

# FIBRA DIETÉTICA

Definición y análisis



Fisiología



Salud



International Life  
Sciences Institute

# Descripción de ILSI/ILSI Europe

El Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (International Life Sciences Institute) ILSI, es una fundación sin fines de lucro, establecida en 1978 para avanzar en la comprensión de temas científicos relacionados con la nutrición, la seguridad alimentaria, la toxicología, el análisis de riesgos y el medio ambiente. Por medio de la reunión de científicos de la academia, el gobierno, la industria y el sector público, ILSI busca un enfoque equilibrado para resolver problemas de preocupación común para el bienestar del público en general. ILSI tiene sus oficinas centrales en Washington, DC, EE. UU. Sus filiales son: Argentina, Brasil, Corea, Europa, India, Japón, México, Norandino, Norte América, Norte de África y Región del Golfo, Región del Sudeste Asiático, Sudáfrica, Sur-Andino, el Punto Focal en China y el Instituto de Ciencias de la Salud y el Medio Ambiente (HESI, *Health and Environmental Sciences Institute*). ILSI está afiliado a la Organización Mundial de la Salud (OMS) como organización no gubernamental (ONG) y se le reconoce su labor de entidad consultiva especializada con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

ILSI Europe se creó en 1986 con el fin de identificar y evaluar los aspectos científicos relacionados con los tópicos señalados en el párrafo anterior, a través de simposios, talleres, grupos de expertos y las publicaciones generadas. El objetivo es avanzar en la comprensión y resolución de los aspectos científicos en estas áreas. ILSI Europe se financia principalmente por sus miembros de la industria.

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo del Grupo de Trabajo sobre Carbohidratos Dietéticos que funciona bajo la coordinación del Consejo de Directores de ILSI Europe. La política de ILSI tiene como mandato que ILSI y los Consejos Directivos de sus filiales deben estar compuestos, al menos, en un 50% por científicos del sector público; el resto de los directores representan a las compañías miembros de ILSI. A continuación se presenta un listado del Consejo de Directores de ILSI Europe y de los miembros que componen el Grupo de Trabajo sobre Carbohidratos Dietéticos.

## Consejo de Directores de ILSI Europe

### *Miembros no industriales*

Prof. G. Eisenbrand, Universidad de Kaiserslautern (DE)  
Prof. A. Flynn, University College Cork (IE)  
Prof. A. Grynberg, National Institute for Agronomical Research (FR)  
Dr. I. Knudsen, Danish Institute for Food and Veterinary Research (DK)  
Dr. M. Kovac, Food Research Institute (SK)  
Prof. em. G. Pascal, INRA (FR)  
Dr. J. Schlatter, Swiss Federal Office of Public Health (CH)  
Prof. L. Serra Majem, University of Las Palmas de Gran Canaria (ES)  
Prof. V. Tutelyan, National Nutrition Institute (RU)  
Prof. em. P. Walter, University of Basel (CH)

### *Miembros de la industria*

Ms. K. Duffin-Maxwell, Kraft Foods (DE)  
Mr. R. Fletcher, Kellogg (IE)  
Dr. M.E. Knowles, Coca-Cola European Union Group (BE)  
Dr. G. Kozianowski, Südzucker (DE)  
Prof. T. Mattila-Sandholm, Valio (FI)  
Dr. D.J.G. Müller, Procter & Gamble (DE)  
Dr. G. Thompson, Groupe Danone (FR)  
Prof. P. van Bladeren, Nestlé (CH)  
Prof. W.M.J. van Gelder, Numico (NL)

## Miembros industriales del Grupo de Trabajo Carbohidratos Dietéticos de ILSI Europe

Cerestar  
Coca-Cola European Union Group  
Danisco  
Groupe Danone  
Kellogg  
Kraft Foods

National Starch  
Nestlé  
RHM Technology  
Royal Cosun  
Südzucker  
Unilever

# **FIBRA DIETÉTICA**

## *DEFINICIÓN, ANÁLISIS, FISIOLOGÍA Y SALUD*

**Juliet Gray**



© 2006 ILSI Europe

*Todos los derechos reservados.* Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en un sistema electrónico o transmitida en forma alguna por ningún medio electrónico, mecánico, fotocopiado, grabado u otra, sin el previo permiso escrito del poseedor de los derechos de autor. ILSI Europe otorga autorización para fotocopiar ítems para uso interno o personal para bibliotecas y usuarios individuales.

