Aruoma y Halliwell, 1991).

En determinados estudios se ha observado que durante el proceso de envejecimiento, los radicales libres causan también cambios degenerativos en el sistema inmunológico, lo que conduce a la formación de **cataratas**, **placas ateroscleróticas**, **artritis** o incluso **enfermedad de Parkinson**. Los

cambios en la estructura de las membranas oculares alteran su transparencia. Las agresiones oxidativas del globo ocular se deben sobre todo a la exposición a radiaciones ultravioleta, lo que hace más susceptibles a los ancianos y personas expuestas a la luz solar. Los radicales libres se han relacionado con la formación de opacidades en el cristalino debido a la polimerización de sus proteínas. La susceptibilidad de las proteínas a la agresión de los radicales libres va a depender de: 1) los aminoácidos que las componen; 2) la importancia y la localización de los aminoácidos sensibles en la configuración y actividad de la proteína; y 3) de la posibilidad de reparación de las lesiones. La localización intracelular de las proteínas también influye en la gravedad de la afectación. Hay que tener en cuenta que las proteínas que contienen triptófano, tirosina, fenilalanina, histidina, metionina y cisteína son especialmente sensibles a la agresión oxidativa, así como todas las moléculas con enlaces insaturados y que contienen azufre. Los enzimas que dependen de estos aminoácidos son inhibidos por la exposición a los radicales libres (Gutteridge y Halliwell, 1990).

La **enfermedad cardiovascular** es otra de las patologías relacionada con la agresión oxidativa por radicales libres. En el caso del desarrollo de aterosclerosis se produce mecanismos de peroxidación lipídica. La lesión del endotelio arterial es el punto de partida para la formación de la placa de ateroma. Se desconoce la causa de la lesión inicial. Los hidroperóxidos lipídicos derivados de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados por los radicales libres tienen la capacidad de producir esta lesión inicial. Una vez producida la lesión incipiente, la agregación de las plaquetas en la zona dañada consolida y amplifica dicha lesión. La formación de prostaciclina, que podrían evitar la agregación plaquetaria, se inhibe por los hidroperóxidos lipídicos. La vitamina E también podría inhibir la agregación y especialmente reducir la adhesividad de las plaquetas. Aparecen células espumosas en la pared vascular dañada, que se forman a partir de los macrófagos y de las células musculares lisas de la pared arterial. Las lipoproteínas de baja densidad (LDL) oxidadas atraen a los macrófagos hacia la lesión e inhiben su migración posterior. Las LDL oxidadas penetrarían en el interior de estos macrófagos constituyendo acumulaciones de grasa intracelulares que les confieren una apariencia espumosa. Una vez iniciado el proceso, se mantendría debido a la capacidad de los macrófagos de oxidar directamente las LDL (Esterbauer y col., 1991).

Hoy día, para el tratamiento de enfermedades se están utilizando antioxidantes naturales como los que hay presentes en el cuerpo humano, tales como α -tocoferol, glutatión o SOD. También son útiles la

administración de antioxidantes sintéticos y/o agentes quelantes que inhiben las reacciones de radicales libres dependientes del ion hierro. Algunos inhibidores enzimáticos pueden ser apropiados aquí, por ejemplo los inhibidores de la xantina oxidasa. Incluso la posibilidad de que determinados medicamentos desarrollen mecanismos de protección contra otros mecanismos que producen lesiones, podrían tener una acción fisiológica adicional porque ellos pueden tener propiedades antioxidantes (Aruoma y Halliwell, 1995).

NUTRICIÓN Y ANTIOXIDANTES

Hay múltiples sugerencias en estudios clínicos de que numerosos constituyentes dietéticos naturales o suplementos de la dieta actúan como "antioxidantes" (Halliwell, 1996). Los antioxidantes de la dieta pueden producir numerosos efectos *in vivo*, tales como un incremento en la síntesis endógena de los sistemas de defensa antioxidantes mediante la regulación de su síntesis y/o el incremento de sus expresiones génicas. Los antioxidantes de la dieta pueden captar directamente las especies reactivas de oxígeno *in vivo* (Martínez-Tomé y col., 2001a) (tablas 2, 3, 4 y 5). Al menos algunos nutrientes antioxidantes son esenciales para la salud, y otros (como los carotenoides) pueden ser altamente beneficiosos, sobre todo en la prevención del cáncer. Sin embargo, todavía no está claro qué ingestas son óptimas. Para los antioxidantes "establecidos", ha sido difícil determinar qué niveles de ingestas maximizan los efectos antioxidantes mientras la toxicidad sea la mínima (Halliwell, 1996).

En los últimos años se han dedicado grandes esfuerzos para intentar comprender el papel de los antioxidantes en la protección contra el cáncer. La probabilidad de quimioprevención del cáncer mediante la suplementación y/o la fortificación de alimentos con micronutrientes antioxidantes podría convertirse a medio plazo en una estrategia efectiva para el control del cáncer. Además el consumo de alimentos ricos en vitaminas antioxidantes, como las frutas frescas y los vegetales verdes o amarillos está asociado con menor riesgo de cáncer de estómago (Malone, 1991; Martínez-Tomé y col., 2001b; Murcia y col., 2002).

La **vitamina E** es un antioxidante esencial en humanos, que protege contra las enfermedades cardiovasculares, participando en el metabolismo de las plaquetas, modulando la formación de derivados del

ácido araquidónico y la agregación plaquetaria. Por ello, severas deficiencias causan neurodegeneración y aceleran la aterosclerosis. La vitamina E aumenta la inmunocompetencia, inhibe la formación de mutágenos (nitrosaminas) y potencia la reparación de las lesiones oxidativas de las membranas celulares y el ADN. Estudios epidemiológicos por científicos del Instituto Nacional del Cáncer de Gran Bretaña han encontrado una importante asociación entre el uso de suplementos de vitamina E y un riesgo reducido del cáncer oral (Ames, 1983; Burton y Traber, 1990). También se ha observado en el reconocimiento de pacientes con alteraciones en la absorción de grasa a nivel intestinal que se producen deficiencias severas de la vitamina E, lo que causa síntomas neurológicos y un incremento en el daño oxidativo *in vivo*. Esta vitamina está presente en pequeñas cantidades en muchos alimentos, especialmente en el aceite de germen de trigo, aceites vegetales, huevos, nueces, plantas verdes, leche entera, hígado, etc. (Harding y col., 1985; Ushakova y col., 1996).

En numerosos estudios se relaciona la **vitamina C** con una disminución del riesgo de ciertas enfermedades, relacionadas con el corazón, los ojos, cáncer de bucofaringe, laringe, estómago y colorrectal y enfermedades neurodegenerativas. Los mecanismos propuestos para la acción de la vitamina C en la prevención del cáncer son semejantes a los anteriormente expuestos para otras vitaminas antioxidantes: 1) efecto antioxidante; 2) bloqueo de la formación de nitrosaminas y mutágenos fecales; 3) aumento de la inmunocompetencia; e 4) inducción de enzimas hepáticas detoxificantes (citocromo P₄₅₀). Los cítricos y otras frutas, vegetales del género de las crucíferas y las patatas, son buenas fuentes de esta vitamina (Jacob y Burri, 1996).

Los **β -carotenos** pueden disminuir el riesgo de cáncer por diferentes mecanismos, de los cuales el más aceptado es su potencial antioxidante. La capacidad antioxidante evitaría la degradación oxidativa del material genético. Pero también un efecto sobre el sistema inmunitario potenciando la vigilancia inmunológica al facilitar la identificación y eliminación de células que son reconocidas como anómalas. Los carotenoides (vitamina A) se relacionan con un menor riesgo de cáncer de laringe, cervical, vejiga, y de pecho. Los alimentos que destacan por su aporte en β -carotenos o en vitamina A son sobre todo hígados, patés y mantequilla entre los alimentos de origen animal y cereales y vegetales rojizos o anaranjados. Se ha sugerido que el suplemento de las vitaminas A, C y E es efectivo para reducir anomalías celulares que podrían indicar un estado precanceroso. Estudios epidemiológicos realizados en

humanos asocian altos niveles del β -caroteno y otros carotenoides (precursores de la vitamina A) relacionados con los pigmentos de las plantas, con menor riesgo de cáncer y enfermedades cardiovasculares, sobre todo en fumadores (Burr, 1994).

Los alimentos contienen otras sustancias antioxidantes que puede tener especial interés en la salud humana, una de estas es el **glutatión**. A diferencia de las vitaminas antioxidantes, el glutatión se puede sintetizar en el cuerpo humano. Hay tres aminoácidos en las proteínas de los materiales crudos que se utilizan para su síntesis (glutamato, cisteína y glicina). El glutatión también está presente en los alimentos, y experimentos con animales indican que las cantidades que se absorben en el tracto digestivo son limitadas. Es bastante probable que el glutatión de la dieta se absorba y dicha absorción incrementará la concentración plasmática de glutatión. Como consecuencia, la ingesta dietética del glutatión puede ser determinante en la sensibilidad o resistencia al cáncer (Halliwell y Gutteridge, 1990).

Hay consenso sobre la importancia de las frutas y vegetales por los micronutrientes y componentes no nutritivos de su composición en la prevención de enfermedades crónicas. Se han desarrollado estudios epidemiológicos en los que dietas ricas en frutas, vegetales, hierbas y especias están correlacionadas con bajas incidencias de cáncer y enfermedades cardíacas (Plumb y col., 1996 y Plumb y col., 1997). Se han propuesto extractos de plantas que tienen capacidad antioxidante incluyendo el té, olivas, uvas, manzana, clavo, ... entre otros. Los flavonoides y otros polifenoles que se encuentran en algunos de estos extractos se han considerado en muchos estudios como potenciales antioxidantes. Cada vez es mayor el interés por conocer la actividad biológica de estos compuestos polifenólicos y el papel que desarrollan los flavonoides en la dieta para comprender su mecanismo de acción *in vivo* y sobre todo sus efectos beneficiosos sobre la salud (Aruoma, 1996).

Los compuestos fenólicos de los alimentos vegetales pueden ser efectivos la prevención de enfermedades cardiovasculares en la reducción de la trombosis. Esto es una razón posible de por qué la dieta Mediterránea, rica en frutas, vegetales, legumbres y aceite vegetal (principalmente de oliva), está correlacionada con una baja incidencia de enfermedades coronarias (Martínez-Tomé y col., 2001a; Murcia y col., 2002). Se ha especulado que los flavonoles del vino tinto podrían explicar la llamada "paradoja francesa" aunque en los últimos tiempos también se asigna al resveratrol una parte impor-

tante de los efectos positivos del vino. El hecho es que los franceses tienen baja incidencia de enfermedades coronarias a pesar de tener una dieta rica en grasas. Frankel (1995) en la Universidad de Davis (California) ha observado que los compuestos fenólicos de la uva y del vino inhiben la oxidación de las lipoproteínas LDL. Esta observación podría mejorar el tratamiento de la aterosclerosis, donde la oxidación de las LDL se ha visto implicada en el mecanismo de formación celular en la pared de las arterias.

CONCLUSIONES

Es necesario sensibilizar al consumidor sobre sus hábitos alimentarios y evitar prácticas muchas veces habituales como la ingesta de dietas ricas en grasa, fumar, consumir cantidades excesivas de alcohol y todo ello suplementado según los casos con antioxidantes. Además, es importante tener en cuenta el grupo de población de los consumidores de antioxidantes al diseñar los suplementos y/o medicamentos antioxidantes con fines terapéuticos. Cuando se trata de una población de edad avanzada, se necesita buscar formas para minimizar el estrés y así limitar el exceso de formación de radicales libres (Aruoma, 1994). En el caso de los deportistas que realizan un ejercicio muy intenso, incluso agotador, está indicado la administración de mezclas de antioxidantes (vitamina C, vitamina E, glutatión, β -carotenos) puesto que cada uno de ellos protege contra formas distintas de radicales libres y en compartimentos celulares distintos (Truswell, 1990). Durante el embarazo es importante una alimentación equilibrada, evitando dietas hipocalóricas, porque pueden provocar acetonurias no deseables; también hay que evitar que transcurran muchas horas sin tomar alimentos pues se producen hipoglucemias, movilización de reservas grasas que provoca cetonemia. Hay que tener en cuenta que el organismo de la gestante es capaz de oxidar los ácidos grasos en tejidos periféricos, a fin de dejar el máximo de glucosa y aminoácidos para que sean utilizados por el feto y los tejidos placentarios en la época de mayor demanda nutritiva del feto (Cervera y col., 1999). Para conseguir un estado saludable es fundamental hacer ejercicio con regularidad e ingerir una dieta variada, equilibrada y con importante aporte de frutas y verduras (Murcia y col., 2001; Martínez-Tomé y col., 2001b) (tabla 6).

Tabla 1.—Tipos de reacción de los radicales libres con estructuras no radicales que generan reacciones de radicales en cadena

Tipo de reacción	Ecuación general	Ejemplo
Adición	$x + y \longrightarrow [x-y]$	Adición de OH [•] a guanina en ADN para dar el radical 8-hydroxyguanina
Reducción (donación electrones)	$x + y \longrightarrow y + x^+$	Reducción de O ₂ a O ₂ ^{•-} por el radical paraquat $PQ^+ + O_2 \longrightarrow PQ^{2+} + O_2^{\bullet-}$
Oxidación (aceptación electrones)	$x + y \longrightarrow x + y^+$	Oxidación del ácido ascórbico por O ₂ ^{•-} + H ⁺ $O_2^{\bullet-} + H^+ \longrightarrow \text{ascorbato} + H_2O_2$
Oxidación (transferencia átomo de hidrógeno)	$x + y-H \longrightarrow x-H + y$	Reacción del α-tocoferol con radicales lipídicos peroxilo $\alpha TH + ROO^{\bullet} \longrightarrow RO_2H + \alpha T^{\bullet}$

Fuente: Huie y Padmaja, 1993.

Tabla 2.—Porcentajes de captación de varios radicales libres generados por diferentes métodos utilizando 100 mg de frutas mediterráneas y tropicales

Frutas mediterráneas	LOO ^a	OH ^b	H ₂ O ₂ ^c	Rancimat ^d	HCIO ^e
Manzana v. <i>Golden delicius</i>	29,4	86,4	28,6	1,19	21,1
Manzana v. <i>Royal Gala</i>	30,7	90,2	36,6	1,18	28,7
Manzana v. <i>Starking</i>	13,7	91,9	62,6	1,22	25,3
Albaricoque v. <i>Gala rojo</i>	31,3	93,8	6,0	1,30	62,0
Cerezas v. <i>Stark</i>	60,4	96,7	51,3	1,20	15,5
Uva negra v. <i>Napoleon negra</i>	73,3	82,1	36,2	1,21	48,0
Uva blanca v. <i>Aledo</i>	60,9	92,9	26,8	1,21	62,0
Limón v. <i>Verna</i>	53,8	95,6	51,4	1,15	95,7
Mandarina v. <i>Fortuna</i>	3,1	96,9	52,6	1,21	47,0
Níspero v. <i>Algar</i>	23,8	96,9	48,4	1,18	35,0
Melón <i>cantalupensis</i> v. <i>Aitana</i>	66,8	91,0	78,0	1,15	48,0
Melón <i>saccharinus</i> v. <i>Sancho</i>	61,8	91,2	98,0	1,26	49,0
Naranja v. <i>Navelina</i>	22,2	86,6	61,4	1,22	21,2
Naranja v. <i>Salutiana</i>	15,1	87,2	52,2	1,30	23,9

Melocotón v. <i>Queen nest</i>	36,5	87,1	–	1,18	42,0
Pera v. <i>Blanquilla</i>	32,7	87,9	38,1	1,12	4,4
Pera v. <i>Conferencia</i>	29,6	94,0	68,7	1,30	1,2
Pera v. <i>Flor de Invierno</i>	44,1	92,1	52,9	1,26	1,1
Pera v. <i>Passacrana</i>	34,4	95,1	43,3	1,25	1,0
Ciruela v. <i>Red-Beauti</i>	73,3	97,1	61,9	1,12	68,0
Fresa v. <i>Camarosa</i>	40,2	39,3	81,0	1,23	6,0
Sandía v. <i>Sugar baby</i>	39,5	90,9	82,0	1,62	46,0
Frutas tropicales					
Aguacate v. <i>Bacon</i>	69,2	94,9	–	1,08	68,4
Plátano v. <i>Canarias</i>	81,8	95,8	78,7	1,18	18,0
Bábaco v. <i>Averrhoa</i>	36,7	77,6	78,8	1,21	26,0
Kumquats v. <i>Nagami</i>	–	94,7	48,0	1,18	79,0
Lima v. <i>Persea</i>	5,2	97,7	81,2	1,17	95,0
Mango v. <i>Tommy</i>	35,3	94,1	79,6	1,16	18,0
Maracuyá v. <i>Flavicarpa</i>	39,2	95,3	36,0	1,19	96,0
Papaya v. <i>Pentagona</i>	–	98,0	87,7	1,21	28,0
Fruta de la pasión v. <i>Eduliss</i>	62,2	98,9	96,0	1,18	93,0
Alquejenje v. <i>Goldenberry</i>	9,0	88,7	64,0	1,43	29,0
Piña v. <i>Cayenne lisa</i>	41,9	95,9	48,0	1,15	67,7

Fuente: Murcia y col., 2001.

^a Captación de radical peroxilo (LOO·).

^b Captación de radical hidroxilo (OH·).

^c Captación del peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

^d Rancimat: evalúa si la actividad antioxidante de estos alimentos resistiría calentamientos de alrededor de 100-120°C como los que se utilizan para cocinar o durante el procesado industrial.

^e Captación del ácido hipocloroso (HClO).

– No activo.

Tabla 3.—Porcentajes de captación de varios radicales libres generados por diferentes métodos utilizando especias consideradas mediterráneas a una concentración del 5% en medio acuoso

Especias mediterráneas	LOO ^a	OH ^b	H ₂ O ₂ ^c	Rancimat ^d	HClO ^e
Annato	78,46	54,66	44,5	1,19	83,8
Comino	63,08	66,42	69,0	1,18	68,5
Orégano	93,09	30,58	58,0	1,19	93,5
Pimentón "picante"	59,26	50,61	20,0	2,51	76,7
Pimentón "dulce"	65,78	38,40	20,0	1,16	76,9
Romero	94,81	35,00	15,1	2,90	97,5
Azafrán	55,13	36,33	—	1,25	73,3

Fuente: Martínez-Tomé y col., 2001a.

^a Captación de radical peroxilo (LOO·).

^b Captación de radical hidroxilo (OH·).

^c Captación del peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

^d Rancimat: evalúa si la actividad antioxidante de estos alimentos resistiría calentamientos de alrededor de 100-120°C como los que se utilizan para cocinar o durante el procesado industrial.

^e Captación del ácido hipocloroso (HClO).

— No activo.

Tabla 4.—Porcentajes de captación de varios radicales libres generados por diferentes métodos utilizando 100 mg de setas adquiridas en una lonja nacional

	Procesado	LOO· ^a	OH· ^b	H ₂ O ₂ ^c	Rancimat ^d	Linoleico ^e	TEAC ^f
Setas							
<i>Lepista</i>	Crudo	95,3	79,7	80,87	1,22	95	3,19
	Congelado	93,3	77,2	78,94	1,20	87	2,36
	Enlatado	79,0	66,7	59,49	0,16	-5	2,01
<i>Lentinus</i>	Crudo	99,2	93,5	73,63	1,22	98	9,05
	Congelado	98,0	91,1	73,31	1,17	97	7,59
	Enlatado	84,7	65,8	53,70	0,49	97	6,93
<i>Agrocybe</i>	Crudo	92,1	79,7	75,72	1,16	96	10,39
	Congelado	90,6	70,7	66,72	1,09	91	9,99
	Enlatado	76,3	59,1	45,18	0,25	59	3,04
<i>Cantharellus</i>	Crudo	95,7	93,5	86,33	1,08	98	11,41
	Congelado	94,5	70,7	56,27	0,96	89	10,92
	Enlatado	89,9	65,8	55,79	0,51	87	4,88
<i>Hydnum</i>	Crudo	92,5	70,7	68,49	1,15	87	1,56
	Congelado	76,9	58,5	59,16	1,13	87	1,25
	Enlatado	76,9	55,3	37,62	0,46	86	0,46
α -Tocopherol		15,3	3,2	14,31	2,65	84	1,16
BHA		71,4	25,4	-	11,4	96	0,44
BHT		22,3	8,9	-	0,95	95	0,26
Propyl gallate		52,5	-	35,69	1,87	27	3,47

Fuente: Murcia y col., 2002.