ILSI®, "A Global Partnership for a Safer, Healthier World.®", y la imagen del logo del microscopio sobre el globo terráqueo del International Life Sciences Institute (ILSI) son marcas registradas del International Life Sciences Institute y licenciadas para el uso de ILSI Europe. La mención de marcas y fuentes comerciales en este documento tiene solo fines de identificación y no implica que ILSI Europe las avale. Además, las opiniones expresadas aquí son de exclusiva responsabilidad de los autores y/o sus organizaciones y no representan necesariamente la opinión de ILSI Europe.

Para mayor información sobre ILSI Europe, contactarse con:

ILSI Europe a.i.s.b.l.

Avenue E. Mounier 83, Box 6

B-1200 Bruselas

Bélgica

Tel.: (+32) 2 771 00 14

Fax: (+32) 2 762 00 44

E-mail: [info@ilsieurope.be](mailto:info@ilsieurope.be)

Sitio Web: <http://europe.ilsio.org>

*Impreso en Bélgica (edición original)*

ISBN 90-78637-03-X

D/2006/10.996/2

# CONTENIDO

PRÓLOGO .....	1
RESUMEN .....	2
Definiciones y composición .....	2
Análisis .....	2
Consumo .....	2
Recomendaciones .....	3
Beneficios para la salud .....	3
Efectos adversos .....	4
DEFINICIONES .....	5
Historia .....	5
Definición fisiológica .....	8
Fibra dietética soluble e insoluble .....	12
COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FIBRA DIETÉTICA .....	13
Introducción .....	13
Celulosa .....	13
Hemicelulosa .....	13
Pectinas .....	13
β-Glucanos .....	13
Almidón resistente .....	15
Oligosacáridos no digeribles .....	16
Otros compuestos carbohidratos sintéticos .....	16
Gomas y mucílagos .....	17
Lignina .....	17
Otros componentes menores asociados .....	17
FUENTES ALIMENTARIAS .....	18
ANÁLISIS .....	19
CONSUMO .....	20
RECOMENDACIONES PARA LA INGESTA .....	22
Adultos .....	22
Niños .....	24
BENEFICIOS PARA LA SALUD .....	24
Introducción .....	24
Ácidos grasos de cadena corta .....	26
Hábitos intestinales .....	27
Estreñimiento .....	27
Diverticulosis .....	27
Enteropatía inflamatoria .....	28
Cáncer colorrectal y factores relacionados .....	29
Otros tipos de cáncer .....	29
Cardiopatía coronaria y trastornos relacionados .....	30
Diabetes tipo 2 y factores relacionados .....	31
Saciedad y peso corporal .....	31

Mejor disponibilidad mineral .....	31
FIBRA PRODUCIDA NATURALMENTE, FIBRA AISLADA O SINTÉTICA .....	32
EFFECTOS ADVERSOS .....	32
Ingesta energética comprometida .....	32
Molestias gastrointestinales .....	32
Disminución de la biodisponibilidad mineral .....	33
GLOSARIO .....	34
REFERENCIAS Y LECTURAS COMPLEMENTARIAS .....	35

Autor: Juliet Gray (RU)

Editor científico: Martine Champ, INRA (FR)

Referencias científicas: Nils-Georg Asp, Fundación Sueca de Nutrición (SE),

Joanne Slavin, Universidad of Minnesota (USA)

Editor de la Serie de Monografías Concisas: John Howlett (RU)

Coordinador: Loek Pijls, ILSI Europe (BE)

Traducción: María Cristina Cisternas Arenas, ILSI Sur-Andino

Revisión científica: Dra. Lilia Masson, ILSI Sur-Andino

Coordinación traducción: Viviana Aranda Alonso, ILSI Sur-Andino

## PRÓLOGO

---

En la última década, se han obtenido desarrollos significativos en nuestro conocimiento de la fibra dietética y su función en preservar la salud y reducir el riesgo de enfermedades. El concepto se ha ampliado y la respuesta de una definición de fibra dietética reconocida universalmente continúa. En la definición de fibra, el énfasis ha cambiado de la metodología analítica al impacto fisiológico y ya no es posible aplicar un método analítico único para medir la cantidad de fibra dietética en los alimentos.

Aunque el conocimiento científico permanece complejo, actualmente los consumidores parecen estar más atentos al concepto de fibra. Sin embargo, está claro que el consumo de fibra en la mayoría de los países desarrollados se encuentra en niveles sub-óptimos y las estrategias para estimular a los consumidores a aumentar su ingesta de fibra han alcanzado un alto predominio.