^a Captación de radical peroxilo (LOO·).

^b Captación de radical hidroxilo (OH·).

^c Captación del peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

^d Rancimat: evalúa si la actividad antioxidante de estos alimentos resistiría calentamientos de alrededor de 100-120°C como los que se utilizan para cocinar o durante el procesado industrial.

^e Captación del radical lipoperoxilo en condiciones de temperatura que emulan un almacenaje de alimentos.

^f Capacidad antioxidante total.

- No activo.

Tabla 5.—Porcentajes de captación de varios radicales libres generados por diferentes métodos utilizando aminoácidos del brócoli

Aminoácidos del brócoli	mM	LOO ^{·a}	OH ^{·b}	H ₂ O ₂ ^c	HCIO ^d
GLN	0,05	8,09	1,84	—	
	0,5	12,49	13,14	—	37,7
PRO	0,05	8,76	7,89	—	
	0,5	10,44	12,28	—	26,5
ASN	0,05	—	8,37	—	
	0,5	—	8,84	—	29,1
VAL	0,05	—	1,29	—	
	0,5	—	9,32	—	31,4
ARG	0,05	—	5,21	—	
	0,5	—	10,51	—	33,0
ILE	0,05	13,62	1,66	—	
	0,5	7,90	7,68	—	21,2
TRH	0,05	8,88	—	—	
	0,5	12,49	—	—	32,7
LEU	0,05	—	9,98	—	
	0,5	—	10,58	—	35,2
PHE	0,05	5,91	3,48	—	
	0,5	9,07	11,49	—	48,2
ASP	0,05	6,22	10,05	—	
	0,5	7,78	15,41	—	55,6
LYS	0,05	—	8,62	—	
	0,5	—	10,88	—	36,8
ALA	0,05	6,00	—	—	
	0,5	10,53	2,20	—	49,6
TYR	0,05	—	—	—	
	0,5	8,96	—	—	33,5
SMC	0,05	19,65	13,23	—	
	0,5	18,11	14,13	—	54,7

HIS	0,05	–	2,53	–	46,3
	0,5	–	6,80	–	
ORN	0,05	6,22	–	–	37,9
	0,5	5,67	8,66	–	
GLU	0,05	6,07	2,65	–	15,2
	0,5	16,73	17,01	–	
GABA	0,05	8,09	7,98	–	35,5
	0,5	11,43	14,36	–	
GLY	0,05	–	–	–	35,2
	0,5	–	11,23	–	
SER	0,05	12,92	–	–	37,3
	0,5	9,57	14,27	–	

Fuente: Martínez-Tomé y col., 2001b.

^a Captación de radical peroxilo (LOO·).

^b Captación de radical hidroxilo (OH·).

^c Captación del peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

^d Captación del ácido hipocloroso (HClO).

– No activo.

Tabla 6.—Relación de algunas fuentes naturales de vitaminas y antioxidantes

Vitamina	Algunas fuentes alimentarias
Vitamina A	Frutas y vegetales de color amarillo y naranja, vegetales verdes, mantequilla y margarina.
Vitamina D	Leche enriquecida, sardinas, salmón, atún, huevos, hígado.
Vitamina E	Aceite de semillas de girasol, almendras, avellanas, huevos, margarina, queso, mantequilla y productos lácteos, cereales integrales, pan integral, vegetales verdes. Antioxidante.
Vitamina C	Frutas y vegetales (cocinadas con cuidado), particularmente cítricos, kiwi, grosella negra, fresas, pimientos verdes, judías, coles de Bruselas, patatas. Antioxidante.
Tiamina	Cerdo, ternera, hígado, cereales integrales, pan integral, arroz, habichuelas.
Rivoflavina	Leche y productos lácteos, vegetales de hoja, carne, cacahuets, pescado, huevos, cereales integrales, pan integral.
Niacina	Legumbres, carne, cacahuets, pescado, huevos, frutos secos, cereales integrales, pan integral.
Folato	Vegetales verdes, legumbres, pan y cereales, hígado.
Piridoxina	Carne, cereales, lentejas, nueces, algunas frutas y vegetales.
Vitamina B ₁₂	Carne, marisco, huevos.
Licopeno	Tomates, uva negra. Antioxidante.
Compuestos fenólicos y derivados	
Monoterpenos	Perejil, zanahorias, brécol, col, pepinos, zumos, tomates, berenjena, pimientos, menta, albahaca, cítricos.
Ácidos fenólicos (taninos)	Perejil, zanahorias, brécol, col, tomates, berenjena, pimientos, cítricos, granos integrales, bayas.
Carotenoides	Perejil, zanahorias, zumos, batatas, melón, albaricoques, espinacas, col rizada, nabo, verduras, cítricos. Antioxidantes.
Catequinas (taninos)	Té verde, bayas. Antioxidantes.
Flavonoides	La mayoría de frutas y vegetales, incluyendo perejil, zanahorias, brécol, col, pepinos, zumos, tomates, pimientos, cítricos, batatas, berenjena, productos de la soja, bayas. Bloquean receptor de ciertas hormonas que producen cáncer. Compuestos fenólicos con acción antioxidante

Fuente: Aruoma, 1994.

BIBLIOGRAFÍA

- AMES, B. N. (1983): "Dietary, carcinogens and anticarcinogens. Oxygen radicals and degenerative diseases", *Science*, 221: 1256-1264.
- ARUOMA, O. I. (1994): "Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants", *Fd. Chem. Toxic*, 32: 671-683.
- (1996): "Assessment of potential prooxidant and antioxidant actions", *J.A.O.C.S.*, 73: 1617-1625.
- ARUOMA, O. I., y B. HALLIWELL (1991): "DNA damage and free radicals", *Chem. Br. February*, 149-152.
- (1995): "DNA damage by free radicals: carcinogenic implications", en *Immunopharmacology Free Radical Species*, 199-214, Ed. Academic Press, London.
- BURR, M. L. (1994): "Antioxidans and cancer", *J. Human Nutr. Diet.*, 7: 409-416.
- BURTON, G. W., y TRABER, M. G. (1990): "Vitamin E: antioxidant activity, biokinetics, and bioavailability", *Ann. Rev. Nutr.*, 10: 357-382.
- CERVERA, P.; CLAPES, J., y RIGOLFAS, R. (1999): "Alimentación durante el embarazo y lactancia", en *Alimentación y dietoterapia*, 134-137, Ed. McGraw-Hill Interamericana de España, 3.ª ed., Madrid.
- CZAPSKI, G., GOLDSTEIN, S.; ANDORN, N., y ARONOVITCH, J. (1992): "Radiation-induced generation of chlorine derivatives in N₂O-saturated phosphate buffered saline: toxic effects on *Escherichia coli* cells", *Free Rad. Biol. Med.*, 12: 353-364.
- ESTERBAUER, H.; PUHL, H.; DIEBER-ROTHENDER, M.; WAEG, G., y RABL, H. (1991): "Effect of antioxidants on oxidative modification of LDL", *Annals Med.*, 23: 573-581.
- FRANKEL, E. N. (1995): "Natural and biological antioxidants in foods and biological systems. Their mechanism of action, applications and implications", *Lipid Techn. July*, 77-80.
- GUTTERIDGE, J. M. C., y HALLIWELL, B. (1990): "The measurement and mechanism of lipid peroxidation in biological systems", *TIBS*, 15: 129-135.
- HALLIWELL, B. (1983): "Ascorbic acid, iron overload and desferrioxamine", *Br. Med. J.*, 285: 296.
- (1990): "How characterize a biological antioxidant", *Free Rad. Res.*, 9: 1-32.
- (1991): "The biological toxicity of free radicals and other reactive oxygen species", en *Free Radicals and Food Additives*, Ed. Aruoma, Halliwell, Taylor y Francis, London, New York.
- (1996): "Oxidative stress, nutrition and health. Experimental strategies for optimization of nutritional antioxidant intake in humans", *Free Rad. Res.*, 25: 57-74.
- y GUTTERIDGE, J. M. C. (1990): "The antioxidants of human extracellular fluids", *Arch. Biochem. Biophys*, 200: 1-10.

- y AESCHBACH, R.; LÖLIGER, J., y ARUOMA, O. I. (1995a): "The characterization of antioxidants", *Fd. Chem. Toxic.*, 33: 601-607.
- y MURCIA, M. A.; CHIRICO, S., y ARUOMA, O. I. (1995b): "Free radicals and antioxidants in food and *in vivo*: what they do and how they work?", *Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, 35: 7-20.
- HARDING, A. E.; MATTHEWS, S.; JONES, S.; ELLIS, C. J. K.; BOOTH, I. W., y MULLER, D. P. R. (1985): "Spinocerebellar degeneration associated with a selective defect of vitamin E absorption", *N. Eng. J. Med.*, 313: 32-35.
- HUIE, R. E., y PADMAJA, S. (1993): "The reaction of NO with superoxide", *Free Rad. Res. Commun*, 18: 195-197.
- JACOB, R. A., y BURRI, B. J. (1996): "Oxidative damage and defense", *Am. J. Clin. Nutr.*, 63: 985s-990s.
- KAUR, H., y HALLIWELL, B. (1994): "Evidence for nitric oxide-mediated oxidative damage in chronic inflammation. Nitrotyrosine in serum and synovial fluid from rheumatoid patients", *FEBS Lett.*, 350: 9-12.
- LAMB, D. J.; MITCHINSON, M. J., y LEAKE, D. S. (1995): "Transition metal ions within human atherosclerotic lesions can catalyse the oxidation of Low Density Lipoprotein by macrophages", *FEBS Lett.*, 374: 12-16.
- MALONE, W. F. (1991): "Studies evaluating antioxidants and beta-carotene as chemopreventives", *Am. J. Clin. Nutr.*, 53 (S): 305-313.
- MARTÍNEZ TOMÉ, M.; JIMÉNEZ, A. M.; RUGGIERI, S.; FREGA, N.; STRABBIOLI, R., y MURCIA, M. A. (2001a): "Antioxidant properties of Mediterranean spices compared with common food additives", *J. Food Protect*, 64: 1019-1026.
- MARTÍNEZ TOMÉ, M.; GARCÍA CARMONA, F., y MURCIA, M. A. (2001b): "Comparison of the antioxidant and prooxidant activity of broccoli aminoacids with those of common food additives", *J. Food Sci. Food Agric.*, 81: 1412-1419.
- MURCIA, M. A., y MARTÍNEZ TOMÉ, M. (2001): "Antioxidant activity of resveratrol compared with common food additives", *J. Food Protect*, 64: 379-384.
- MURCIA, M. A.; JIMÉNEZ, A. M., y MARTÍNEZ TOMÉ, M. (2001): "Evaluation of the antioxidant properties of Mediterranean and Tropical fruits compared with common food additives", *J. Food Protect*, 64: 2037-2046.
- MURCIA, M. A.; JIMÉNEZ, A. M.; MARTÍNEZ TOMÉ, M.; VERA, A. M.; HONRUBIA, M., y PARRAS, P. (2002): "Antioxidant activity of Truffles and Mushrooms. Losses during industrial processing", *J. Food Protect*, 65: 1614-1622.
- O'NEILL, C. A.; VAN DER VLIET, A.; HU, M. L.; KAUR, H.; CROSS, C. E.; LOUIE, S., y HALLIWELL, B. (1993): "Oxidation of biological molecules by ozone: the effect of pH", *J. Lab. Clin. Med.*, 122: 497-505.
- PACKER, L. (1991): "Membrane stabilization by antioxidant recycling", en *Progress in membrane biotechnology*. Ed. Gómez-Fernández/Chapman/Packer, Birkhäuser, Suiza.
- PLUMB, G. W.; LAMBERT, N.; CHAMBERS, S. J.; WANIGATUNGA, S.; HEANY, R. K.; PLUMB, J. A.; ARUOMA, O. I.; HALLIWELL, B., y WILLIAMSON, G. (1996): "Are extracts and purified glucosinolates from cruciferous vegetables antioxidants?", *Free Rad. Res.*, 25: 75-86.

- PLUMB, G. W.; PRICE, K. R.; RHODES, M. J. C., y WILLIAMSON, G. (1997): "Antioxidant properties of the major polyphenolic compound in broccoli", *Free Rad. Res.*, 4: 429-435.
- RAMARATHNAM, N.; OSAWA, T.; OCHI, H., y KAWAKISHI, S. (1995): "The contribution of plant food antioxidants to human health", *Trends Fd. Sci. Tech.*, 6: 75-82.
- SALGADO, J.; VILLALAIN, J., y GÓMEZ-FERNÁNDEZ, J. C. (1993): "Magic angle spinning ^{13}C -NMR spin-lattice relaxation study of α -tocopherol, ubiquinone-10 and ubiquinol-10 in unsonicated model membranes", *Eur. J. Biophys.*, 22: 151-155.
- SIMIC, M. G. (1991): "DNA damage, environmental toxicants and rate of aging", *Environ. Carcinog. Ecotoxic. Rev.*, C9: 113-153.
- TRUSWELL, S. (1990): "Who should take vitamin supplements", *British Medic. J.*, 301: 135-136.
- USHAKOVA, T.; MELKONYAN, H.; NIKONOVA, L.; MUDRIK, N.; GROGVADZE, V.; ZHUKOVA, A.; GAZIEV, A. I., y BRADBURY, R. (1996): "The effect of dietary supplements on gene expression in mice tissues", *Free Rad. Biol. Med.*, 20: 279-284.
- VAN DER VLIET, A.; SMITH, D., y O'NEILL, C. A. (1994): *Interactions of peroxynitrite with human plasma and its constituents*.



VII.

Polifenoles y flavonoides: su importancia en la prevención de enfermedades

*M. Antonia Murcia - Pilar Parras - Antonia M. Jiménez
Ana M. Vera - Magdalena Martínez-Tomé*

Departamento de Tecnología de Alimentos. Área de Nutrición y Bromatología.
Facultad de Veterinaria y Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Murcia

Silverio Ruggieri

Dipartimento de Biotecnologie Agrarie et Ambientali. Facoltà di Agraria.
Università degli Studi di Ancona. Ancona (Italy)

INTRODUCCIÓN

Los polifenoles son estructuras químicas importantes como constituyentes de las frutas, vegetales, semillas, flores, bebidas e incluso de algunos productos elaborados, que los utilizan como ingredientes naturales. Contribuyendo así en muchos aspectos desde la calidad de los alimentos hasta la resistencia a la enfermedad. Por ello, debido a los efectos beneficiosos que poseen los polifenoles son de gran interés también en investigación (Wollgast y Anklam, 2000).

CLASIFICACIÓN DE COMPUESTOS POLIFENÓLICOS

Existen numerosas y amplias clasificaciones que agrupan el gran número de compuestos que han sido identificados hasta el momento; ya que el término "polifenol" va a comprender en este contexto desde moléculas aromáticas simples como el aminoácido tirosina hasta estructuras muy condensadas y complicadas como los taninos, nosotros hemos identificado en un pequeño esquema y de forma sencilla los grupos y subgrupos que están trascendiendo más por su presencia en los alimentos y sus implicaciones con la salud (tabla 1).

Tabla 1.—Diferentes grupos de compuestos fenólicos y estructuras representativas

Grupo	Subgrupo	Ejemplos	Esqueleto base
1. Fenoles y ácidos fenólicos	Fenoles sencillos	Hidroquinona, vainillina, alcohol salicílico	C_6
	Estilbenos	Resveratrol	$C_6-C_2-C_6$
	Ác. fenólicos	Ác. benzoico, ác. p-hidroxibenzoico (PABA)	Ác. gálico
Ác. o- y p-cumárico, ác. cafeico, ác. ferúlico, eugenol, tirosina		Ác. clorogénico, cinarina	C_6-C_3
Ác. rosmarínico			
2. Cumarinas	Sencillas	Aesculetin	C_6-C_3
	C-prednilada	Suberosina	
	Dicumarinas	Dicumarol	
3. Lignanos	Simples	Podofilotoxina, peltatinas	$(C_6-C_3)_2$
	Ciclolignanos	Silibina, silidianina, silicristina, silimarina	$(C_6-C_3)_n$
	Flavanolignanos	(n=9)	
	Lignina		
4. Flavonoides y compuestos relacionados	Flavonoles	Quercetina, kaempferol, miricetina	$C_6-C_3-C_6$
	Flanololes	Dihidroquercetina, dihidrokaempferol	
	Flavonas	Nobiletina, diosmetina, tangeritina, apigenina, luteolina	
	Flavanonas		
	Chalconas	Hesperidina, naringenina, naringina, hesperitina, eriocitrina, naritulina	
	Isoflavonoides		
	Antocianidinas	Chalconaringenina, buteína	
	Catequinas (flavan-3-ol)	Cianidina, catequina, miricetina, malvidina	
	Leucoantocianidinas (flavan-3,4-diol)	Delfinidina, cianidina, peonidina, pelargonidina, petunidina, malvidina	
	Catequina	Leucopelargonidina	
5. Taninos	Taninos hidrolizables	Galotaninos, elagitaninos	$(C_6-C_3-C_6)_n$
	Taninos condensados (catequínicos o proantocianidinas)	Polímero flavánico (flavan-3-ol), procianidina	

6. Quinonas y antracé- nósidos	Benzoquinonas	Plastoquinonas, ubiquinona (coenzina Q)	C_6
	Naftoquinonas	Plumbagona, juglona, vitamina K	C_6-C_4
	Antraquinonas	Emodina, aloemodina, ác. carmínico, crisofanol, alizarina, reina	$C_6-C_2-C_6$
	Antracilclonona	Tetraciclinas	$C_6-C_3-C_3-C_6$
	Oxantronas		
	Antronas	Aloína, crisaloína	
	Dihidroantranoles		

□ GRUPO 1

En este grupo tenemos los **fenoles sencillos** que son poco frecuentes y están en las plantas en forma de heterósidos. Los principales son el arbutósido, vainillósido y el salicósido que por hidrólisis liberan hidroquinona, vainillina y alcohol salicílico respectivamente junto con glucosa.

Entre los **estilbenos** destaca el resveratrol, presente en una amplia variedad de plantas en las que se genera como consecuencia fisiológica a una infección fúngica o bacteriana (Celotti y col., 1996) y que de forma frecuente se usan como alimentos, como son la uva, incluida la piel (50-100 $\mu\text{g/g}$), frutas del bosque, nueces, cacahuets (5 $\mu\text{g/g}$) y sobre todo en el vino (tabla 2). Su importancia radica en una serie de propiedades como son poder captador de radicales libres (Murcia y Martínez-Tomé, 2001), propiedades antioxidantes frente a desórdenes cardiovasculares, antiinflamatorias, e incluso anticancerígenas (Gómez-Fernández y col., 2003).

Cuatro **ácidos fenólicos** son conocidos por ser universales, p-hidroxibenzoico, vanilínico, protocatequico y siríngico. Las frutas representan una fuente importante de derivados del ácido cinámico como los ácidos ferúlico, sinápico, p-cumárico y cafeico. Estos ácidos raramente se encuentran libres sino que están esterificados con el ácido quinico, la glucosa o el ácido tartárico. El ácido clorogénico (ácido cafeoilquínico) es el más importante derivado del ácido cinámico en frutas siendo a veces, el compuesto fenólico simple predominante. La amplia distribución y la alta concentración de ácidos cinámicos en frutas puede ser debida, en parte, a que juegan un papel clave en la biosíntesis de otros compuestos fenólicos más complicados (Robards y col., 1999).