ILSI Europe resumió, por primera vez, en 1996, la evidencia disponible en esa época sobre fibra dietética en la Monografía Concisa titulada *Dietary Fibre* (Fibra Dietética). El propósito de la presente monografía, desarrollada con el auspicio del Grupo de Trabajo sobre Carbohidratos Dietéticos de ILSI Europe, es actualizar el tema a la fecha, destacando el estado actual de las deliberaciones respecto a una definición apropiada de fibra dietética, los posibles métodos de análisis, y los aspectos fisiológicos y de salud. Se incluyen datos sobre la ingesta de fibra en diferentes países, así como una visión de las recomendaciones para su ingesta.

En noviembre de 2005, el Comité del Codex FAO/OMS sobre Nutrición y Alimentos para Regímenes Especiales alcanzó consenso en una definición de fibra dietética. Así, se espera que se mejore el camino para la armonización de la definición de fibra dietética en la legislación relacionada con el etiquetado de los alimentos.

**Julian Stowell**  
Danisco (RU)

## RESUMEN

---

### Definiciones y composición

El concepto de fibra dietética ha cambiado considerablemente en los últimos años. En la actualidad, se reconoce que la fibra dietética abarca un rango mucho más amplio de sustancias de las que se reconocía anteriormente y que tienen un mayor significado fisiológico de lo que se pensaba antes. No existe una definición de fibra dietética aceptada en general en Europa o en el mundo. Sin embargo, existe consenso sobre la necesidad de una definición basada en la fisiología.

La no digestibilidad en el intestino delgado es una característica fisiológica clave de la fibra dietética. Por lo tanto, las recientes definiciones de fibra dietética han incorporado, además de los polisacáridos no amiláceos, otros carbohidratos no digeribles, como el almidón resistente y los oligosacáridos no digeribles. La investigación realizada durante las últimas décadas ha identificado los siguientes efectos fisiológicos principales de la fibra dietética: mejora la función del intestino grueso, reduce la colesterolemia y atenúa los niveles de glicemia e insulina posprandial. Estas características fisiológicas han sido incorporadas en las recientes definiciones de fibra dietética.

De acuerdo a las definiciones más recientes, la fibra dietética está formada por polímeros de carbohidratos y polisacáridos no amiláceos que son los principales componentes de las paredes de las células vegetales. Éstos incluyen a la celulosa, las hemicelulosas, los hemiglucanos y las pectinas, así como otros polisacáridos provenientes de vegetales y algas, como las gomas y los mucílagos. Otros componentes incluidos son los polisacáridos de reserva no digeribles, como la inulina y el almidón resistente. Las definiciones recientes

también incluyen a los carbohidratos análogos no digeribles que pasan a través del intestino delgado sin cambios. Ejemplos de éstos son el almidón resistente, las maltodextrinas resistentes, los fructooligosacáridos y los galactooligosacáridos, así como las celulosas modificadas y los polímeros de carbohidratos sintetizados, como la povidona. Además incluyen sustancias asociadas, como la lignina, y otras sustancias extraídas con los polisacáridos y los oligosacáridos en los métodos analíticos de la fibra (por ejemplo, ceras, cutina, polifenoles y fitoesteroles). La última definición propuesta por el Codex Alimentarius incluye polímeros de carbohidratos con un grado de polimerización no menor a 3. Éstos pueden estar presentes naturalmente en los alimentos o pueden extraerse de materias primas alimentarias o sintetizarse. El debate continúa y algunas opiniones recientes han favorecido un regreso a la definición original de fibra en la línea que "la fibra dietética consiste intrínsecamente de polisacáridos de la pared celular vegetal".

### Análisis

La base tanto para las definiciones legales y el análisis de la fibra dietética está, en muchos casos, en los métodos enzimáticos gravimétricos aprobados por la *Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, Association of the Official Analytical Chemists)*. Sin embargo, la fibra dietética como se define actualmente, no puede medirse mediante un método único de análisis debido a la diversidad de sus constituyentes. Por ejemplo, el método estándar, o cualquier otro método de análisis de la fibra dietética o los polisacáridos no amiláceos, no mide los oligosacáridos que son solubles en alcohol. Además, en algunos casos, por ejemplo en Reino Unido, la industria de alimentos tiende a usar la AOAC mientras que las tablas de composición y recomendaciones de ingesta alimentaria tienden a basarse en los datos producidos con el método de Englyst.



## Consumo

Los métodos de recolección de datos y análisis influyen en la estimación del consumo de fibra dietética. Esto limita la comparación entre los diferentes países y poblaciones. Incluso, en la actualidad, la información sobre el consumo de componentes de la fibra dietética, como el almidón resistente y los oligosacáridos no digeribles, es aún limitada.

## Recomendaciones

Hay también diferencias considerables a nivel mundial entre las recomendaciones para el consumo de fibra dietética. Estas diferencias reflejan las variaciones en la forma como se definen los valores dietéticos de referencia, así como las diferencias mencionadas anteriormente en el análisis y la definición de fibra dietética. Aún teniendo estas reservas en la mente, está claro que entre los adultos de los países occidentales las ingestas promedio de fibra dietética están bajo las ingestas recomendadas para mantener la salud y prevenir enfermedades. Hay datos insuficientes sobre los efectos de la fibra dietética en los niños. Con la excepción del Reino Unido, Holanda y los Estados Unidos, la mayoría de los países no ha hecho recomendaciones respecto a la ingesta de fibra dietética durante la niñez.

## Beneficios para la salud

La microflora colónica fermenta parcial o completamente los carbohidratos que resisten la digestión y la absorción en el intestino delgado. Los productos de la fermentación, especialmente los ácidos grasos de cadena corta, cumplen una función fisiológica clave tanto a nivel local como sistémico. Los carbohidratos no digeribles que llegan al intestino grueso suavizan la consistencia de las deposiciones, aumentan su peso y la frecuencia de la defecación. Cuando hay una mayor

ingesta de fibra dietética, el peso de las deposiciones tiende a ser mayor y el tiempo de tránsito más corto. Ambos factores pueden contribuir a la prevención de importantes trastornos del intestino grueso, como el estreñimiento, la diverticulitis y el cáncer. La mayoría de los carbohidratos no absorbidos tienen efectos laxantes, al aumentar la masa bacteriana o los efectos osmóticos, y mediante la unión del agua a la fibra que permanece sin fermentar.

La etiología del cáncer involucra tanto factores heredados como ambientales (alimentarios). Muchos estudios de gran envergadura, principalmente observacionales, han evaluado la relación entre la ingesta de fibra y el riesgo de cáncer en el colon o el recto. Los estudios de intervención han investigado los efectos de la fibra dietética en la recurrencia de adenoma, que generalmente se considera como un marcador temprano del cáncer colorrectal. La evidencia completa para un efecto de la ingesta total de fibra en el riesgo de cáncer colorrectal no se considera suficiente para servir como base para guías sobre ingesta de fibra dietética. Sin embargo, los individuos con (muy) bajas ingestas de fibra pueden tener un riesgo mayor.

Estudios observacionales recientes muestran consistentemente una asociación inversa entre la ingesta de fibra dietética y el riesgo de cardiopatía coronaria. En estudios de intervención, un aumento de la ingesta de fibra dietética disminuyó los niveles de los factores de riesgo de cardiopatía coronaria, por ejemplo, el colesterol circulante y los triglicéridos. Por lo tanto, varias guías recientes para la ingesta de fibra se basan en su efecto sobre el riesgo de enfermedad cardiovascular. Los mecanismos postulados para disminuir los niveles del colesterol total y del colesterol de lipoproteínas de baja densidad (LDL) incluyen alteraciones en la absorción del colesterol y en la reabsorción de ácidos biliares y alteraciones en el metabolismo hepático y en la regulación de las lipoproteínas plasmáticas. Las fibras

## 4 Serie Monografías Concisas

altamente viscosas (como los  $\beta$ -glucanos de la avena, las pectinas y la goma guar) influyen en los niveles de lípidos en la sangre, mientras que las fibras no viscosas, como la fibra del trigo y la celulosa, generalmente no tienen este efecto. En algunos países, la evidencia sobre las propiedades reductoras del colesterol de ciertas fibras viscosas, especialmente los  $\beta$ -glucanos de la avena, se consideran suficientes para hacer declaraciones saludables sobre la reducción del riesgo de cardiopatía coronaria.

Algunos estudios de cohortes muestran una asociación inversa entre la ingesta de fibra dietética y el riesgo de desarrollo de diabetes tipo 2. Algunas fibras dietéticas reducen la respuesta glicémica. Se ha mostrado que las fibras viscosas tienen un efecto tanto cuando están presentes en los alimentos en su estado natural, como en forma de suplementos aislados. Paradójicamente, los datos observacionales prospectivos muestran que la ingesta de fibra dietética no viscosa, por ejemplo, como la que se encuentra en los cereales integrales, es mejor predictor del riesgo de resistencia a la insulina y diabetes (el riesgo es más bajo mientras más alta sea la ingesta).