Tabla 2.—Contenido de *trans* y *cis*-resveratrol analizado en vinos tintos de diferentes países (Gómez-Fernández y col., 2003)

Autor	Variedad/País	<i>Trans</i> -R ^a	<i>Cis</i> -R ^a
Soleas y col., 1995	Cabernet Sauvignon, Canadá, USA	0,54- 4,59	0,90-4,62
Soleas y col., 1995	Pinot Noir, Canadá, USA	0,53- 1,12	0,56-1,43
Mozzon y col., 1996	Cabernet Sauvignon, Toscana, Italia	0,30- 2,10	0,60-1,90
Dourtoglou y col., 1999	Xynomavro/Negoska, Grecia	0,37- 1,57	—
Gu y col., 1999	Cabernet Sauvignon, California, USA	0,22- 0,55	0,15-0,98
Gu y col., 1999	Pinot Noir, California, USA	1,81- 5,82	0,01-0,56
Ribeiro de Lima y col., 1999 ^b	Portugal	1,00- 1,50	2,10-2,60
Roggero, 1999	Francia	3,20- 3,90	2,60-3,80
Martínez-Ortega y col., 2000 ^b	Cabernet Sauvignon/Tempranillo, España	0,04- 0,47	0,13-0,48
Franco y col., 2000 ^b	Cerdeña, Italia	0,36- 6,05	0,42-4,44
Adrián y col., 2000	Pinot Noir, Suiza	6,30-11,90	1,70-3,90
Belgaied, 2001	Cabernet Sauvignon, Túnez	0,97- 1,26	—
Souto y col., 2001	Cabernet Sauvignon, Brasil	1,53- 2,01	—
Souto y col., 2001	Pinot Noir, Brasil	3,36- 4,21	—
Yunoki y col., 2001	Japón	0,24- 1,52	0,47-2,19
Kallithraka y col., 2001	Xinomauro Krasato/Stavroto, Grecia	0,67- 1,83	—

^a Valores para isómeros *trans*- y *cis*- en concentraciones mg/l.

^b Autores también analizaron piceído y estilbenos totales en vino tinto.

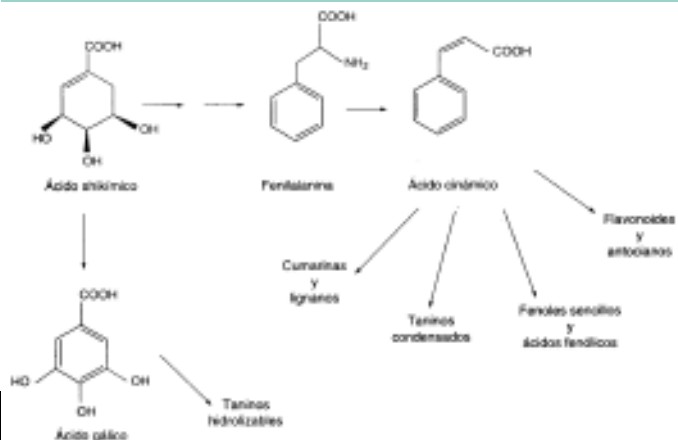
— No analizado.

R Resveratrol.

Las principales propiedades químicas de este primer grupo de fenoles sencillos y los ácidos fenólicos son su carácter ácido. En el caso de los fenoles sencillos, la acidez es debida a la función fenol y en el caso de los ácidos fenólicos se debe a la función ácido y a la función fenol. Los fenoles sencillos son solubles en solución acuosa de carbonato sódico y los ácidos fenólicos en solución acuosa de hidrogenocarbonato sódico, una base más débil que la anterior. Esta propiedad permite la separación de estos dos tipos de compuestos, ya que, tratando primero con solución acuosa de hidrogenocarbonato sódico, se solubilizan y separan los ácidos fenólicos y posteriormente, haciéndolo con carbonato de sodio, se solubilizan los fenoles sencillos. Estos compuestos se extraen del vegetal (donde se encuentran mayoritariamente combinados) con mezclas hidroalcohólicas. Las formas libres se extraen con disolventes orgánicos (éter) en medio ácido (Robinson, 1991).

Además poseen propiedades reductoras que se utilizan para su identificación. Son capaces de formar complejos: dan positivo en el test del cloruro férrico. Son capaces de copular con las sales de diazonio: dan productos "azo" coloreados. Son bastante inestables. En forma de heterósidos o ésteres, se hidrolizan con facilidad en medio básico o por acción enzimática (figura 1) (Robinson, 1991).

Principales estructuras fenólicas procedentes de la ruta del shikímico (Kuklinski, 2000)



→ Figura 1

❑ GRUPO 2

En el segundo grupo recogemos las **cumarinas** que son derivados de benzo- α -pirona, sus estructuras son muy variadas y, debido a ello, se observa gran variabilidad en sus acciones farmacológicas: disminuyen la permeabilidad capilar y refuerzan los capilares, antiinflamatorios, antiespasmódicos, anticoagulantes (dicumarol), entre otras (Robinson, 1991).

❑ GRUPO 3

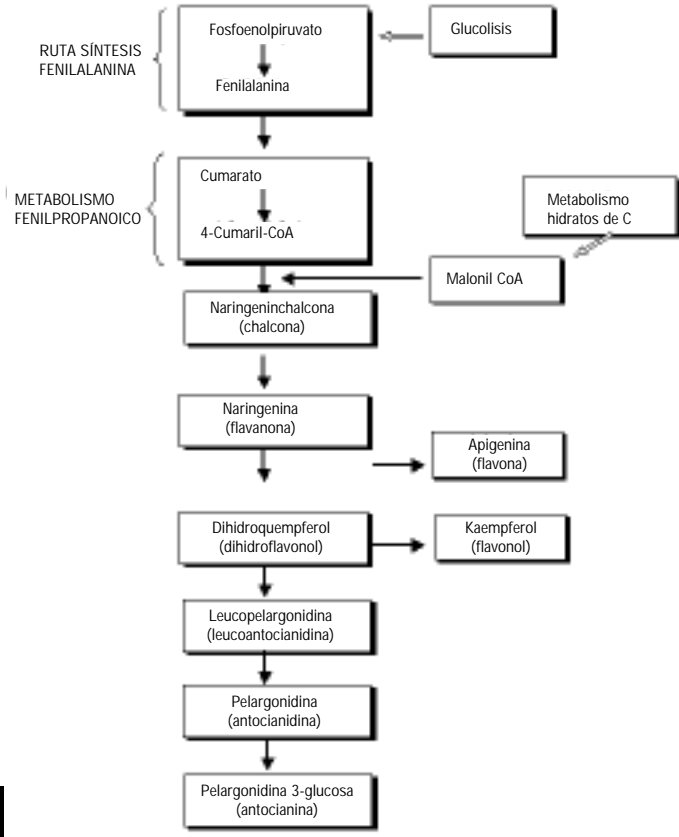
En este grupo tenemos los **lignan**s, son compuestos que tienen una estructura constituida por dos unidades de fenilpropano. Entre las especies que tienen lignanos destacan el podófilo y el cardo mariano. El podófilo tiene polifolotoxina y peltatinas cuyas principales acciones son su efecto antimitótico, antimicótico, antivirico y laxante. El cardo mariano contiene flavanolignanos con efectos hepatoprotector, antirradicales libres, diurético y antiinflamatorio (uso externo) (Robinson, 1991).

❑ GRUPO 4

Los **flavonoides** (grupo 4) constituyen la fuente más importante de polifenoles de las plantas. Las principales familias que contiene flavonoides son: Rutáceas, Polygonáceas, Compuestas y Umbelíferas. Se han encontrado en raíces, tallos, flores, frutos y semillas (Robinson, 1991). La distribución cuantitativa varía entre los diferentes órganos de la planta y entre las diferentes especies. Esta variabilidad está condicionada por la genética y por otros factores, entre los que se incluyen la climatología, estado de madurez, la posición en el árbol, el origen y las prácticas agrícolas. En el caso de los productos procesados, el contenido de flavonoides estará condicionado significativamente por el tipo de procesamiento tecnológico que se utilice (Robards y Antolovich, 1997).

La estructura común de los flavonoides y los compuestos relacionados antocianos, catequinas y leucoantocianidinas (Robinson, 1991; Meltzer y Malterud, 1997), procede del metabolismo secundario de los vegetales a través de la ruta del ácido shikímico y la ruta de los policétidos (figura 2).

Biosíntesis de algunas claves de flavonoides (Robards y Antolovich, 1997)



➔ Figura 2

Más de 4.000 flavonoides se han descrito en la literatura, y el número de sustancias caracterizadas se está incrementando continuamente debido a la gran variedad en cuanto a los tipos de sustitución (patrones de hidroxilación-, metoxilación-, sulfación- y glicosilación, además de la C-metilación, C-glicosilación) (Meltzer y Malterud, 1997).

Aquellos compuestos que se detectan en las hojas pueden ser diferentes de los que presentan las flores, tallos, raíces y frutos. Además, los flavonoides de las zonas más superficiales de las plantas son

normalmente diferentes a los encontrados en las zonas más internas. Normalmente los flavonoides en la superficie están metilados y no sustituidos con azúcares (Robards y Antolovich, 1997).

Los flavonoles están normalmente presentes en nuestros alimentos como monoglucósidos, siendo la D-glucosa el azúcar más común. Otros azúcares pueden ser la galactosa, ramnosa, arabinosa, xilosa, además del ácido glucurónico (Robards y Antolovich, 1997). Las agliconas de los flavonol glucósidos son el kaempferol, la quercetina y la miricetina. Los flavonoles se suelen presentar en las hojas y en las partes más externas de las plantas, mientras que tan sólo cantidades traza se han encontrado en las raíces. Los diglucósidos observados en las frutas con cierta frecuencia son el 3-rutinósido de la quercetina y kaempferol (Robards y Antolovich, 1997).

Cabe destacar en este grupo las **catequinas**, su importancia radica en que son sustratos naturales de las polifenol-oxidasas y, por tanto, están implicadas en los fenómenos de pardeamiento en los alimentos (Robards y Antolovich, 1997).

En la mayoría del reino de las plantas las flavanonas se encuentran en pequeña cantidad, sin embargo constituye el flavonoide mayoritario de los cítricos, presentándose como glucósidos, algunas de ellas responsables del sabor amargo de los cítricos y sus productos derivados (Robards y Antolovich, 1997).

Los frutos, a diferencia de otros órganos de las plantas se caracterizan también por una gran cantidad de antocianinas monoglucósidos en comparación con los diglucósidos. Los azúcares más comunes a los que se unen son glucosa, arabinosa y galactosa. Las antocianinas y **antocianidinas** se descomponen por tratamiento térmico (Robinson, 1991). Las antocianinas que contienen grupos hidroxilo adyacentes no sustituidos forman fácilmente quelatos con algunos cationes, provocando así colores extraordinarios en productos tales como frutas enlatadas o mermeladas (Hawthorn, 1983 ; Robinson, 1991; Rice-Evans y col., 1996; Robards y Antolovich, 1997).

En relación con las propiedades de los flavonoides, su solubilidad depende de la forma en que se encuentran: aglicones libres o heterósidos. Los aglicones son insolubles en agua, poco soluble en mezclas hidroalcohólicas y solubles en disolventes orgánicos polares o apolares. Los heterósidos son solubles en agua y en mezclas hidroalcohólicas e insolubles en disolventes orgánicos apolares. Debido a las

funciones fenol, son ionizables en medio básico, lo cual permite su identificación porque tienen reacciones coloreadas con ciertos compuestos. Producen generalmente soluciones amarillas que al acidificar viran a incoloras. Ciertos grupos funcionales de los flavonoides son capaces de formar complejos con metales como el Fe^{3+} o el Al^{3+} . Son sustancias fácilmente oxidables y, por lo tanto, antioxidantes porque se oxidan con mayor rapidez que otro tipo de sustancias (Kuklinski, 2000).

❑ GRUPO 5

En este grupo se incluyen los **taninos**, que están constituidos por un amplio grupo de compuestos hidrosolubles con estructura polifenólica, capaces de precipitar ciertas macromoléculas (proteínas, alcaloides, celulosa, gelatina). Esta capacidad para precipitarlas es la base de sus dos propiedades principales: su capacidad de curtir la piel y su poder astringente. Son también agentes quelantes; por esta razón se utilizan como antídoto en intoxicaciones causadas por metales pesados (mercurio, plomo, estaño, cinc). Se oxidan con facilidad, sobre todo en medio ácido, y pueden actuar como reductores de ciertos compuestos (Bravo, 1998).

❑ GRUPO 6

El grupo 6 lo constituyen las **quinonas**, son compuestos aromáticos con dos grupos cetona. Estas dicetonas insaturadas por reducción se convierten en polifenoles. Sus acciones son muy variadas, las plastoquinonas intervienen en la fotosíntesis de las plantas, las ubiquinonas intervienen en los procesos de respuesta vegetal. La plumbagoneína tiene poder antitumoral, la jugloneína propiedades antisépticas. Las antraquinonas destacan por sus propiedades laxantes y las antracilnones por sus propiedades antibióticas. Los antracenosídeos son heterósidos con el sistema tricíclico del antraceno pero con el anillo central más o menos oxidado, lo cual permite diferenciar los distintos tipos de derivados: oxantronas (con una función cetona y una función alcohol en el anillo central), antronas (con sólo una función cetona en el anillo central) y dihidroantranoles (con sólo una función alcohol en el anillo central, son muy inestables y se degradan con facilidad). Generalmente en las plantas se encuentran las formas combinadas y reducidas y en muestras desecadas se encuentran las formas oxidadas (Kuklinski, 2000).

BIOSÍNTESIS DE FLAVONOIDES

Los polifenoles son productos secundarios del metabolismo de las plantas que se forman a partir de dos importantes rutas primarias: la ruta del shikimato (síntesis de la fenilalanina) y la ruta del acetato (Bravo, 1998) (figura 2). Tanto el ácido acético como el ácido shikímico provienen del metabolismo de la glucosa. El ácido acético en su forma activa acetyl-CoA o posteriormente como malonil-CoA es el punto de partida de la síntesis de los ácidos grasos en la ruta primaria, pero también es el punto de partida en la ruta secundaria de la síntesis de los flavonoides (figura 3). Los productos de la ruta primaria del shikimato son aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina) pero su degradación los introduce en la ruta del fenilpropanoico considerada como secundaria. Sin embargo, la ruta del fenilpropanoico está presente de todas formas en las plantas superiores y constituye el núcleo de una serie de rutas relacionadas que genera diversos productos, entre ellos los flavonoides. La ruta del fenilpropanoico parece esencial en la supervivencia de las plantas terrestres proporcionándoles constituyentes tales como la lignina con importante papel tanto mecánico como estructural (Rhodes, 1998).

Esquema resumido del origen biosintético de flavonoides (Kuklinski, 2000)



Figura 3

El primer anillo se genera por condensación de tres moléculas de malonil-CoA derivadas del metabolismo de la glucosa. Los otros anillos también se forman a partir del metabolismo de la glucosa por

medio de la ruta del shikimato y del fenilpropanoico, formando cadenas C9. Éstos condensan con el producto C6 del malonato para formar la chalcona C15. Después del cierre de anillos y de la hidratación se generan diversos tipos de flavonoides (Formica y Regelson, 1995) (figura 2).

LOS COMPUESTOS FENÓLICOS COMO RESPUESTA FISIOLÓGICA EN EL VEGETAL

Se han demostrado numerosas funciones de estos compuestos en las plantas que los sintetizan con fines defensivos. Algunos flavonoides pueden tener un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, mientras que otros pueden proteger los constituyentes celulares más vulnerables de la radiación de la luz UV. Se ha observado que la biosíntesis de flavonoides se induce o se incrementa con la irradiación UV. Sin embargo, las investigaciones se han centrado en la interacción que se puede producir entre las plantas y otros organismos vivos, y más concretamente, los efectos de los compuestos fenólicos sobre los microorganismos que pueden infectar las plantas (Robards y Antolovich, 1997).

También algunos investigadores han considerado que se forman como mecanismo de defensa frente a los animales herbívoros, aportando un sabor amargo, menor digestibilidad y efectos adversos sobre la permeabilidad de la pared intestinal. De ahí que los animales hayan desarrollado la capacidad de reconocer y evitar las dietas ricas en taninos (Clausen y col., 1992).

BIOACTIVOS SALUDABLES

La absorción vía digestiva de algunos compuestos fenólicos se ve favorecida por la glucosa, que mediante reacciones catalizadas por transferasas específicas (Robards y Antolovich, 1997), forman glucósidos con lo que son ingeridos de la dieta (Romero-Pérez y col., 1999) también estos compuestos fenólicos, por medio de el ácido glucurónico a través de reacciones catalizadas por el UDP-glucuronil transferasa cuyas isoformas al estar expresadas en tejidos como el hígado, riñón o corazón permiten que estos compuestos sean retenidos en el organismo (Turner y col., 1999; Aumont y col., 2001).

Desde un punto de vista bioquímico, los compuestos fenólicos son de especial interés debido a su potencial anticarcinógeno, estimulando el bombeo de ciertos agentes cancerígenos hacia el exterior de las células o mediante la inducción de enzimas de detoxificación (Mazza, 2000). La literatura recoge que muchos flavonoides tienen efectos citostáticos en varios sistemas *in vitro*, y son capaces de regular ciertos procesos importantes en el desarrollo del cáncer. Por ejemplo tienen actividad antipromotora, efecto antiinvasivo, e inhibe enzimas como la tirosina proteinkinasa, la ornitina descarboxilasa TPA-dependiente y la DNA topoisomerasa. Son numerosos los estudios que demuestran que los isoflavonoides de la soja (especialmente genisteína) pueden tener efecto protector frente a diferentes tipos de cáncer (mama, colon y piel). Este hecho, se ha relacionado con el efecto estrogénico de los isoflavonoides, mediante diferentes mecanismos bioquímicos (Barnes, 1995; Herman y col., 1995).

Sin embargo, hay estudios que indican que la ingesta de flavonoides no está correlacionado con una menor incidencia de cáncer o incluso que podrían tener efectos carcinogénicos si se ingieren en grandes dosis y durante un largo periodo de tiempo, pero esto no se ha confirmado en trabajos posteriores y parece ser que este efecto es de menor relevancia en el cáncer que sus efectos antimutagénicos (Pamukcu y col., 1980; Hertog y col., 1995). De hecho, en el estudio epidemiológico de Zutphen, realizado en 552 ancianos entre 50 y 69 años durante un período de 5 años, se observó que la ingesta de flavonoides estaba inversamente correlacionada con la mortalidad producida por enfermedades cardíacas y con la incidencia de ataques cardíacos. Se observó un 60% menos de mortalidad entre los que ingerían un mayor contenido de flavonoides en su dieta (Hertog y col., 1993).

Los compuestos fenólicos protegen de la oxidación a las lipoproteínas de baja densidad (LDL) desempeñando un papel clave para prevenir la aterosclerosis. También pueden prevenir la trombosis, inhibiendo la agregación plaquetaria, la permeabilidad y fragilidad capilar (Mazza, 2000). Este efecto se ha demostrado mediante experimentos con animales *in vitro* y *in vivo*. En muchos casos se inhibe la AMP cíclico fosfodiesterasa y como resultado se incrementan los niveles de cAMP. Se reduce el nivel de calcio, se inhibe el "factor de activación plaquetario", captación de radicales libres y se reduce la liberación de enzimas que favorecen la agregación plaquetaria (Meltzer y Malterud, 1997; Craig, 1999).

Los compuestos fenólicos también son considerados como reguladores del sistema inmune y como antiinflamatorios, probablemente debidos a la modulación del metabolismo del ácido araquidónico,

reduciendo los niveles de tromboxano. También modulan la actividad enzimática de la ciclooxigenasa, lipoxigenasa, fosfolipasa A2, hialuronidasa, e inhiben la acción de la angiotensina convertasa, mieloperoxidasa (que produce el hipoclorito y otros prooxidantes) y xantinoxidasa (que produce los radicales superóxido), entre otras. Por dichos efectos constituyen un amplio potencial para su utilización con fines médicos (Craig, 1999).

Son numerosos los estudios que han mostrado que este tipo de compuestos poseen propiedades antioxidantes, inhibiendo la peroxidación lipídica y captando radicales libres como hidroxilo, superóxido y alcoxi radical (Sichel y col., 1991). Normalmente esta actividad antioxidante se debe a la proximidad de los grupos hidroxilo (posición 3' y 4'), un doble enlace entre C2 y C3 conjugado con un grupo carbonilo en posición C4, y grupos hidroxilo en C3 y C5. Aunque algunos flavonoides son potentes antioxidantes y captadores de radicales sin tener esta estructura (Mathiesen y col., 1995; Malterud y col., 1996).

Además se les atribuyen propiedades hepatoprotectoras (Kawada y col., 1998). Estudios han demostrado el papel protector de isoflavonas existentes en la soja frente a la osteoporosis (Merz-Demlow y col., 1999; Scheiber y col., 2001).

También se han descrito efectos antivíricos, antibacterianos, y antifúngicos. Se ha observado *in vitro* el potencial de la epicatequina como agente antivírico, ya que inhibe la transcriptasa reversa derivada del virus de la leucemia de murinos de Moloney. Los inhibidores de la transcriptasa reversa pueden actuar de forma muy específica contra retrovirus porque la acción de la transcriptasa reversa es diferente de la de los enzimas celulares, incluyendo la ADN polimerasa (Mazza, 2000). Las antocianidinas pueden inhibir los enzimas que intervienen en la replicación del rinovirus (resfriado común) y el virus de la inmunodeficiencia humana (HIV) (Hocman, 1989).

Los efectos beneficiosos de la ingesta de un elevado número de alimentos ricos en compuestos fenólicos, (cuya respuesta fisiológica en el organismo está probada), como fresas, espinacas, vino tinto se pueden evaluar a corto plazo ya que aumentan la capacidad antioxidante en suero (Cao y col., 1998 y Velioglu y col., 1998), lo que avala el creciente interés por el consumo de alimentos ricos en estas estructuras.

PRESENCIA DE COMPUESTOS FENÓLICOS EN LOS ALIMENTOS

En los alimentos encontramos flavonoides como sustancias que contribuyen al color de los mismos. Así, las antocianinas imparten color rojo, púrpura o malva a las frutas, hortalizas y al vino y pueden generar color azul cuando se combinan con otras sustancias en las plantas. Las chalconas y auronas son amarillas. Las flavonas y flavonoles pueden ser de color crema o amarillo pálido. Algunos de estos colores son sólo visibles por insectos polinizadores (Meltzer y Malterud, 1997).

Las antocianinas son sensibles a los cambios de acidez, siendo los colores rojos los que predominan en las condiciones ácidas, pero a un pH más elevado el color cambia a amarillo o azul. Aunque son sensibles a la cocción, durante dicho procesado son estables y retienen su color debido a que el pH se mantiene bajo por la actividad de los ácidos vegetales. En el proceso de enlatado, las condiciones de las frutas se endurecen y se blanquean o decoloran. Por ello con frecuencia se añaden colorantes artificiales a fruta enlatada para conseguir una coloración natural (Fox y Camerón, 1992).

Los flavonoides son también responsables de cambios no deseables tales como el pardeamiento de las superficies cortadas de frutas tales como manzanas, peras, melocotones y ciruelas y el oscurecimiento de las patatas cocidas, como resultado de la oxidación enzimática de compuestos fenólicos endógenos a quinonas cuando polimerizan para formar dichos compuestos oscuros. Aparte de las consideraciones económicas, que son considerables, las reacciones de pardeamiento son responsables de algunos fenómenos que afectan al color, sabor y valor nutricional de los productos derivados de las plantas. Además estas reacciones pueden afectar la resistencia característica de las frutas y hortalizas frente al ataque de los hongos durante el almacenamiento. Este grupo de polifenoles contribuye además a la textura de las frutas como la manzana. En los zumos de frutas y en el vino, los flavonoides pueden contribuir a la formación de sedimentos que se evidencian dando opacidad al producto, al combinarse flavonoides como las catequinas con las proteínas (Hawthorn, 1983; Robards y Antolovich, 1997).

El amargor de las frutas es causado por la presencia de flavonoides o taninos (Fox y Camerón, 1992). La eliminación del sabor amargo de los zumos y productos diversos de frutos cítricos es posible por degradación del resto de azúcar con ayuda de mezclas de enzimas α -ramnosidasa/ β -glucosidasa, que

pueden ser obtenidas a partir de microorganismos. Ciertos glucósidos flavanónicos amargos pueden transformarse por apertura del anillo en chalconas de sabor dulce. La condición indispensable para la aparición del sabor dulce es que exista un grupo OH libre en posición 3' o 4' (Belitz y Grosch, 1988).

NARINGINA (SABOR AMARGO) → NARINGENINA (SABOR NEUTRO) + RAMNOSA + GLUCOSA

Las propiedades redox que poseen los compuestos fenólicos y de las que hablamos anteriormente, avalarían el comportamiento antioxidante de muchas de estas estructuras presentes en los alimentos y los estudios que de ello se están desarrollando en los últimos años. En el té verde se ha determinado la presencia de flavanoles como catequina, galocatequina, epicatequina y epigalocatequina, siendo estas dos últimas las que confieren mayor protección frente a la peroxidación lipídica (Ramarathnam y col., 1995; Craig, 1999). En la cerveza destacan la catequina y epicatequina en cantidades variables de 0,5 a 10 mg/l, antocianinas (cianidina 4-80 mg/l, delphinidina 1-10 mg/l, pelargonidina 0-5 mg/l), flavonoles (quercetina, miricetina y kaempferol hasta 10mg/l) e isoflavonoides (Charalambous y Bruckner, 1977). En el chocolate se han detectado tres grupos de flavonoides. Los flavanoles cuyo principal representante es la epicatequina, en menor proporción la catequina y como trazas la galocatequina y epigalocatequina. También se han identificado proantocianidinas. En menor cantidad, los representantes de los flavonolglucósidos en el chocolate son los provenientes de la quercetina (Wollgast y Anklam, 2000).

Justesen y Knuthsen (2001), analizando el contenido en flavonoides de diversas hierbas y especias destacaron el eneldo con flavonoles (quercetina 48-110 mg/100g y kaempferol 16-24 mg/100g) y flavonas (isorhamnetina 15-72 mg/100g). En la menta detectaron flavonas (apigenina y luteolina, 18-99 y 11-42 mg/100g, respectivamente). Igualmente en el tomillo se observó la presencia de dichas flavonas, apigenina y luteolina, en cantidades de 5 y 51 mg/100g respectivamente. En cantidades inferiores se detectaron también en orégano y romero. Sin embargo, en el perejil la flavona mayoritaria es la apigenina (510-630 mg/100g) (Yamamura y col., 1998; Kanazawa y col., 1995), romero (Cuvelier y col., 1996), tomillo (Guillén y Manzanos, 1998), salvia (Maillard y col., 1996), ginkgo y espino blanco (Craig, 1999) y otras plantas autóctonas de Latinoamérica (Parejo y col., 2002).

Son numerosos los estudios que recogen los diferentes flavonoides en vegetales, de hecho Wang y col., 1996 recogen un listado de frutas y zumos de frutas con capacidad antioxidante total donde la fruta de mayor capacidad es la fresa, seguida de ciruela > naranja > uva negra > kiwi > uva blanca > plátano > manzana > tomate > pera y melón y sus zumos respectivos, todo ello justificado por su importante concentración de flavonoides. Y es que en los cítricos existen cuatro tipos de flavonoides: flavanonas, flavonas, flavonoles y antocianinas. Las flavanonas son los flavonoides más abundantes en los cítricos, mientras que las flavonas y flavonoles se encuentran en cantidades considerablemente menores. Entre las flavanonas, la mayoritaria en las naranjas dulces, mandarinas y limones es la hesperidina, mientras que en el pomelo es la naringina (Robards y Antolovich, 1997). Las flavonas que se han identificado en cítricos como la naranja, el pomelo y el limón, son la nobiletina, diosmetina, tangeritina, apigenina y luteolina (Belitz y Grosch, 1988; Robards y Antolovich, 1997). Entre los flavonoles, la quercetina, rutina y kaempferol. Además en el limón se han identificado otros como rutina, limocitrol, limocitrina, e isolimocitrol (Robards y Antolovich, 1997). En las naranjas, sólo algunas variedades rojas, de ahí su nombre "naranjas sanguinas" contienen antocianinas y son monoglucósidos de pelargonidina y glucósidos de delfinidina, peonidina y petunidina (Mazza, 1993).

La manzana, además de la quercetina tiene otros compuestos fenólicos como los flavanoles, catequina y epicatequina, detectados también en melocotón, pera y ciruela. Entre las antocianidinas, la cianidina está prácticamente en todas las frutas, siendo ésta la más abundante entre otras en el melocotón y la pera. También se han identificado en estas frutas monoglucósidos de cianidina y además en la ciruela glucósidos de peonidina (Robards y Antolovich, 1997).

El perfil de los flavonol-glucósidos del albaricoque, presenta glucósidos de quercetina y kaempferol, mientras que en fresas, frambuesas y zarzamora no difiere significativamente (Robards y Antolovich, 1997). En estas frutas la antocianidina, más detectada es la cianidina y además en las frambuesas la pelargonidina. En las frambuesas se han identificado una serie de pigmentos inestables que se degradaban durante el almacenamiento y la fermentación. Entre los cuales el más estable es cianidina-3-soforósido mientras que el considerado menos estable es la cianidina-3-glucósido (Robards y Antolovich, 1997). Los flavanoles mayormente identificados en las cerezas son catequina y epicatequina y entre las antocianinas, monoglucósidos de cianidina (Robards y Antolovich, 1997).

Hertog y col., 1993 investigaron también los flavonoles en zumos de frutas (manzana, uva, tomate, pomelo, limón, naranja) evaluando la quercetina que se mostró en mayor proporción alcanzando un valor máximo de 13 mg/l en el zumo de tomate, y los valores de miricetina inferiores a 0,5 mg/l, excepto en el zumo de uva 6,2 mg/l. En el zumo de grosella las antocianinas cianidina y delphinidina en sus formas glucósido y rutinósido destacaron de forma acusada (Miller y Rice-Evans, 1997).

Hertog y col., 1993 también analizaron el contenido de quercetina y miricetina en vinos tintos y uvas oscilando entre 4 y 16 mg/l y entre 7 y 9 mg/l, respectivamente. En el extracto de uva además de los flavonoles mencionados anteriormente se ha detectado la presencia de kaempferol y entre los flavonoles la catequina, epicatequina, galocatequina y epigalocatequina (Bagchi y col., 1998; Teissedre y Landrault, 2000). En el vino tinto y uva negra se observaron cantidades significativas de antocianinas (Craig, 1996). Se han identificado los glucósidos de cianidina, peonidina, malvidina, delphinidina y petunidina (Mazza y col., 1999; García-Nenytz y col., 2002).

Un estudio que interesa mucho al consumidor, por la gran cantidad de alimentos que evalúa, establece que el contenido de fenoles totales en vegetales es mayor para la remolacha > cebolla roja > brócoli > espárragos > alubias > ajos > espinacas > pimienta > cebolla > champiñón > coliflor > col > maíz > tomates > calabacín > lechuga > pepino > zanahoria > patata dulce > apio > patata (Vinson y col., 1998).

Quizás entre los flavonoles, la quercetina sea de los más estudiados, siendo las principales fuentes de dicho compuesto brécol, col, uva negra, cerezas, alubias, manzanas, cereales y cebolla (Kähkönen y col, 1999); siendo ésta última uno de los alimentos con mayor biodisponibilidad (Vinson y col., 1998).

USOS DE LOS FLAVONOIDES

a) Como fórmulas farmacéuticas. Algunos flavonoides se utilizan por sus propiedades farmacológicas. Así desde la antigüedad, los asiáticos han bebido el té verde como remedio medicinal por su alto contenido en flavonoides y sólo últimamente el uso de flavonoides y preparaciones que los contienen

se basan en conocimientos bioquímicos (Mazza, 2000). El primer efecto biológico que se observó fue contrarrestar la permeabilidad capilar. La administración oral o por inyección intravenosa o intramuscular de preparados farmacéuticos de antocianinas de *Vaccinium myrtillus* (VMA) reduce la permeabilidad y fragilidad capilar. Esta actividad antiinflamatoria de las VMA es la responsable de sus propiedades anti-edema y de su actividad sobre la microangiopatía diabética (Mazza, 2000).

La silibina del cardo (*Silybum marianum*, planta medicinal de Europa central) tiene efectos hepatoprotectores y por ello se ha incluido en muchas fórmulas farmacéuticas. Así sucede con la catequina para combatir enfermedades hepáticas, el espino blanco (*Crataegus*) para tratar insuficiencias cardíacas leves y extractos de la *Ginkgo biloba* (antigua planta medicinal china) para las insuficiencias cerebrales relacionada con la edad, entre otros usos (De Smet, 1993). En varios estudios epidemiológicos se observa que beber té verde o negro puede bajar las concentraciones de colesterol en sangre, aportando así mayor protección frente a las enfermedades cardiovasculares (Craig, 1999).

Teniendo en cuenta que la distribución de flavonoides es tan amplia en las plantas se podría estudiar para incrementar su uso en medicina con el fin de controlar alguna de las enfermedades (Robards y Antolovich, 1997).

b) Uso industrial. También se utilizan a escala industrial, la naringina y neohesperidina puesto que se pueden transformar en sus correspondientes dihidrochalconas y tienen una potente capacidad para dulcificar. Sin embargo, hay todavía gran diversidad de flavonoides que se podrían explotar como sustitutos de aditivos sintéticos (Martínez-Tomé y col., 2001) y/o para incrementar la producción de alimentos (Robards y Antolovich, 1997).

c) Como alimentos funcionales por su riqueza en flavonoides. Investigadores sobre el envejecimiento, cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y muchas otras enfermedades relacionadas con la edad se han dado cuenta de la importancia de la prevención de enfermedad. Los alimentos tradicionalmente utilizados durante generaciones están siendo objeto de nuevas investigaciones. Es muy probable que se aislen nuevos tipos de antioxidantes procedentes de las plantas y que el incremento en el consumo de alimentos vegetales llegue a ser la tendencia de las próximas décadas (Ramarathnam y col., 1995).

Términos como *alimentos funcionales*, *alimentos de diseño*, *alimentos terapéuticos*, *nutraceúticos* que en muchos casos conllevan un enriquecimiento en compuestos fenólicos son cada vez más utilizados por la población. De ahí la necesidad de investigar los productos derivados de las plantas de forma más sistemática. Los estudios realizados *in vitro* deben ser interpretados minuciosamente y documentados con más experiencias *in vivo*.

BIBLIOGRAFÍA

- AUMONT, V.; KRISA, S.; BATTAGLIA, E.; NETTER, P.; RICHARD, T.; MÉRILLON, J. M.; MAGDALOU, J.; SABOLOVIC, N. (2001): "Regioselective and stereospecific glucuronidation of *trans*- and *cis*-resveratrol in human", *Arch. Biochem. Biophys.*, 15: 281-289.
- BAGCHI, D., A. GARG, R. L. KROHN, M. BAGCHI, D. J. BAGCHI, J. BALMOORI y S. J. STOHS (1998): "Protective effects of grape seed proanthocyanidins and selected antioxidants against TPA-induced hepatic and brain lipid peroxidation and DNA fragmentation, and peritoneal macrophage activation in mice", *Gan. Pharmac.*, 30: 771-776.
- BARNES, S. (1995): "Effect of genistein on in vitro and in vivo models of cancer", *J. Nutr.*, 125: 777S-783S.
- BRAVO, L. (1998): "Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance", *Nutr. Rev.*, 56: 317-333.
- BELITZ, H.D. y W. GROSCH (1988): "Lípidos", en *Química de los alimentos*, págs. 133-207, Ed. Acribia, Zaragoza.
- CAO, G., R. M. RUSSELL, N. LISCHNER y R. L. PRIOR (1998): "Serum antioxidant capacity is increased by consumption of strawberries, spinach, red wine or vitamin C in elderly women", *J. Nutr.*, 128: 2383-2390.
- CELOTTI, E., R. FERRARINI, R. ZIRONI y L. S. CONTE (1996): "Resveratrol content of some wines obtained from dried Valpolicella grapes: Recioto and Amarone", *J. Chromat. A.*, 730: 47-52.
- CHARALAMBOUS, G. y K. J. BRUCKNER (1977): "Analysis of metallic ions in brewing materials, wort, beer and wine by inductively coupled argon plasma-atomic emission spectroscopy", *Technical Quarterly*, 14: 197-208.
- CLAUSEN, T. P., P. B. REICHARDT, J. P. BRYANT y F. PROVENZA (1992): "Condensed tannins in plant defense: a perspective on classical theories", en *Plant Polyphenols: synthesis, properties, significance*. Ed. Hemingway y Laks, Plenum Press, New York.
- CRAIG, W. J. (1996): "Phytochemicals: guardians of our health", *J. Am. Diet. Assoc.*, 97: S199-S204.
- (1999): "Health-promoting properties of common herbs", *Am. J. Clin. Nutr.*, 70: 491S-499S.

- CUVELIER, M. E., H. RICHARD y C. BERSET (1996): "Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary", *J.A.O.C.S.*, 73: 645-652.
- DE SMET, P. A. G. M. (1993): "An introduction to herbal pharmacoepidemiology", *J. Ethnopharmacol.*, 38: 197-208.
- FORMICA, J. V., y W. REGELSON (1995): "Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids", *Food Chem. Toxic.*, 33: 1061-1080.
- FOX Y CAMERÓN: *Ciencia de los alimentos, nutrición y salud*, Ed. Noriega, 1992.
- GARCÍA-BENEYTEZ, E., E. REVILLA y F. CABELLO (2002): "Anthocyanin pattern of several red grape cultivars and wines made from them", *Eur. Food Res. Technol.*, 215: 32-37.
- GÓMEZ-FERNÁNDEZ, J. C., M. MARTÍNEZ-TOMÉ, A. M. JIMÉNEZ y M. A. MURCIA (2003): *Resveratrol, a new secret of wine? La Phytotherapie Europeenne*.
- GUILLÉN, M. D. y M. J. MANZANOS (1998): "Study of the composition of the different parts of a Spanish *Thymus vulgaris*", *L. Plant. Food Chem.*, 63: 373-383.
- HAWTHORN: *Fundamentos de ciencia de los alimentos*, Ed. Acribia, 1983.
- HERMAN, C., H. ADLERCREUTZ, B. R. GOLDIN, S. L. GORBACH, K. A. V. HÖCKERSTEDT y S. WATANABE (1995) "Soybean phytoestrogen intake and cancer risk", *J. Nutr.*, 125: 757S-770S.
- HERTOG, M. G. L., D. KROMHOUT, C. ARAVANIS, H. BLACKBURN, R. BUCINA y F. FIDANZA (1995): "Flavonoid intake in long-term risk of coronary heart disease and cancer in the Seven Countries Study", *Arch. Intern. Med.*, 155: 381-386.
- HERTOG, M. G. L., E. J. M. FESKENS, P. C. H. HOLLMAN, M. B. KATAN y D. KROMHOUT (1993): "Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease", *Lancet*, 342: 1007-1011.
- HOCMAN, G. (1989): "Prevention of cancer: vegetables and plants", *Comp. Biochem. Physiol.*, 93B: 201-212.
- HRAZDINA, G. (1992): "Biosynthesis of flavonoids", en *Plant Polyphenols: synthesis, properties, significance*, Ed. Hemingway y Laks, Plenum Press, New York.
- JUSTESEN, U. y P. KNUTHSEN (2001): "Composition of flavonoids in fresh herbs and calculation of flavonoid intake by use of herbs in traditional Danish dishes", *Food Chem.*, 73: 245-250.
- KÄHKÖNEN, M. P., A. I. HOPIA, H. J. VUORELA, J. P. RAUHA, K. PIHLAJA, T. S. KUJALA y M. HEINONEN (1999): "Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds", *J. Agric. Food Chem.*, 47: 3954-3962.
- KANAZAWA, K., H. KAWASAKI, K. SAMEJIMA, H. ASHIDA y G. DANNO (1995): "Specific desmutagens (antimutagens) in oregano against a dietary carcinogen, Trp-P-2, are galangin and quercetin", *J. Agric. Food Chem.*, 43: 404.
- KAWADA, N., S. SEKI, M. INOUE y T. KUROKI (1998): "Effect of antioxidants, resveratrol, quercetin and N-acetylcysteine, on the functions of cultured rat hepatic stellate cells and kupffer cells", *Hepatology*, 27: 1265-1274.