El consumo de fibra dietética se asocia inversamente con el índice de masa corporal. Sin embargo, los resultados de estudios de intervención sobre el apetito, la energía y la ingesta total de alimentos son inconsistentes. Hay algunas indicaciones acerca de que las fibras viscosas como las pectinas y la goma guar retrasan el vaciamiento gástrico y que los almidones de digestión lenta y el almidón resistente aumentan la saciedad.

¿Los denominados componente funcionales, aislados o sintéticos, tienen efectos similares cuando se agregan a los alimentos o se ingieren en forma separada como suplementos, que cuando ellos son parte de la estructura natural de los alimentos? Hay evidencia de que los beneficios de los cereales integrales, las frutas y

las verduras pesan más que los componentes aislados de estos alimentos (usados como suplementos o adicionados a los alimentos). Posiblemente, otras sustancias, aún no identificadas, en dichos alimentos puedan explicar esto; tal vez la combinación total de la fibra dietética, los nutrientes y las sustancias bioactivas, que actúan sinérgicamente, es crucial para la salud. Sin embargo, también existen tipos aislados de fibra dietética, como el almidón resistente, los oligosacáridos no digeribles y la povidona, que ayudan en la prevención y el alivio de los trastornos intestinales y disminuyen los factores de riesgo de cardiopatía coronaria y diabetes tipo 2.

## Efectos adversos

Las dietas que contienen grandes cantidades de fibra dietética pueden ser voluminosas y relativamente de baja densidad energética. Esto puede hacerlas inadecuadas para niños y personas mayores. Se ha informado que los tipos de fibra dietética aislada o sintética, como los oligosacáridos no digeribles o el almidón resistente, producen síntomas gastrointestinales como la flatulencia. Generalmente, estos efectos, si se presentan, solo se observan cuando hay altos niveles de ingesta y pueden ser transitorios. También existe cierta evidencia de que altas ingestas de ciertos tipos de fibra dietética, particularmente, aquella asociada con el fitato, reducen la absorción de algunos minerales en el intestino delgado: hierro, calcio, magnesio y zinc. Por otra parte, la fibra dietética puede mejorar la absorción mineral colónica durante el proceso de fermentación. Sin embargo, el significado de esta última observación es incierto respecto al estado mineral general y a los aspectos fisiológicos, como la salud ósea. El balance del calcio y el magnesio no se afecta en forma adversa por grandes cantidades de cereales, verduras y frutas. Generalmente, el consumo de alimentos naturalmente ricos en fibra es auto limitante debido a su carácter voluminoso. Sin embargo, esto se aplica en menor grado a los alimentos enriquecidos con fibra y mucho menos a los suplementos.

## DEFINICIONES

---

### Historia

La comprensión de la importancia fisiológica de las sustancias definidas como fibra dietética y, por lo tanto, del concepto de fibra dietética, ha aumentado considerablemente durante los últimos diez años. En la actualidad, se reconoce que abarca un espectro mucho más amplio de sustancias que el que originalmente se conocía. Hasta ahora, no existe una definición aceptada de fibra dietética en términos generales en Europa o fuera de ella; sin embargo, ha habido un progreso considerable en el último tiempo en el debate sobre cómo se debería definir fibra dietética. Contar con una definición de fibra dietética que sea precisa, pero lo suficientemente amplia, es de gran importancia a nivel mundial. Esto es vital para la industria de alimentos, el comercio detallista y para las autoridades regulatorias, de modo de proporcionar información válida y precisa para el etiquetado de alimentos y el desarrollo de un marco regulatorio para la nutrición y los mensajes saludables. Esta información es necesaria para los consumidores que usan los valores nutricionales declarados en las etiquetas de los alimentos y en el material asociado.