- KUKLINSKI, C. (2000): *Componentes químicos. Farmacognosia*, págs. 94-125, Ed. Omega, Barcelona.
- MAILLARD, M. N., P. GIAMPAOLI y M. E. CUVELIER (1996): "Atmospheric pressure chemical ionisation liquid chromatography-mass spectrometry: characterisation of natural antioxidants", *Talanta*, 43: 339-347.
- MALTERUD, K. E., D. H. OANH y R. B. SUND (1996): "C-Methylated dihydrochalcones from *Myrica gale* L.: Effects as antioxidants and scavengers of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl", *Pharmacol. Toxicol.*, 78: 111-116.
- MARTÍNEZ-TOME, M., A. M. JIMÉNEZ, S. RUGGIERI, N. FREGA, R. STRABBIOLI y M. A. MURCIA (2001): "Evaluation of the antioxidant properties of mediterranean spices compared with common additives for use as functional foods", *J. Food Protection*, 64 (9): 1412-1419.
- MATHIESEN, L., K. E. MALTERUD y R. B. SUND (1995): "Antioxidant activity of fruit exudate and C-methylated dihydrochalcones from *Myrica gale*", *L. Planta Med.*, 61: 515-518.
- MAZZA, G.: *Alimentos funcionales. Aspectos bioquímicos y de procesados*, Ed. Acribia, 2000.
- MAZZA, G. y E. MINIATI (1993): *Anthocyanins in fruits, vegetables and grains*, Boca Ratón, FL: CRC Press, 211-212.
- MAZZA, G., L. FUKUMOTO, P. DELAQUIS, B. GIRARD y B. EWERT (1999): "Anthocyanins, phenolics and color of Cabernet Franc, Merlot and Pinot Noir wines from British Columbia", *J. Agric. Food Chem.*, 47: 4009-4017.
- MELTZER, H. M. y K. E. MALTERUD (1997): "Can dietary flavonoids influence the development of coronary heart disease?", *Scan. J. Nutr.*, 41: 50-57.
- MERZ-DEMLOW, B., A. DUNCAN y K. WANGEN (1999): "Soy isoflavones improve plasma lipids in normocholesterolemic, premenopausal women", *Am. J. Clin. Nutr.*, 71: 1462-1469.
- MILLER, N. J. y C. A. RICE-EVANS (1997): "The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink", *Food Chem.*, 60: 331-337.
- MURCIA, M. A. y MARTÍNEZ-TOME, M. (2001): "Antioxidant activity of resveratrol compared with common food additives", *J. Food Protection*, 64: 379-384.
- PAMUKCU, A. M., S. YALCINER, J. H. HATCHER y G. T. BRYAN (1980): "Quercetin, a rat intestinal and bladder carcinogen in bracken fern (*Pteridium aquilinum*)", *Cancer Res.*, 22: 175-184.
- PEREJO, I., F. VILADOMAT, J. BASTIDA, A. ROSAS-ROMERO, N. FLERLAGE, J. BURILLO y C. CODINA (2002): "Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled mediterranean herbs and aromatic plants", *J. Agric. Food Chem.*, 50: 6882-6890.
- RAMARATHNAM, N., T. OSAWA, H. OCHI y S. KAWAKISHI (1995): "The contribution of plant food antioxidants to human health", *Trends Fd. Sci. Tech.*, 6: 75-82.
- RICE-EVANS, C. A., N. J. MILLER y G. PAGANDA (1996): "Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids", *Free Rad. Biol. Med.*, 20: 933-956.

- RHODES, M. J. C. (1998): "Physiological roles of phenolic compounds in plants and their interactions with microorganisms and humans", en *INRA Polyphenols 96*, pp.13-30, París, INRA.
- ROBARDS, K. y M. ANTOLOVICH (1997): "Analytical chemistry of fruit bioflavonoids", *A review. Analyst*, 122: 11R-34R.
- ROBARDS, K., PRENZLER, P. D., TUCKER, G., SWATSITANG, P., GLOVER, W. (1999): "Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits", *Food Chemistry*, 66: 401-436.
- ROBINSON, D. S.: *Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos*, Ed. Acribia, 1991.
- ROMERO-PÉREZ A. I., IBERN-GÓMEZ M., LAMUELA-RAVENTÓS R. M., DE LA TORRE-BORONAT M. C. (1999): "Piceid, the major resveratrol derivative in grape juices", *J. Agric. Food Chem.*, 47: 1533-1536.
- SCHIEBER, M., J. LIU, M. SUBBIAH, R. REBAR y K. SETCHELL (2001): "Dietary soy supplementation reduces LDL oxidation and bone turnover in healthy post-menopausal women", *Menopause*, 8: 384-392.
- SICHEL, G., C. CORSARO, M. SCALIA, A. J. DE BILIO y R. P. BONOMO (1991): "In vitro scavenger activity of some flavonoids and melanins against O₂⁻", *Free Rad. Biol. Med.*, 11: 1-8.
- TEISSEDE, P. L. y N. LANDRULT (2000): "Wine phenolics: contribution to dietary intake and bioavailability", *Food Res. Int.*, 33: 461-467.
- TURNER R. T., EVANS G. L., ZHANG M., MARAN A., SIBONGA J. D. (1999): "Is resveratrol an estrogen agonist in growing rats?", *Endocrinology*, 140: 50-54.
- VELIOGLU, Y. S., G. MAZZA, L. GAO y B. D. OOMAH (1998): "Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products", *J. Agric. Food Chem.*, 46: 4113-4117.
- VINSON, J. A., Y. HAO, X. SU y L. ZUBIK (1998): "Phenol antioxidant quantity and quality in foods vegetables", *J. Agric. Food Chem.*, 46: 3630-3634.
- WANG, H., G. CAO y R. L. PRIOR (1996): "Total antioxidant capacity of fruits", *J. Agric. Food Chem.*, 44: 701-705.
- WOLLGAST, J. y E. ANKLAM (2000): "Review on polyphenols in Theobroma cacao: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification", *Food Res. Int.*, 33: 423-447.
- YAMAMURA, S., K. OZAWA, K. OHTANI, R. KASAI y K. YAMASAKI (1998): "Antihistamine flavones and aliphatic glycosides from *Mentha spicata*", *Phytochem*, 48: 131-136.

VIII. Fibra alimentaria

*Carmen Gómez Candela - Elena Muñoz
Mónica Marín - Ana Isabel de Cos Blanco*

Unidad de Nutrición Clínica y Dietética. Hospital Universitario La Paz.
Universidad Autónoma de Madrid

La fibra dietética es una mezcla variada de diversas sustancias, **pero el uso del término fibra dietética, debería estar siempre calificado mediante la información detallada de los carbohidratos y otras sustancias que se incluyen en esta calificación. La fibra dietética es sólo un concepto nutricional, no una descripción exacta de un componente de la dieta.**

De hecho la "teoría de la fibra" surgió hace treinta años, de las observaciones de Trowell y de Burkitt, en la que se propuso que una alimentación alta en fibra y carbohidratos sin refinar protege frente a muchas enfermedades occidentales, como son el estreñimiento, la diverticulosis, el cáncer de colon, la diabetes, la obesidad y las enfermedades cardiovasculares.

La definición de carbohidratos y fibra ha generado mucha confusión en los últimos años. Hasta hace poco no hemos dispuesto de una clasificación actualizada de carbohidratos y la FAO-OMS, de hecho, hacen una serie de recomendaciones en este sentido (Joint FAO/WHO, 1998).

En la tabla 1 queda reflejada esta clasificación, pero hace una recomendación expresa para que definamos cada componente en función de las clasificaciones químicas recomendadas.

Tabla 1

Clase (DP) *	Subgrupo	Componentes
Azúcares (1-2)	Monosacáridos	Glucosa, galactosa, fructosa
	Disacáridos	Sacarosa, lactosa, trehalosa
	Poliolios	Sorbitol, manitol
Oligosacáridos (3-9)	Malto-oligosacáridos	Maltodextrinas
	Otros oligosacáridos	Rafinosa, fruto-oligosacáridos
Polisacáridos (+10)	Almidón	Amilosa, amilopectina, almidones
	Polisacáridos no amiláceos	modificados Celulosa, hemicelulosa, pectina, hidrocoloides

* Grado de polimerización.

La definición más aceptada en Europa, en la actualidad, es aquella que la define como: "Polisacáridos no almidón de la pared celular de las plantas (más lignina)". En realidad la lignina no es un carbohidrato, es una molécula compleja de unidades de polifenilpropano, y está presente en muy pequeñas cantidades en la dieta y sus efectos fisiológicos no son bien conocidos.

Sin embargo, muchos carbohidratos de la dieta pueden ser malabsorbidos y con esta definición se excluyen una serie de sustancias como el *almidón resistente*, los polisacáridos de almacenamiento como la inulina, y todas las de nueva síntesis como los fructooligosacáridos (FOS) o la metil o carboximetil celulosa.

Se recomienda que el término de fibra dietética soluble e insoluble se vaya eliminando paulatinamente y que el valor energético de los carbohidratos que alcanzan en el colon se establezca en 2 kcal/g, para propósitos nutricionales y de etiquetado.

El colon es un órgano que cumple más funciones de las que tradicionalmente se atribuyeron. La flora bacteriana es un complejo ecosistema formado por más de 100 millones de bacterias pertenecientes a

unas 400 especies diferentes; cuya composición es variable entre diferentes individuos pero sin embargo es muy estable en cada uno a lo largo de la vida, estimándose que queda establecida casi de forma definitiva a los dos años de edad.

Esta flora ayuda a la fermentación de sustratos no digeridos y mucinas endógenas, a la recuperación de energía mediante la liberación de Ácidos Grasos de Cadena Corta (AGCC), protege frente a la invasión de patógenos, e induce el desarrollo, estimulación y modulación del sistema inmune.

Disponemos de algunos alimentos que van directamente a aportarnos estos microorganismos vivos, que se ingieren con el fin de obtener un efecto beneficioso independiente de su valor nutritivo intrínseco (por ejemplo: prevención y tratamiento de las diarreas infecciosas, intolerancia a la lactosa o modulación del sistema inmune en caso de alergias).

Sus efectos fisiológicos vienen derivados en gran medida de su fermentación colónica, actuando sobre la motilidad, la flora intestinal y sobre la absorción y metabolismo de nutrientes, con unas cualidades excepcionales y únicas sobre el colonocito. Los ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico: AGCC) pueden inducir crecimiento y curación de la mucosa colónica y el butirato es el principal sustrato energético de la misma (Montejo, 2001). Los efectos más importantes de los AGCC, son por una parte disminuir el pH intraluminal, estimular la reabsorción de agua y sodio fundamentalmente en colon ascendente, y potenciar la absorción en el colon de cationes divalentes.

En general, la fibra de tipo soluble retrasa el tiempo de tránsito en el estómago y en el intestino delgado, son rápidamente fermentados por las bacterias del colon y no tienen efecto laxante. Las fibras predominantemente de tipo insoluble tienen efecto laxante y no son fermentadas o lo son muy escasamente. Las fibras viscosas reducen las tasas de absorción, disminuyendo las concentraciones en sangre de algunos nutrientes, como la glucosa o el colesterol.

Podríamos decir que cada tipo de sustancia tienen unas propiedades diferentes en función de su solubilidad en agua, su viscosidad, capacidad de fermentar o la posibilidad de que induzcan efectos a nivel sistémico (Roberfroid, 1993).

Tabla 2

Propiedades	Tipos
1. Solubilidad	a) Soluble-viscosa-fermentable
2. Viscosidad	b) Insoluble-no viscosa-resistente
3. Fermentabilidad	
4. Efectos sistémicos	

Podríamos subclasificarla claramente en dos grupos; cada subclase tiene a su vez diferentes, y a veces antagónicos, efectos sobre la función gastrointestinal:

a) Soluble-viscosa-fermentable:

- Retrasar el vaciamiento gástrico
- Disminuir o enlentecer la absorción de glucosa
- Reducir el pH intraluminal
- Cambiar la composición de la microflora ceco-colónica
- Tener efecto hipocolesterolémico
- Tener efecto hiperplásico sobre la mucosa

b) Insoluble-no viscosa-resistente a la fermentación:

- Acortar el tiempo de tránsito intestinal
- Incrementar la masa fecal
- Tener posible efecto hiperplásico sobre la mucosa

Así pues, en el momento actual, lo más adecuado es definir claramente las sustancias que contiene ese alimento, ya que sus propiedades y sus efectos fisiológicos serán sólo los producidos por ellas mismas.

FUENTES DE FIBRA ALIMENTARIA

La **celulosa** se halla principalmente en la cubierta de los granos de cereales, en los tegumentos de las legumbres y, en menor concentración, en muchas verduras y hortalizas (acelgas, col, zanahoria, lechuga y otras). Las **hemicelulosas** se encuentran en los mismos alimentos que la celulosa, así como en distintas frutas. La **lignina** forma la parte más fibrosa —esqueleto vegetal— de distintas verduras y hortalizas; también de ciertas frutas como la piña. Las **pectinas** las hallamos en muchas frutas, como manzanas, naranjas, limones; en los cítricos abunda precisamente en la capa blanquecina existente entre la cáscara y el interior comestible. Las **gomas** y **mucilagos** se encuentran fundamentalmente en frutas, legumbres, en la cebada y la avena.

Tabla 3.—Contenido de fibra por 100 g de porción comestible

Fibra dietética (g)		Fibra dietética (g)	
Cereales		Verduras	
Germen de trigo	24,7	Alcachofa	10
Cereal integr. c/ salvado	24,5	Espinacas	6
Cebada	15	Acelga	5,6
Centeno	13	Guisantes	5
Pan integral	9	Habas tiernas	4
Maíz	9,2	Zanahoria	3
Avena	8	Judía verde	3
Cereal integral desayuno	8,24	Puerro	3
Pan blanco	4	Remolacha	3
Cereales desayuno	1,4	Champiñón y setas	3
Galletas "María"	1,34	Soja brotes	2,4
Arroz integral	1,2	Col	2
Magdalena	0,67	Coliflor	2
Arroz	0,3	Escarola	2
		Lechuga	1,5
		Tomate	1,5
		Calabacín	1,3
		Espárrago	1
		Pimiento	1
Frutas		Legumbres (en cocido)	
Higos secos	19	Alubias	7
Ciruela seca	16	Garbanzos	6
Dátil	8,7	Lentejas	4
Uva pasa	7	Soja en grano	5
Plátano	3		
Kiwi	2,12	Frutos secos	
Naranja	2	Almendra	14
Pera	2	Cacahuete	10
Manzana	2	Avellanas	5
Albaricoque	2	Castañas	7
Fresa	2	Nueces	2,4
Melón	1		
Melocotón	1		
Ciruela	1		
Piña	1		

RECOMENDACIONES DE CONSUMO

Las recomendaciones actuales de fibra en adultos oscilan entre 25 a 30 g/día o bien de 10 a 13 g/1.000 Kcal, debiendo ser la relación insoluble/soluble de 3/1 American Dietetic Association 1996. El consumo actual de fibra en Europa se encuentra alrededor de 20 g por persona y día. En concreto en España estamos en una ingesta de 22 g (sin cuantificar los 6 g de almidón resistente). En los países en vías de desarrollo el consumo de fibra se sitúa entre 60-120 g/día.

No existe una cifra de recomendación para niños menores de dos años, pero a los mayores de dos años se les recomienda una cantidad igual o superior a su edad más 5 g/día. La recomendación alimentaria para el consumo adecuado de fibra debe asegurar la ingesta de fuentes variadas de frutas, verduras, legumbres y cereales integrales. Dentro del marco de la dieta equilibrada: consumir diariamente más de tres piezas de FRUTA, incluyendo siempre un cítrico o fruta tropical (naranja, mandarina, kiwi, mango...) y dos o más platos de VERDURA o ENSALADA. Consumir cereales, preferiblemente integrales: PAN, PATATA, PASTA y ARROZ. Y al menos 2 a 3 veces por semana LEGUMBRES (lentejas, garbanzos, alubias...). Asegurar el consumo de 3 a 4 raciones de LÁCTEOS (leche, yogur y/o queso) y una de esas raciones sea un probiótico (yogur bio...). Muy importante: beber 1,5 a 2 litros diarios de agua y no olvidar realizar actividad física.

EFFECTOS FISIOLÓGICOS Y APLICACIONES CLÍNICAS

La fibra dietética se ha relacionado con enfermedades del tracto gastrointestinal y otros procesos con implicaciones serias para la salud. La experiencia demuestra la importancia del consumo de la fibra en muchas patologías.

Tabla 4.—Relación de enfermedades asociadas con el consumo de fibra

Caries	Diverticulosis
Estreñimiento	Colitis ulcerosa
Diarrea	Enfermedad de Crohn
Apendicitis	Síndrome de intestino corto
Colon Irritable	Diabetes
Pólipos intestinales	Hipercolesterolemia
Hernias, hemorroides	Enfermedad cardiovascular
Litiasis biliar	Obesidad
Adenoma y cáncer de colon	

ESTREÑIMIENTO

El estreñimiento crónico y leve es ocasionado por la baja ingestión de fibra y mejora con un mayor aporte de ésta. Sin embargo, en casos de estreñimiento severo pueden verse agravados, especialmente cuando el tránsito colónico es extremadamente lento (Preston, 1986) o en pacientes con afectación de la médula espinal. De igual modo, una baja ingestión de fibra tampoco implica que exista necesariamente un problema de estreñimiento. Por ejemplo, entre los esquimales, con una ingestión muy elevada de pescado, pero baja en fibra, apenas existen casos de estreñimiento. Asimismo, existen factores psicológicos que influyen en el ritmo de evacuación (viajes, estancias fuera del domicilio habitual, etc.), relacionados con la pérdida del reflejo de defecación.

La fibra de tipo insoluble es la más apropiada para la mejoría del estreñimiento, como el salvado de trigo, que atrapa mayor cantidad de agua e incrementa la masa fecal y disminuye el tiempo de tránsito intestinal. La fibra de tipo soluble, presente, por ejemplo, en el Plántago Ovata que ayudan a incrementar el volumen fecal, cuando al fermentar en el colon se aumenta la masa bacteriana de las heces; pero en cualquier caso, su efectividad es menor que la anterior.

En el caso de pacientes que no respondan a un tratamiento con dosis elevadas de fibra natural o suplementada requerirán un estudio para valorar un trastorno de la motilidad intestinal o alteraciones ano-rectales (Vodeerholzer, 1997).

DIARREA

Utilizar la fibra en el tratamiento de la diarrea tiene su justificación al administrarla con carbohidratos fermentables que en el colon generen ácidos grasos de cadena corta (Ramakrishna, 1993). Añadir fibra soluble (goma guar) a las soluciones rehidratantes redujo la duración de la diarrea y el peso de las heces en niños con diarrea no producida por el cólera. Las diarreas afectan anualmente a varios millones de personas en los países en vías de desarrollo (Alam, 1997).

Durante la infusión de Nutrición Enteral, la diarrea puede tener un origen multifactorial, debido a la utilización de fórmulas sin fibra y la indicación de antibióticos (Schultz, 2000). En estas circunstancias, aportes insuficientes de fibra llevan a la reducción de la producción de ácidos grasos de cadena corta por la diezmada población bacteriana por efecto de los antibióticos, lo cual induce una disminución de la absorción de sodio y agua por el colon y se produce una diarrea osmótica.

SÍNDROME DE INTESTINO IRRITABLE

Las personas con síndrome de colon irritable pueden presentar diarrea o estreñimiento, en ambos casos persiste una característica común, presentar una mayor sensibilidad o intolerancia al dolor abdominal, al dolor somático y a síntomas abdominales comunes, como distensión o aerofagia (Francis, 1994).

La administración de fibra en estos pacientes disminuye la presión intracolónica y reduce el dolor abdominal porque se reconoce que la tensión de la pared intestinal es uno de los factores que contribuye al dolor visceral.

La indicación fundamental para administrar fibra está establecida en pacientes en los que predomine el estreñimiento, comenzando con dosis bajas e ir incrementándolo paulatinamente hasta 30 g/día, retirando la suplementación cuando el paciente manifieste empeoramiento de los síntomas.

Por el momento, sin embargo, resulta controvertida la administración de fibra para combatir la diarrea o aliviar el dolor abdominal de los pacientes con este síndrome (Francis, 1994).

DIVERTICULOSIS

Es muy frecuente en países occidentales y se asocia con una baja ingestión de fibra. La patogenia de este proceso se basa en que la fibra ayudaría a disminuir la presión intraluminal del colon, evitando la formación de sacos a través de la pared intestinal, y la mayoría de los datos epidemiológicos apuntan a que la alta ingestión de fibra alivia los síntomas y mejora la función del colon. El tipo de fibra insoluble procedente de las verduras y frutas, y en menor grado, la procedente de los cereales integrales, son útiles para el tratamiento de esta enfermedad (Aldoori, 1998).

ENFERMEDAD INFLAMATORIA INTESTINAL

La Enfermedad Inflamatoria Intestinal está constituida por un grupo de entidades clínicas, siendo las más frecuentes, la Enfermedad de Crohn (EC) y la Colitis Ulcerosa (CU). No se ha evidenciado que las dietas terapéuticas pobres o ricas en fibra tengan un beneficio en la EC, en cambio la restricción de fibra en la CU puede ser perjudicial, debido a que el butírico y los restantes AGCC aportan el 80% de los requerimientos energéticos del colon y en la CU existiría un defecto en la oxidación de estos ácidos grasos, lo que sugiere que la fibra tiene un papel importante (Roediger, 1980).

SÍNDROME DE INTESTINO CORTO

En el síndrome de intestino corto, las dietas enriquecidas con fibra soluble controlarían el componente de diarrea osmótica presente en estos enfermos, al estimular la reabsorción de agua y sodio, a nivel de colon ascendente por medio de las AGCC formados en el metabolismo colónico de la fibra. Además, ésta constituye una fuente calórica para el individuo dependiendo de su grado de fermentabilidad, que oscila entre 1-2,5 Kcal/g. Debería ser incorporada desde el inicio de la tolerancia enteral y mantenida durante toda la terapia enteral y oral (Gómez Candela, 2002).

CÁNCER DE COLON

Una alta ingesta de fibra en la dieta se asocia con un menor riesgo de aparición de cáncer colorectal, ejerciendo sobre éste un papel protector. Su efecto se debe a que puede disminuir el tiempo de tránsito intestinal, reduciendo el tiempo de exposición a diversos carcinógenos en el colon; incrementa la excreción de ácidos biliares por las heces; y puede frenar el desarrollo del tumor al disminuir el pH por la fermentación colónica de la fibra. Se ha estimado que el 35% de todos los cánceres son atribuibles a la dieta y que del 50-79% del cáncer de colon rectal puede prevenirse con una alimentación adecuada (American Gastroenterology Association —AGA—, 2000).

Se recomienda, por tanto, una elevada ingestión de fibra de 30 a 35 g/día de fuentes diversas (frutas, vegetales, cereales, legumbres, frutos secos), junto a las medidas propuestas por la Sociedad Americana contra el Cáncer, que son: reducir la ingestión de grasas total a menos del 30 % de las calorías diarias y las grasas saturadas a menos del 10%, sustituir el consumo de carnes rojas por carnes menos grasas, evitar la obesidad, moderar el consumo de alimentos curados, ahumados o con nitratos, moderar el consumo de alcohol, no fumar y practicar actividad física regularmente (American Gastroenterology Association, 2000).

Tabla 5.—Mecanismo de acción de la fibra dietética en la prevención del cáncer colorectal

- Aumento del volumen fecal
- Unión a potenciales carcinógenos
- Unión a sales biliares
- Disminución del pH del colon
- Modificación de la flora colónica
- Fermentación de la flora bacteriana por AGCC
- Prevención de la resistencia a la insulina e hiperinsulinemia como factor de crecimiento tumoral.

Fuente: M. A. Rubio, 2000.

DIABETES

En el año 1976, Anderson Vázquez (1996) y Jenkins Anderson (1976) demostraron la utilidad de la fibra en el tratamiento de la diabetes mellitus, documentando que disminuía la glucemia posprandial y aumentaba la sensibilidad a la insulina. Los mecanismos de acción posibles son múltiples: 1. La fibra de tipo insoluble enlentece el vaciado gástrico, este efecto depende del grado de viscosidad de la fibra, las más viscosas son más efectivas; 2. La producción de AGCC, en especial de propionato, disminuiría la producción hepática de glucosa, rebajando las necesidades de insulina; y 3. Disminución de la resistencia periférica de la insulina (Anónimo, 2001).

La Asociación Americana de Diabetes, recomienda un consumo de fibra entre 30-35 g/día, tanto de tipo soluble como insoluble, en la misma cuantía que la recomendada para la población general; no haciendo especial referencia a la posibilidad de añadir fibra soluble como un suplemento terapéutico de utilidad en la dieta (American Diabetes Association, 2001). Hoy en día se considera, sin embargo, que la cantidad de carbohidratos es más decisiva que la calidad de los mismos.

COLESTEROL Y ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR

Las concentraciones de colesterol en sangre pueden disminuirse con el consumo de fibra, fundamentalmente tipo soluble, aunque no modifica las concentraciones de c-HDL. Aunque estos efectos, de las fibras viscosas, son modestos según demuestra estudios de recientes meta-análisis. De manera general, las concentraciones del c-LDL se reducen entre un 5 a 10% por cada 5 a 10 g de fibra soluble ingerida (Brown, 1999).

Tabla 6.—Porcentaje de reducción de las concentraciones de c-LDL según distintos tipos de fibra

	Fibra	g/día	Reducción LDL (%)
Psyllium		10	7
Glucomanano		14	19
Vaina Ispaghula		10	9,7
β -glucanos		15	8
Semillas lino		20	7,6
Salvado trigo		20	7,6
Fibra ruibarbo		27	9
Salvado arroz		84	13,7
Salvado avena		84	17,1

Fuente: D. J. A. Jenkins, 2000.

Las últimas recomendaciones del panel de expertos americanos sobre el control del colesterol (NCEP-III), sugieren por primera vez la conveniencia de añadir a la dieta una cantidad variable de fibra soluble (10-25 g) y de fitosteroles (2g/día) NCEP 2001, como estrategia en prevención primaria o secundaria para retrasar el tratamiento farmacológico o evitar incrementar innecesariamente la dosificación de los fármacos hipolipemiantes.

Los mecanismos de acción propuestos para reducir las concentraciones de colesterol se centran en la limitación en la absorción del colesterol intestinal debido a la acción quelante de las sales biliares, que impide parcialmente su absorción y a las acciones derivadas de la fermentación de la fibra en el colon, que influye en las rutas metabólicas de la síntesis, tanto de ácidos grasos como de colesterol. La fibra soluble tiene la virtud de facilitar la pérdida de ácidos biliares interrumpiendo su circulación entero-héptica (Trautwein, 1999).

Los efectos sobre la enfermedad cardiovascular producidos por el consumo de fibra, son mayores por las acciones metabólicas ligadas al consumo de alimentos que son fuente de la misma: el mayor aporte de antioxidantes (vitamina E y magnesio), fitoesteroles y folatos que actúan a diferentes niveles,

mejorando no sólo el perfil lipídico, sino también actuando sobre la coagulación (disminución de las concentraciones de fibrinógeno, del PAI-1, factor VII), mejorando la función endotelial (activando la liberación de óxido nítrico) o disminuyendo las concentraciones de homocisteína (mediante el aporte de folatos), factores todos ellos que conjuntamente contribuyen a disminuir los fenómenos de aterosclerosis (Kromhout, 2001).

OBESIDAD

Distinguir cuales son los mecanismos implicados para que la fibra este asociada con una ganancia ponderal menor del peso, puede explicarse en varios factores. 1. La ingestión de fibra elevada produce una sensación de saciedad precoz, con una densidad calórica de los alimentos más reducida. 2. Posiblemente el alto consumo de fibra se asocie a hábitos de vida más saludables (realizar ejercicio más frecuente, fumar menos, comer menos grasa saturada y carnes rojas). 3. La ingestión de fibra predispone a que el sujeto tenga una mayor sensibilidad periférica a la insulina, menor resistencia, y por tanto, disminuya la tendencia a la lipogénesis, acumulo de grasa visceral entre otros fenómenos que se dan en el síndrome metabólico dada en la obesidad de tipo central (Rubio, 2002).

En los últimos años se han venido utilizado fibras naturales en preparados comerciales derivados de la pectina, del glucomano o de las gomas, como tratamiento de esta enfermedad, con resultados muy inciertos.

NUTRICIÓN ENTERAL Y FIBRA

En la actualidad existen razones de peso de carácter fisiológico para utilizar la Nutrición Enteral (NE) con fibra en muchos pacientes, especialmente en aquellos predispuestos al estreñimiento o con diarrea, en aquellos que necesiten una NE de larga duración y en algunas patologías intestinales, como el síndrome de intestino corto, y la enfermedad inflamatoria intestinal.

Los beneficios teóricos que presenta la fibra en la NE, con la intención de mantener o mejorar la normal estructura y función del intestino, han sido probados en diversos estudios aunque aún faltan más ensayos clínicos controlados. Por el momento, es un área de conocimiento bastante prometedora, el que la fibra pueda estar disponible como un componente estándar en la NE y que se llegue a definir la composición ideal de la misma en diversas patologías (Gómez Candela, 2002).

DICCIONARIO

Celulosa: Polímero de la glucosa, en uniones "1-4 beta", por este motivo, no puede ser desdoblada por la amilasa. En cubierta de cereales y verduras.

Glúcidos: Son sustancias energéticas importantes para el organismo que se encuentran mayoritariamente en los vegetales. Son compuestos orgánicos, formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Se clasifican en Monosacáridos, Oligosacáridos y Polisacáridos.

Gomas y mucilagos: Son polisacáridos hidrosolubles: 1. Goma guar: hidrato de carbono complejo (galactomanano), extraído de una leguminosa (*Cyamopsis tetragonoloba*). 2. Agar: polisacáridos, extraído de algas marinas. 3. Konjac (glucomanano procedente del *amorphophalus Konjac*, tubérculo japonés). 4. Goma arábica y 5. Plantago Ovata, glúcido soluble e insoluble.

Hemicelulosa: Polisacárido formado por la unión de distintos monosacáridos, tales como pentosas (xilosa, manosa) o (galactosa), así como por los ácidos glucurónico y galactarurónicos. Se encuentra en los mismos alimentos que la Celulosa.

Inulina: Es un polvo blanco soluble en el agua y presente en las raíces y tubérculos de algunas plantas, como la achicoria.

Lignina: Es un polímero de cadena de fenilpropano. Forma la estructura de la parte más dura o leño de los vegetales, como acelgas, lechuga, el tegumento de los cereales, etc.

Oligosacáridos: Son el resultado de la unión de dos o diez moléculas de monosacáridos o de sus derivados, mediante un enlace glucosídico. Ejemplos: sacarosa, lactosa, maltosa.

Pectinas: Se forman por la unión del ácido galacturónico con diversos monosacáridos. En los tejidos blandos de las frutas.

Polisacáridos: Resultan de la unión de diversos monosacáridos o de sus derivados. Sus moléculas contienen de diez a varios miles de monosacáridos. Ejemplos: almidón, glucógeno y fibras.

BIBLIOGRAFÍA

- ALAN N. H., MEIER R., SARKER S. A., BARDHAN P. K., FUCHS G. J., SCHNEIDER H. y cols.: "Efficacy of a soluble fiber supplemented oral rehydration solution (ORS) in the treatment of acute diarrhoea in children", *Gastroenterology*, 1997, 112:A2.
- ALDOORI W.: "A prospective study of dietary fiber types and symptomatic diverticular disease in men", *J. Nutr.*, 1998, 128: 714-719.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION: "Position Statement. Nutrition recommendations and principles for people with diabetes mellitus", *Diabetes Care*, 21, 2001 (suppl 1): S44-S47.
- "Health implications of dietary fiber", *J. Am. Diet Assoc. ADA Reports*, 1996: 1157-1159.
- "AGA Technical review: impact of dietary fiber on colon cancer occurrence", *Gastroenterology*, 2000, 118: 1235-1257.
- ANDERSON: "Beneficial effects of a high carbohydrates, high fiber diet in hyperglycaemic men", *Am. J. Clin. Nutr.*, 1976, 29: 895-899.
- BROWN L., ROSNER B., WILLET W. C. y SACKS F. M.: "Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis", *Am J. Clin. Nutr.*, 1999, 69: 30-42.
- FRANCIS C. Y. y WHORWELL P. J.: "Bran and irritable bowel syndrome: time for reappraisal", *Lancet*, 1994, 344: 39-40.
- GÓMEZ CANDELA C., COS BLANCO A. I. e IGLESIAS ROSADO C.: "Fibra y nutrición enteral", *Nutr. Hosp.*, 2002, XVII (Sup. 2): 30-40.
- JENKINS D.J.A., KENDALL C.W.C., ACELSEN M., AGUSTIN L.S.A. y VUKSAN V.: "Viscous and nonviscous fibre, nonabsorbable and low glycaemic index carbohydrates, blood lipids and coronary heart disease", *Curr Opin Lipidol*, 2000, 11: 49-56.
- JOINT FAO/WHO EXPERT CONSULTATION: "Carbohydrates in human nutrition", *Paper 66*, Geneva, 1998.
- KROMHOUT D., BLOEMBERG B., SEIDELL J., NISSINE A. y MENOTTI A.: "Physical activity and dietary fiber determine population body fat levels: the Seven Countries Study", *Int. J. Obes*, 2001, 25: 301-306.
- MONTEJO O., ALLBA G., CARDON D., ESTELRICH J. y MANGUES H. A.: "Relación entre la viscosidad de las dietas enterales y las complicaciones mecánicas en su administración según el diámetro de la sonda", *Nutr. Hosp.*, 2001, 16: 41-45.

- NCEP. EXPERT PANEL ON DETECTION, EVALUATION, AND TREATMENT OF HIGH BLOOD CHOLESTEROL IN ADULTS: *Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) (Adult treatment Panel III)* JAMA, 2001, 2486-2497.
- PRESTON D. M., LENNARD JONES, J. E.: "Severe chronic constipation of young women: idiopathic slow transit constipation" *Gut.*, 1986, 27: 41-48.
- RAMAKRISHNA B. S., MATHAN V. I.: "Colonic dysfunction in acute diarrhoea: the role of luminal short chain fatty acids", *Gut.*, 1993, 34: 1214-1218.
- ROBERFROID M.: "Dietary Fiber, inulin and Oligofructose: a review comparing their physiological effects", *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 1993, 33: 103-148.
- ROEDIGER W. E. W.: "The colonic epithelium in ulcerative colitis: an energy-deficiency disease?", *Lancet*, 1980, 2: 712-715.
- RUBIO M. A.: "Implicaciones de la fibra en distintas patologías", *Nutr. Hosp.*, 2002, XVII, Sup. 2, 17-29.
- SCHULTZ D. A., ASHBY-HUGHES B., TAYLOR R., GILLS D. E. y WILKINS M.: "Effects of pectin on diarrhea in critically ill tube fed patients receiving antibiotics", *Am J. Crit. Care*, 2000, 9: 403-411.
- TRAUTWEIN E. A., KUNATH-RAU A. y ERBERSDOBLER H. F.: "Increased fecal bile acid excretion and changes in the circulating bile acid pool are involved in the hypocholesterolemic and galstone-preventive actions of psyllium in hamsters", *J. Nutr.*, 1999, 129: 896-902.
- VÁZQUEZ P., GÓMEZ DE SEGURA I. A., COS A., GÓMEZ CANDELA C. y DE MIGUEL E.: "Respuesta de la mucosa intestinal a diferentes dietas enterales en situaciones de estrés quirúrgico y desnutrición", *Nutr. Hosp.*, 1996, 11: 321-327.
- VODERHOLZER W.: "Clinical response to dietary fiber treatment of chronic constipation", *Am J. Gastroenterol*, 1997, 92: 95-98.

IX.

Alimentos transgénicos

Antonio Luis Villarino Marín - Paloma Posada Moreno - Ismael Ortuño Soriano

Departamento de Enfermería. Universidad Complutense de Madrid

INTRODUCCIÓN

Las consecuencias de la revolución tecnológica de las últimas décadas se pone de manifiesto, por ejemplo, en la informática y las telecomunicaciones, ambas de utilidad incuestionable, pero que al mismo tiempo constituyen una fuente de nuevas exposiciones de naturaleza desconocida para la salud.

Los alimentos modificados genéticamente (AGM) (por extensión los organismos modificados genéticamente, OGM) son unos de los últimos frutos, todavía inmaduros de esa evolución tecnológica. Existe optimismo con respecto a sus numerosas ventajas, su capacidad para resolver ciertos problemas, sin embargo, todavía quedan varios aspectos por estudiar, así como afianzar el posible efecto que esta innovación puede representar para la salud humana.

Llama la atención la “mala fama” que estos alimentos han adquirido entre la población en general, debida básicamente al hecho de que se obtienen mediante manipulación genética, por biotecnología. Sin embargo, otros productos como ciertos medicamentos, vacunas, conseguidos mediante biotecnología han sido ampliamente aceptados por los consumidores y se pueden considerar como un preciado bien para la salud de la población humana.

La razón de esta diferencia puede encontrarse en que mientras que para estos últimos productos ha habido una necesidad sentida por parte de los usuarios (mejores antibióticos, pautas de administración de insulina más adecuadas, etc.), los alimentos modificados genéticamente han aparecido inespera-

damente, en los países más desarrollados, sin evidencias claras de sus ventajas para los consumidores (no eran más económicos, no tenían mejor sabor...).

Por otro lado, hay que tener presente que la confianza de los consumidores en la inocuidad de los suministros de alimentos en Europa, ha disminuido significativamente debido a una serie de sobresaltos alimentarios, que no están relacionados con los AGM y que tuvieron lugar en la segunda mitad de la década de los 90. Baste recordar en este sentido, la contaminación por dioxinas de productos destinados a la alimentación animal o la enfermedad de las vacas locas, incidentes que han creado un clima de inquietud y han llevado a considerar como real cualquier peligro hipotético. Son inquietudes comprensibles, ya que el riesgo de morir por envenenamiento alimentario o de estar afectado por la nueva variante de la enfermedad de Creutzfeld-Jacob (ECJ), aunque es pequeño, es bien real y además ha sido magnificado por los medios de comunicación.

En cualquier caso, lo que es importante tener presente, tal y como lo defienden las organizaciones de consumidores, es el derecho de los ciudadanos a elegir libre e informadamente sus alimentos, su entorno y las exposiciones a las que voluntariamente se someten (Tormo Díaz, 2000; Chesson y James, 2000).

ORIGEN DE LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS O GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

La permanente necesidad de satisfacer la demanda de alimentos, vestido y materias primas ha sido la causa de que, desde la aparición de la agricultura, se cultivaran y seleccionaran las plantas de interés.

El hombre buscaba en esta mejora vegetal obtener, variedades que ofrecieran mayor rendimiento, calidad nutritiva, facilidad de cultivo y resistencia a las plagas. Durante siglos, los agricultores han ido mejorando sus cultivos mediante los tradicionales procedimientos de selección y cruce de variedades entre especies afines. Durante varias generaciones, se va intercambiando información genética, hasta que se obtiene una variedad mejorada.

PARA SABER MÁS

Agricultura

La agricultura es el estudio y práctica del cultivo de tierras para obtener cosechas y de la cría de ganado.

El aumento en la demanda de alimentos durante la segunda mitad del siglo XX, ha impulsado el desarrollo de la agricultura, y los avances técnicos han logrado aumentar tanto las cosechas como la producción ganadera. Pero estos avances han provocado un impacto en el medio ambiente, especialmente con el progresivo uso de fertilizantes y pesticidas. Esta "agricultura intensiva" obliga a monocultivos (cultivo de un solo vegetal en un amplio terreno) que requieren el uso de pesticidas en grandes cantidades así como terrenos llanos muy amplios que han llevado a la deforestación.

En su libro *La tercera revolución verde* Francisco García Olmedo, catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid, asegura que el uso intensivo de fertilizantes tiene un indudable impacto ambiental negativo. Se hace necesaria la obtención de menos cultivos, de mayor rendimiento y más respetuosos con el ambiente (*Diccionario Oxford-Complutense de Biología*, 1998; Seara, 2000).

Hoy en día, este proceso resulta bastante insuficiente para satisfacer las necesidades de alimentos impuestas por el crecimiento demográfico (en Europa, la superficie cultivable no permite grandes ampliaciones) y por otro lado tiene el inconveniente de que implica el uso de abonos o fertilizantes químicos, cuyo exceso es perjudicial para el medio ambiente.

PARA SABER MÁS

Técnicas agrícolas clásicas

Se estima que aproximadamente la tercera parte de las especies vegetales vivas han evolucionado a partir de híbridos naturales.

El trigo tiene largos fragmentos de ADN de otro cereal: el centeno. Y esto no es el resultado de técnicas de ingeniería genética, sino simplemente de medios clásicos de la selección vegetal aplicados en el siglo pasado: se cruzó el trigo con el centeno y se practicaron posteriores y repetidos retrocruzamientos entre el híbrido y el trigo. El resultado es muy parecido al que se habría obtenido con manipulaciones genéticas a pesar de que la técnica es distinta (Lichtenstein, 2000).

Frente a este tosco y azaroso procedimiento, los programas de fitomejoramiento actuales apoyados en la ingeniería genética, se proponen igual que los de ayer, aumentar el rendimiento, disminuir las pérdidas ocasionadas por las plagas y reducir los costos de producción. Pero abrigan intereses más ambiciosos en el ámbito industrial, químico y farmacéutico.

Efectivamente, la ingeniería genética permite introducir selectivamente, genes procedentes de bacterias y otros microorganismos en plantas con el fin de mejorar, a voluntad, sus características. Pronto se abrió un horizonte de posibilidades tecnológicas, con revolucionarias implicaciones en la agricultura, se podían obtener desde plantas resistentes a las plagas o con un crecimiento acelerado, hasta vegetales capaces de crecer en condiciones ambientales hostiles, pudiéndose abandonar, en muchos casos, los pesticidas (de gran toxicidad, en general).

PARA SABER MÁS

Caracteres de un organismo

Desde un punto de vista molecular, los caracteres que manifiesta un organismo (fenotipo) se reducen a la expresión orquestada de sus genes (genotipo) contenidos en el ADN, a través de los procesos de transcripción o producción de ARN mensajero y la traducción de éste en proteínas funcionales. Dichas proteínas, además de ser componentes estructurales de la célula, son también las enzimas que regulan la formación de los constituyentes celulares y por tanto responsables inmediatos de las propiedades del individuo (Nieto Jacobo y cols., 1999).

PARA SABER MÁS

Posibilidades de la ingeniería genética

La ingeniería genética permite el acceso y manipulación directa de la información contenida en el ADN. Posibilita incluso la creación de genes sintéticos. Por ello mediante esta técnica, también conocida como del ADN recombinante, se pueden introducir en plantas genes, provenientes no solo de otras especies vegetales muy alejadas desde el punto de vista de la evolución, sino incluso procedentes de hongos, virus, bacterias y animales.

Es decir, la técnica del ADN recombinante posibilita el que cualquier gen pueda transferirse prácticamente a cualquier otro organismo, apareciendo unas posibilidades inmensas, nuevas e inimaginables hasta hace poco tiempo (Nieto Jacobo y cols., 1999; Chesson y James, 2000).

PARA SABER MÁS

Cómo se obtiene una planta transgénica

Las plantas transgénicas obtenidas hasta la fecha se desarrollan utilizando distintos métodos de transformación genética. Para crear dichas plantas hay que introducir el nuevo gen, o genes, que se conocen como "genes de interés" o "transgenes" y cuya expresión se pretende, en el patrimonio genético de la célula vegetal; se origina de esta forma una nueva planta.

El ADN penetra difícilmente en la célula y su frecuencia de integración en el genoma es escasa. Por tanto, para tener la seguridad de obtener algunas células transformadas, hay que disponer de grandes cantidades de genes de interés. Ello se consigue haciendo que los genes se multipliquen (se clonen) en una bacteria (generalmente inofensiva).

Para clonar un gen hay que localizar su situación exacta en el genoma, transferir ese fragmento de ADN a una bacteria donde pueda copiarse fácilmente, introducir las copias resultantes en plantas vulnerables y comprobar luego, que el ADN insertado les ha conferido a las plantas, el carácter buscado (por ejemplo, resistencia a la marchitez).

Una vez creada una nueva raza, debe experimentarse con ella en el campo para sopesar el rendimiento, sabor, dureza, etc. Algunas veces para facilitar la técnica, se introducen en las células manipuladas, además de los transgenes, genes auxiliares como es el caso de genes de resistencia a ciertos antibióticos que se usan como marcadores (sirven para identificar las células vegetales que han incorporado eficazmente el gen de interés). Estos genes se utilizan para comprobar, de forma rápida y a gran escala, si la manipulación ha tenido éxito.

Actualmente, dichos genes no tienen que estar presentes en el genoma de la planta, ya que pueden separarse. Sin embargo, las primeras plantas comerciales (cuyos descendientes lejanos pueden estar en el mercado) sí que llevan ese gen de resistencia a antibióticos, aunque no es funcional en la planta (Ronald, 1998; Fernández-Rúa y Aguirre de Cárcer, 1999; Casse, 2000).

La primera noticia de los alimentos transgénicos se remonta aproximadamente a 1983 cuando un equipo de investigadores anunció en *Nature*, quizá una de las revistas de mayor impacto mundial en aspectos científicos, que había logrado transferir selectivamente un gen a una planta.

Haciendo un poco de historia, podemos considerar que el primer cultivo transgénico (tabaco resistente a virus) se comercializó en China a principios de 1990. Cuatro años más tarde, se vendieron en Estados Unidos tomates con retraso en la maduración, lo que aumenta el tiempo de almacenamiento.

Posteriormente fueron otros vegetales, principalmente el maíz con variedades resistentes al frío (gracias a la incorporación de un gen de un pez procedente de zonas polares, que soporta las bajas temperaturas muy bien), otras con resistencia a plagas, herbicidas...

Hoy en día, existen en el mercado americano muchos vegetales transgénicos y en estudio e investigación cada vez hay más (alfalfa, remolacha, ciruela, melón, fresa, naranja, girasol, patata, calabaza...). (Fernández-Rúa y Aguirre de Cárcer, 1999; Nieto Jacobo y cols., 1999; Chesson y James, 2000).

PLANTAS TRANSGÉNICAS COMERCIALIZADAS EN ESPAÑA

En Europa, la reglamentación es más estricta que en América y por ello todavía no hay demasiados productos de este tipo, entre otros aspectos por la dura normativa con respecto al etiquetado, que obliga a mencionar en todos los productos su origen transgénico. Sólo en el caso de la soja, por ejemplo, se utiliza hasta en veinte mil productos distintos y si es transgénica habría que especificarlo en todas las etiquetas.

En España, la primera planta cuya comercialización ha sido aprobada es un maíz resistente a una plaga (la del taladro, un insecto que produce pérdidas significativas en muchas zonas de nuestro país) y más tarde una variedad de soja que permite resistir una mayor cantidad de un pesticida concreto.

Este maíz se emplea fundamentalmente en alimentación animal, aunque puede estar presente en la composición de productos destinados a la alimentación humana. Con respecto a la soja existe una situación parecida, la mayoría es utilizada como forraje para el ganado, pero también alguna cantidad puede ir a parar al consumo humano (Puigdoménech, 1999; Fernández-Rúa y Aguirre de Cárcer, 1999; Seara, 2000).

APLICACIONES. POSIBLES BENEFICIOS

Entre los numerosos y diversos beneficios que pueden presentar las plantas genéticamente modificadas se encuentran los siguientes:

- **Resistencia a las plagas**

Que en definitiva redundará en un aumento del rendimiento de las cosechas. Existen cultivos transgénicos, por ejemplo de maíz, soja, algodón en los que se han introducido dos genes de origen bacteriano. El primero confiere a la planta resistencia a los herbicidas, por lo que es posible eliminar las malas hierbas aplicando un desherbante después de la siembra. El segundo rige la producción de proteínas insec-

tizadas en el vegetal, lo que las protege contra los devastadores y permite reducir el uso de insecticidas convencionales, lo que favorece, entre otros aspectos, al medio ambiente.

PARA SABER MÁS

Plantas Bt

Entre los genes de resistencia derivados de microorganismos, la bacteria *Bacillus Thuringiensis* (Bt) ha sido la fuente por excelencia de toxinas para insectos, que expresadas en distintas plantas cultivadas han dado lugar a lo que se conoce genéricamente como plantas Bt. Entre ellas se encuentran diversas variedades de maíz, algodón y patata (Castañeda y Ortego, 2000).

• **Aumentar el valor nutritivo**

Por ejemplo, el maíz, el arroz y el trigo, alimentos básicos en la dieta, presentan severas deficiencias en su contenido en ciertos aminoácidos esenciales, por ello se trabaja ya en la obtención de plantas cuyas proteínas contengan mayores niveles de los aminoácidos esenciales lisina y metionina, principalmente.

Asimismo, se estudia la posibilidad de modificar el tipo y concentración de hidratos de carbono y lípidos con el objeto de mejorar el contenido energético y las propiedades funcionales de sus harinas.

Otro área de interés la constituye el llamado "arroz dorado", con el que se pretende suplir la deficiencia de vitamina A que sufren numerosas zonas de Asia, África e Iberoamérica (la carencia produce ceguera y trastornos inmunitarios, que contribuyen a la muerte de más de un millón de niños al año). El arroz constituye un medio óptimo para aportar la vitamina requerida. Esta gramínea alimenta a un tercio o más de la población mundial, pero las variedades naturales carecen de vitamina A. El arroz dorado, modificado genéticamente, es capaz de sintetizar β -caroteno, un compuesto que el organismo humano es capaz de transformar en vitamina A. También se está contemplando la posibilidad de

enriquecer dicho arroz con otras vitaminas y minerales, como el hierro (más de dos millones de personas padecen déficit de hierro).

- **Fabricación de sustancias de interés farmacológico**

Posiblemente uno de los campos con mayor futuro sea la creación de vegetales transgénicos capaces de producir medicamentos o vacunas.

Medicamentos

Dentro de este área podemos citar plantas transgénicas capaces de expresar *anticuerpos* o *inmunoglobulinas* (tal es el caso de la producción en plantas de tabaco de anticuerpos monoclonales contra el agente de la caries dental). Otros ejemplos son: antibióticos de origen vegetal (como la alicina) y la enzima glucocerebrosidasa (aconsejada contra la enfermedad cerebral de Gaucher).

Vacunas

A principios de los años 1990 se intuyó como resolver muchos de los problemas que obstaculizaban la llegada de vacunas a los niños de los países en vías de desarrollo. Se había pronunciado ya el llamamiento de la OMS (Organización Mundial de la Salud) en busca de vacunas orales y baratas que no necesitaran refrigeración.

PARA SABER MÁS

Enfermedades infecciosas. Una situación actual

Aproximadamente un 20% de los niños persiste todavía privado de seis vacunas (difteria, tos ferina, poliomelitis, sarampión, tétanos y tuberculosis), lo que supone unos dos millones de muertes al año, sobre todo en las regiones más remotas y pobres de la tierra. Además, millones de personas mueren de infecciones, porque carecen de inmunización, ésta es poco fiable o no pueden sufrarla.

La situación es preocupante, no sólo donde existen tales carencias, sino en el mundo entero. Las regiones donde se refugian infecciones que ya desaparecieron en otros lugares constituyen auténticas bombas de relojería.

El desplazamiento de comunidades puede poner en contacto personas portadoras con otras bajas en defensas, lo que puede llevar a que las infecciones que ya habían desaparecido desde hacía tiempo, vuelvan a aparecer. Por si fuera poco la internacionalización de los viajes al extranjero y del comercio facilita el que las enfermedades aparecidas en una zona pasen de un salto a otro continente.

Mientras que todo el mundo no cuente con un acceso fácil a las vacunas, nadie podrá sentirse a salvo (Langridge, 2000).

Las plantas transgénicas ofrecían numerosas posibilidades en este sentido. Las “vacunas cultivadas *in situ*” (también llamadas “vacunas comestibles”) ahorrarían los inconvenientes logísticos y económicos del transporte de las preparaciones tradicionales con su obligada conservación a bajas temperaturas hasta llegar a sus puntos de distribución. Al tomarse por vía oral, se prescindiría de las jeringuillas que, costes aparte, constituyen una fuente de infecciones si se contaminan.

Hacia 1995 quedaba establecido que las plantas podían fabricar antígenos útiles como vacunas (se han estudiado plantas de tomate, patata y plátanos). Sin embargo, todavía quedan varias cuestiones pendientes que deben abordarse, entre ellas se encuentra la escasa cantidad de vacuna que una planta produce o la cantidad de alimento con vacuna comestible que proporciona una dosis predecible de antígeno.

- **Eliminación de compuestos tóxicos o alérgicos**

También se ha contemplado la posibilidad de poder modificar o eliminar los compuestos tóxicos o alérgicos presentes en alimentos de origen vegetal. Con respecto a la intolerancia al gluten, proteína a

la que muchas personas manifiestan alergia, se ha descubierto el primer método eficaz para detectar la proteína implicada (presente en el trigo, cebada, centeno y avena) que es capaz de provocar vómitos, diarreas y lesiones intestinales en las personas celiacas. El hallazgo del gen implicado puede ser un primer paso para la creación de cereales transgénicos sin gluten.

- **Protección del medio ambiente**

Una de las aplicaciones más prometedoras de las plantas transgénicas concierne al dominio de la contaminación ambiental. Se habla de fitorregeneración para designar al aprovechamiento de la capacidad de las plantas para extraer, concentrar e incluso modificar distintas sustancias (tanto orgánicas como inorgánicas). Por lo que pueden ser unas buenas aliadas para luchar contra los residuos urbanos e industriales.

Atención especial merecen los vegetales transgénicos que pueden atraer y concentrar iones metálicos del suelo, agua y aire lo que facilita la regeneración de los entornos contaminados. Hay plantas capaces, por ejemplo, de crecer en presencia de concentraciones tóxicas de mercurio y de favorecer la volatilización del metal desde el suelo hasta la atmósfera.

- **Obtención de otros compuestos de interés**

Con las nuevas técnicas se consiguen plantas que pueden rendir productos adecuados desde distintos puntos de vista. Los vegetales encierran un enorme potencial para la fabricación, a gran escala, de determinadas sustancias. Entre los productos vegetales de interés destacan:

— *Carbohidratos*, utilizados en la industria como edulcorantes (*sacarosa*) y en la elaboración de polímeros biodegradables.

PARA SABER MÁS

Fabricación de plásticos

Las plantas transgénicas pueden ser utilizadas como sustitutos del petróleo en la fabricación de plásticos, y tienen además la ventaja, de que son biodegradables. Así se ha conseguido crear, a partir de berro y de colza, una variedad transgénica que puede producir un tipo de plástico biodegradable y acumularlo en los tejidos de reserva, donde no ejerce efectos perjudiciales para la planta (Seara, 2000).

Gracias a la biotecnología es posible cultivar patatas más ricas en *almidón*, que permiten hacer un puré más fino y que absorben menos aceite.

— *Aceites* a partir de los cuales se obtienen sustancias como el *ácido adipico*, utilizado en la fabricación del nailón, y el *ácido láurico*, usado en la industria de detergentes.

Hay manipulaciones que permiten la producción de aceites más tóxicos destinados a la producción de lubricantes.

• **Otras utilidades**

A todo lo anteriormente citado podemos añadir: vegetales resistentes a la sequía, obtención de plantas de algodón capaces de proporcionar un material textil con nuevas propiedades o retrasar el proceso de maduración (Nieto Jacobo y cols., 1999; Lichtenstein, 2000; Langridge, 2000; Seara, 2000; Chesson y James, 2000).

POSIBLES EFECTOS PERJUDICIALES

El advenimiento de una nueva técnica despierta siempre inquietud. El uso de productos de la ingeniería genética no supone la excepción de la regla. A la población le preocupa una tecnología que se percibe como venida del exterior, no natural. Sin embargo, no puede decirse que las plantas genéticamente modificadas sean no naturales (por ejemplo, cada vez que se aspira una bocanada de humo de tabaco es están inhalando los productos de combustión de una planta genéticamente modificada natural que apareció en algún lugar de los Andes hace varios millones de años).

PARA SABER MÁS

Transmisión de genes

En la llamada transmisión vertical los genes pasan de los padres a su descendencia. En este proceso, se producen errores naturales, debidos al azar (las mutaciones) que dan origen a la variabilidad genética. El efecto acumulado de la selección natural, favorecedor de los descendientes mejor adaptados, constituye el motor del cambio que puede conducir a la aparición de una nueva especie. Es la evolución tal y como la formula Darwin, apoyada con el descubrimiento de los genes (Mendel) y esclarecida con la comprensión del mecanismo de las mutaciones.

Pero también los organismos vivos pueden adquirir naturalmente genes procedentes de otras especies, es la denominada transmisión horizontal (frecuente en las bacterias). Entre los diversos casos descubiertos, no hubo ningún ejemplo convincente de una transferencia de genes desde plantas hasta mamíferos. Ello obliga a pensar que de las grandes cantidades de ADN que ha sido ingerido por los mamíferos a lo largo de la evolución, en ninguna especie se han fijado transferencias genéticas horizontales (Lichtenstein, 2000).

El debate sobre las plantas transgénicas es complejo. Se han puesto en tela de juicio varios aspectos, entre los que destacan:

- **Aumento de la resistencia frente a los antibióticos**

Algunas organizaciones de carácter ecologista sostienen que esta técnica puede incrementar el preocupante fenómeno de la falta de eficacia de muchos de los antibióticos conocidos y que la flora bacteriana humana podría reforzarse frente a dichos antibióticos (ya que como hemos indicado anteriormente hay plantas genéticamente modificadas que pueden contener genes de resistencia a antibióticos).

Así es, se teme que esos genes puedan pasar a los microorganismos que habitan en el tracto digestivo de los animales consumidores y puedan generarse patógenos resistentes a dichos antibióticos. Por otro lado, hay investigadores que consideran que esta alarma es exagerada (el tubo digestivo humano contiene grandes poblaciones de microorganismos y convive con ácidos nucleicos y proteínas extrañas, de modo que no hay riesgo de transferencia con el material ingerido).

Expertos de diversos comités están de acuerdo en la ausencia de aumento de riesgo de resistencia a los antibióticos relacionado con el cultivo o consumo de OGM. Pero también han mostrado su deseo de que se instituya un dispositivo de vigilancia para prevenir cualquier eventualidad por insospechada que sea.

- **Efectos alérgicos**

Otra de las objeciones argumentadas son los posibles efectos alérgicos, ya que la incorporación en alimentos conocidos de proteínas extrañas es posible que incremente el carácter alérgico de los mismos.

PARA SABER MÁS

Alergias

El mecanismo inicial de una alergia corresponde a una reacción patológica del sistema inmunitario de individuos genéticamente predispuestos. Un compuesto es un alérgeno, si en dichos individuos de riesgo provoca la formación de un tipo particular de anticuerpos, las Inmunoglobulinas E (IgE) y si es reconocido por estas IgE.

La lista de los principales alimentos alergénicos es muy amplia y depende de los hábitos alimentarios de las poblaciones involucradas y de otros factores. En el campo alimentario, el causante de la alergenicidad de un alimento suelen ser las proteínas. Ocho alimentos (cacahuete, soja, nuez y avellana, leche, huevos, pescado, crustáceos y trigo) están implicados en el 80% de los casos reconocidos de alergia alimentaria y varios alérgenos de estos alimentos están plenamente identificados (Wal, 2001).

Aunque existen sistemas que permiten predecir las sustancias que presentan una mayor probabilidad de poder desencadenar alergia, todavía quedan numerosos estudios por realizar, sobre todo referidos a los efectos indirectos. Los efectos indirectos de la inserción de un gen de interés, pueden ser una fuente potencial de problemas que rebasan ampliamente el campo de la alergia alimentaria.

Por ejemplo, el punto de inserción del transgen en el genoma de la planta es aleatorio, por lo que no se puede descartar la posibilidad de que dicha inserción interfiera o afecte el buen funcionamiento de otros genes. Ello no es sino una consecuencia del desconocimiento que todavía poseemos en relación al genoma.

Otros ejemplos de amenazas descritos en el caso de las plantas genéticamente modificadas son:

- La generación o incremento de sustancias tóxicas y/o alergénicas. Plantas de tabaco modificadas para producir ácido linoleico (un ácido graso esencial para el organismo humano), terminaron produciendo una sustancia tóxica que no existe en las plantas no modificadas (el ácido octadecatetraenoico).
- La creación de nuevas cepas de patógenos. Estudios realizados sobre un arroz transgénico han mostrado que el virus del mosaico de coliflor, utilizado en diversos cultivos transgénicos como promotor, es propenso a recombinarse.
- La alteración de los ecosistemas. Algunos cultivos de algodón y maíz modificados para producir una toxina (de una bacteria) terminan por generarla en modo y cantidad diferente a la natural, lo que afecta a la composición del suelo.

- La creación de malezas nuevas más resistentes. Los genes resistentes a herbicidas pueden pasar a plantas silvestres que estén emparentadas, otorgándolas una ventaja competitiva. Su expansión incontrolada generaría severos daños en ecosistemas y cultivos.
- La generación de resistencias entre las plagas. La exposición continuada, por ejemplo, de las poblaciones de taladros a las toxinas presentes en el maíz Bt puede aumentar el riesgo de aparición de poblaciones de insectos resistentes. Una especie de insecto en el que se ha observado resistencia a insecticidas Bt en condiciones de campo, es la polilla de la col.

También es interesante tener presente que hay investigadores que consideran que no se han realizado, o publicado (lo cual comporta que no pueden ser debidamente juzgados o contrastados) los suficientes estudios experimentales sobre los potenciales efectos adversos de los AGM en la salud animal ni, por supuesto, en la humana que puedan servir de base para justificar la seguridad de estos productos.

En resumen, podemos considerar que los AGM han de ser objeto de las mismas precauciones que se adoptan para los alimentos nuevos y han de etiquetarse de manera clara, para que los consumidores puedan distinguir unos de otros y elegir el que prefieran (Fernández-Rúa y Aguirre de Cárcer, 1999; Nieto Jaboco y cols., 1999; Casse, 2000; Lichtenstein, 2000; Aguilar, 2000; Castañeda y Ortego, 2000; Domingo Roig y Gómez Arnáiz, 2000; Wal, 2001).

SEGURIDAD PARA EL CONSUMIDOR

Desde el inicio de la introducción de las plantas transgénicas en el campo se diseñaron reglamentos que aseguraran que los nuevos cultivos no introdujeran factores de riesgo con respecto a la salud, al medio ambiente y que representaran un avance real para la agricultura.

Así es, en Estados Unidos se sigue un proceso complejo de controles antes de que se autorice su venta. En Europa, se han puesto en marcha procedimientos similares de análisis de los diferentes aspectos que se ha considerado necesario controlar. Ello implica regulaciones internas en cada país y un sistema de notificaciones entre países.

Cada vez se va procurando más, por parte de las autoridades correspondientes que estos productos lleguen al mercado con las máximas garantías. La cumbre de Montreal, celebrada en enero de 2000, condujo a la firma del llamado protocolo de bioseguridad. Un acuerdo internacional, que impone controles al comercio de organismos transgénicos (incluidas semillas) ante el temor de que su diseminación al entorno pueda suponer un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Aunque por ahora, esta preocupación no está avalada por ninguna evidencia científica sólida, en el espíritu del protocolo se encuentra el "Principio de precaución", por el que cualquier país podrá rechazar la importación de semillas u otro organismo vivo cuando existan dudas científicas razonables sobre su inocuidad. En este sentido, la Unión Europea demanda a los países miembros que tengan unos comités activos.

En España existe este comité, como consecuencia de la ley de Biotecnología de 1994, se estableció la Comisión Nacional de Bioseguridad, que es el organismo que debe velar en nuestro país por la seguridad de los ciudadanos, aunque la Unión Europea marca una serie de actuaciones generales, para todo producto que sea susceptible de sospechas sobre su seguridad para la salud o para el medio ambiente, o simplemente falta de información sobre su composición.

Además, existen centros especializados (como el Centro de Investigación y Desarrollo de Barcelona) encargados de detectar modificaciones genéticas en productos agrícolas destinados al consumo humano y desde septiembre de 1998 es obligatorio, en toda la Unión Europea, el etiquetado de los productos genéticamente modificados.

Los expertos no dejan de insistir en la seguridad de los alimentos transgénicos, a pesar de que el riesgo cero no existe. Todos los productos que se han comercializado hasta ahora y los futuros, están sometidos a rigurosos controles higiénico-sanitarios previos al permiso de comercialización (Puigdoménech, 1999; Seara, 2000).

PARA SABER MÁS

Aspectos legales

La legislación europea establece la obligación de informar al consumidor del hecho de que o bien el alimento en sí, o bien alguno de sus ingredientes, provienen de un OGM. Teniendo en cuenta que la presencia de material procedente de OGM puede ser debida a una contaminación ambiental, se ha establecido el umbral del 1%. Por encima de ese límite existe la obligación de informar de la presencia de un OGM en el etiquetado del alimento. Las cuestiones que regulan en España y Europa los OGM son:

- Directiva 90/220/CEE, de 23 de abril, sobre la liberación internacional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente. Modificada por Directiva 94/15/CE y Directiva 97/35/CE.
- Ley 15/1994, de 3 de junio, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, a fin de prevenir los riesgos para la salud humana y para el medio ambiente.
- Reglamento (CE) 258/97, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de enero de 1997, sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios.
- Real Decreto 951/1997, de 20 de junio, por el que se aprueba el Reglamento General para el Desarrollo y Ejecución de la Ley 15/1994, de 3 de junio, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, a fin de prevenir los riesgos para la salud humana y el medio ambiente
- Recomendación 97/618/CE, de la Comisión, de 29 de julio de 1997, relativa a los aspectos científicos y a la presentación de información necesaria para secundar las solicitudes de puesta en el mercado de nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios, la presentación de dicha información y la elaboración de los informes de evaluación inicial de conformidad con el Reglamento (CE) n.º 258/97, del Parlamento Europeo y del Consejo.

- Reglamento (CE) 1139/98, del Consejo, de 26 de mayo de 1998, relativo a la indicación obligatoria en el etiquetado de determinados productos alimenticios producidos a partir de organismos modificados genéticamente, de información distinta de la prevista en la Directiva 79/112/CEE.
- Reglamento (CE) 50/2000, de la Comisión, de 10 de enero de 2000, relativo al etiquetado de los productos alimenticios e ingredientes alimentarios que contienen aditivos y aromas modificados genéticamente producidos a partir de organismos modificados genéticamente.
- Reglamento (CE) 49/2000, de la Comisión, de 10 de enero de 2000, por el que se modifica el Reglamento (CE) 1139/98, del Consejo, relativo a la indicación obligatoria, en el etiquetado de determinados productos alimenticios fabricados a partir de organismos genéticamente modificados, de información distinta de la prevista en la Directiva 79/112/CEE (*Temas de actualidad alimentaria*, 2002).

DICCIONARIO

Antígeno. Cualquier sustancia que el organismo pueda reconocer como extraña y, por tanto, sea capaz de desencadenar una respuesta inmune.

Ácidos grasos. Compuestos orgánicos que aparecen de forma natural en las grasas (formados por una cadena hidrocarbonada y un grupo carboxilo situado en un extremo de la cadena. La cadena puede ser saturada, ácidos grasos saturados, o tener uno o más dobles enlaces, denominándose en este caso ácidos grasos insaturados). Las cantidades consumidas se han relacionado con la arterioesclerosis y la enfermedad coronaria.

Ácidos grasos esenciales. Son ácidos grasos que deben estar presentes en la dieta del ser humano debido por un lado a las funciones que desempeñan en nuestro organismo y por otro lado a que no podemos sintetizarlos. Se trata de los ácidos linoleico y linolénico. Su deficiencia puede provocar dermatosis, pérdida de peso, alteraciones del ciclo en la mujer, etc.

ADN (ácido desoxirribonucleico, DNA). Material genético de la mayoría de los organismos vivos. Es el constituyente mayoritario de los cromosomas en el núcleo celular y desempeña un importante papel en la determinación de los caracteres hereditarios al controlar la síntesis de las proteínas de la célula. Contiene toda la información genética del organismo humano y está implicado en el proceso de transmisión de dicha información de generación en generación y de la herencia.

ARN (ácido ribonucleico, RNA). Participa en el proceso de transmisión de la información genética y de la herencia. Existen distintos tipos cada uno de los cuales desempeña una misión concreta en este proceso.

ARN mensajero (ARNm). Tipo de ARN que sirve como modelo o patrón para la síntesis de proteínas.

Alimento genéticamente modificado. Alimento cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no se produce de forma natural en el apareamiento o la recombinación natural.

Aminoácidos. Principales componentes de las proteínas.

Aminoácidos esenciales. Aminoácidos que el organismo humano no puede sintetizar o lo hace en cantidades muy pequeñas. En el ser humano, los aminoácidos esenciales son: arginina, histidina, lisina, treonina, metionina, isoleucina, valina, fenilalanina y triptófano. Estos compuestos son necesarios para sintetizar proteínas y, por tanto, es preciso que los aporte la dieta; los conseguimos a partir de las proteínas que contienen los alimentos. Sus deficiencias nutricionales llevan al retraso en el crecimiento y a otros síntomas.

Anticuerpo monoclonal. Sustancia de naturaleza proteica e inmunológicamente homogénea, utilizada para la defensa ante determinados estímulos, como por ejemplo, un rechazo de órganos en una persona trasplantada.

Biotecnología. Desarrollo de técnicas para su aplicación en procesos biológicos, con el fin de producir materiales útiles en medicina y en la industria. En términos generales, es el uso de organismos vivos o de compuestos obtenidos de organismos vivos para obtener productos de valor para la humanidad.

Dioxinas. Contaminantes de naturaleza hidrocarbonada. Muchos tienen capacidad carcinógena y teratogénica.

Enfermedad de Creutzfeld-Jacob (ECJ). Afección humana degenerativa y transmisible, poco frecuente y por lo general mortal, que se produce en la madurez y que cursa con degeneración del sistema nervioso, demencia progresiva y temblores.

Enfermedad de las vacas locas (EVL). Enfermedad cuyo nombre técnico es Encefalopatía Espongiforme bovina y que consiste en una degeneración progresiva del sistema nervioso central en los bovinos.

Enzimas. Compuesto de carácter proteico que actúa como catalizador de reacciones químicas (acelera las reacciones químicas), incluidas las que se llevan a cabo en el organismo humano y que en definitiva son las responsables de su funcionamiento.

Gen. Segmento de una molécula de ADN que contiene toda la información necesaria para la síntesis de un producto, de una proteína. Es la unidad biológica de la herencia, que se autorreproduce y se transmite de padres a hijos.

Genoma. Conjunto completo de genes de un organismo. Cada padre, a través de sus células reproductoras, contribuye al genoma del hijo.

Híbrido. Animal o planta procedente de progenitores de diferente clase, por ejemplo de dos especies distintas.

Ingeniería genética. Es una rama de la genética que se concentra en el estudio del ADN, pero con el fin de su manipulación. En otras palabras, es la manipulación genética de organismos con un propósito determinado.

Manipulación genética. Uso de técnicas de ingeniería genética para producir animales o plantas iguales entre sí (clones) o transgénicos.

Mutación. Cambio brusco en el material genético de una célula, que puede provocar una alteración en ella y en las que proceden de ella, de forma que difiere respecto a la célula normal de la que proviene.

Organismo genéticamente modificado. Entidad biológica en la que el material genético ha sido modificado por medio de la biotecnología de una manera que no ocurre naturalmente por multiplicación o recombinación natural.

Proceso de traducción. Mecanismo mediante el cual se sintetizan proteínas, cadenas de aminoácidos en una secuencia determinada por el ADN en primer lugar y, en segundo lugar, por el ARN mensajero.

Proceso de transcripción. Proceso que tiene lugar en las células vivas, por el que la información genética del ADN es transferida a las moléculas de ARN mensajero como primer paso en la síntesis proteica.

Proteínas. Compuestos nitrogenados que forman la estructura característica de los tejidos y líquidos orgánicos. Las moléculas de proteínas constan de una o varias cadenas largas de aminoácidos unidos en una secuencia (orden) característica y propia para cada proteína.

Recombinación (de un virus). Modificación de la distribución de los genes de un virus, lo que conduce a la formación de nuevos tipos de genes.

Respuesta inmune. Reacción del organismo a sustancias extrañas o potencialmente dañinas (antígenos). La respuesta incluye la producción de células especializadas en la fabricación de ciertas proteínas, conocidas como anticuerpos o inmunoglobulinas, que reaccionan con los antígenos para anular su capacidad lesiva.

Toxina. Producto venenoso producido por un organismo vivo, en especial una bacteria. En el organismo, una toxina actúa como un antígeno, provocando una respuesta inmune.

Transgénico. Término que describe a un organismo cuyo genoma incorpora y expresa genes de otras especies. Los individuos transgénicos se crean por ingeniería genética utilizando los vectores adecuados para insertar el gen extraño que se quiera en una célula fertilizada o en un embrión en su desarrollo inicial (*Diccionario terminológico de ciencias médicas*, 1992; Dorland, 1997; *Diccionario Oxford-Complutense de Biología*, 1999).

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, R.: "Transgénicos: alimentos de diseño", *Newton*, 2000, 23: 29.
- CASSE, F.: "El maíz y la resistencia a los antibióticos", *Mundo Científico*, 2000, 210: 32-36.
- CASTAÑERA, P.; ORTEGO, F.: "El maíz transgénico en España", *Mundo Científico*, 2000, 210: 43-47.
- CHESSON, A.; JAMES, P.: "Los alimentos con OGM ¿están exentos de peligro?", *Mundo Científico*, 2000, 210: 23-31.
- Diccionario Oxford-Complutense, Diccionario de Biología*, Complutense, Madrid, 1999.
- Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas*, 13.^a ed., Masson, Barcelona, 1992.
- DOMINGO ROIG, J. L.; GÓMEZ-ARNAIZ, M.: "Riesgos sobre la salud de los alimentos modificados genéticamente: una revisión bibliográfica", *Revista Española de Salud Pública*, 2000, 74(3): 255-261.
- DORLAND: *Diccionario enciclopédico ilustrado de Medicina*, 28.^a ed., McGraw-Hill Interamericana, Madrid, 1997.
- FERNÁNDEZ RÚA, J. M.; AGUIRRE DE CÁRCER, A.: "Los alimentos transgénicos: luces y sombras", *ABC*, 13-3-1999, Suplemento de Salud: Medicina, nutrición y estilo de vida, pp. 15-19.
- LANGRIDGE, W. H. R.: "Vacunas comestibles", *Investigación y Ciencia*, 2000, 290: 74-77.
- LICHTENSTEIN, C. P.: "¡Fue la naturaleza la que empezó!", *Mundo Científico*, 2000, 210: 37-42.
- NIETO-JACOBO, M. F.; GUEVARA-GARCÍA A.; HERRERA-ESTRELLA, L.: "Plantas transgénicas", *Investigación y Ciencia*, 1999, 268: 70-80.
- PUIGDOMÉNECH, P.: "Transgénicos vegetales, gloria y calvario del biólogo molecular", *Boletín SEBBM*, 1999, 124: 4-7.
- RONALD, P. C.: "Creación de un arroz resistente a las enfermedades", *Investigación y Ciencia*, 1998, enero: 68-73.
- SEARA, M.: "De la probeta al plato", *Newton*, 2000, 23: 17-27.

TORMO DÍAZ, M. J.: "Los alimentos modificados genéticamente y la epidemiología actual", *Revista Española de Salud Pública*, 2000, 74(3): 211-214.

Temas de Calidad Alimentaria, Grupo Cayacea, en: http://www.calidalimentaria.com/boletin/i_temas/transgenicos.htm.

WAL, J. M.: "OGM y alergias: ¿constatar o predecir?", *Mundo Científico*, 2000, 23: 29.

Nuevos alimentos para nuevas necesidades





COLECCIÓN *Nutrición y salud*

A diario circulan multitud de mensajes y contenidos sobre salud nutricional, ya sea a nivel popular como de medios de divulgación y opinión y, por extensión, en las propuestas generadas por organismos e instituciones con un carácter supuestamente neutro en cuanto a la intencionalidad de las mismas. De ello se deriva una amplia heterogeneidad, pluralidad, divergencia y hasta contradicción en los resultados finales, tanto en la detección de las necesidades como en el planteamiento de las soluciones, en este amplio campo de la salud.

La colección aquí propuesta pretende recoger buena parte de las demandas circulantes en torno a cuestiones relativas a una buena alimentación y nutrición, dotándolas de la atención suficiente, el rigor y la metodología propia de la educación para la salud.

La Consejería de Sanidad ha venido atendiendo esta eventualidad con diversas publicaciones que, en general, han respondido a la expectativa generada por la población pero que, también en términos de generalización pudieran ser demasiado específicas en unos casos, insuficientes en otros, y en cualquier caso haber consumido los periodos razonables de actualidad como para ser renovadas por otras.

Esta colección tiene como **objetivos divulgativos**:

- Explicar buena parte de la problemática actual, desde los déficits de conocimiento percibidos en torno los principales conceptos y aplicaciones de una alimentación saludable.
- Dotar de rigor y fiabilidad las propuestas y recomendaciones que habitualmente aparecen incompletas o sesgadas en la información que el usuario recibe a nivel de calle.
- Dar cuenta de los hábitos saludables, enmarcados en los criterios de la alimentación recomendables.
- Fomentar estos hábitos saludables basados en los últimos criterios y recomendaciones de la comunidad científica.
- Fomentar el consumo de ciertos alimentos y grupos de alimentos, deficitarios en la dieta de los madrileños, e incentivar la recuperación de consumos y hábitos contrastados como saludables.

Y como **objetivos operativos**:

- Poner a disposición de los mediadores de red sanitaria de la Comunidad de Madrid, instrumentos didácticos y divulgativos suficientes como para tratar y transmitir los temas nutricionales planteados con el suficiente rigor y consenso.
- Poner a disposición de la red educativa de la Comunidad de Madrid, materiales divulgativos que cumplan con la doble función de informar y formar, de cara a su traslado y aplicación al aula, y
- Aportar material que sirva de base para trabajar, desarrollar y editar complementos informativos y educativos de más amplia difusión, como folletos o separatas.

Tiene como **destinatarios principales**, los:

- Agentes mediadores y transmisores de contenidos y hábitos alimentarios y nutricionales promotores y conservadores de la salud (Técnicos de Salud, Profesores, Dinamizadores sociales, Profesionales que prestan sus servicios en las corporaciones locales. Particulares con conocimientos medios sobre los temas propuestos y Alumnos que quieran informarse y/o desarrollar trabajos de exploración en el campo de la nutrición).

Y pretende su **distribución preferente**, en:

- La red de centros educativos y la red de centros de salud. Complementariamente, en aquellas otras redes profesionales y de usuarios que tienen similares fines.

Con nuestro agradecimiento a todos aquellos que contribuyen a mejorar nuestra educación alimentaria y nutricional, en la espera de que les sea de la mayor utilidad.



Comunidad de Madrid
CONSEJERÍA DE SANIDAD