El término fibra dietética fue adoptado por primera vez en 1953 por Hipsley para describir los componentes de la pared celular vegetal de los alimentos. El significado fisiológico de la fibra dietética entró en escena en 1971 cuando Burkitt recomendó un aumento de la ingesta de fibra dietética para mejorar la función intestinal, basado en observaciones comparativas de ingestas e incidencia de enfermedad en el Reino Unido y África. Desde 1972, cuando Trowell definió por primera vez fibra dietética como *los remanentes de la pared celular vegetal que no son hidrolizados por las enzimas alimentarias del hombre*, se han propuesto muchas definiciones por diferentes organizaciones nacionales, internacionales

e industriales. Muchas de estas definiciones se han basado principalmente en criterios analíticos y han sido desarrolladas teniendo en mente el etiquetado nutricional. En la mayoría de los países, la fibra ha sido definida para propósitos de etiquetado por varios métodos analíticos aceptados por la *Asociación Oficial de Químicos Analíticos Internacional (Association of Official Analytical Chemists International)* (inicialmente el método 985.29 de la AOAC, también ver el Cuadro 1). En la Tabla 1, se resumen los principales métodos de análisis de fibra dietética actualmente en uso.

En el Reino Unido, desde 1991, en las tablas de composición de alimentos se ha usado una definición química de fibra dietética, como *polisacáridos no amiláceos más lignina*, basada en la metodología analítica de Englyst, Cummings y colegas. Sin embargo, esto ha sido reemplazado por los métodos de la AOAC para propósitos de etiquetado.

Los polisacáridos no amiláceos (definidos como polisacáridos con un grado de polimerización  $\geq 10$ ) se consideran a menudo específicos para los componentes de la fibra dietética intrínsecos a la pared celular; sin embargo, los métodos también incluyen productos que naturalmente están presentes o productos extrínsecos que se adicionan, como las gomas y las pectinas, y los tipos de fibra modificada o sintética, como la celulosa modificada. Sin embargo, como sucede con otros métodos en uso, los componentes como los oligosacáridos y la povidona no se miden debido a su solubilidad en alcohol acuoso usado para precipitar componentes solubles en agua. Su mayor desventaja es que se basa en una definición restringida que excluye a la lignina, el almidón resistente y los oligosacáridos no digeribles, pero incluye potencialmente a los polisacáridos no vegetales (bacterial y fúngico).

## CUADRO 1

### *Análisis de la fibra dietética*

Desde 1985, el principal método oficial para medir la fibra total ha sido el método gravimétrico-enzimático de la *Asociación Oficial de Químicos Analíticos* (AOAC 985.29). Este método se basa en el concepto de resistencia a la digestión. Utiliza la digestión enzimática para eliminar los componentes distintos de la fibra y la cuantificación de los residuos por peso (de ahí el término "gravimétrico"). Los métodos y las enzimas usadas tienen un estricto criterio de desempeño y pureza. Su uso ha sido defendido, en parte, por su supuesta reproducibilidad, pero esto no fue confirmado por un estudio de certificación de la Comisión Europea en 1996.

En el Reino Unido, si bien el método de la AOAC se utiliza con fines de etiquetado, la cantidad de fibra dietética para las tablas de composición de alimentos se mide como polisacáridos no amiláceos mediante el método de Englyst. Éste usa una extracción enzimática y química (solvente) y la separación de los componentes de la fibra de los carbohidratos no digeribles y la posterior cuantificación mediante colorimetría, GLC o HPLC. El almidón resistente se puede cuantificar separadamente por otros métodos (ver Tabla 1). El método de Englyst tiene la ventaja de identificar claramente los componentes clasificados como polisacáridos no amiláceos y la cuantificación separada del almidón resistente y los oligosacáridos no digeribles sin mayor interferencia con los diferentes métodos. Su principal desventaja es su cuestionable reproducibilidad.

Se han desarrollado una variedad de otros métodos aprobados por la AOAC y la *Asociación Americana de Químicos de Cereales* (American Association of Cereal Chemists, AACC, por su sigla en inglés) para medir el amplio espectro de componentes de la fibra dietética, incluidos el almidón resistente, los oligosacáridos no digeribles y los polímeros de carbohidratos no digeribles sintéticos. Estos métodos también deben ceñirse a criterios de desempeño específicos y estrictos.

Si hay acuerdo en que a) la fibra dietética es la suma de los polisacáridos no amiláceos, el almidón resistente y los oligosacáridos no digeribles y que b) se requiere de tres (o posiblemente más) métodos para un análisis completo de estos componentes, entonces es importante asegurar que no existe una sobreposición en la cuantificación entre estos métodos. Internacionalmente, el método originalmente aceptado para la medición de la fibra dietética era el método AOAC 985.29. En la actualidad, ha quedado claro que pueden ser necesarios varios métodos para diferentes fibras dietéticas (Tabla 1). Para validar las declaraciones de las etiquetas y los mensajes saludables, puede ser necesario especificar diferentes métodos para la medición del contenido de fibra dietética en distintos alimentos. Por ejemplo, si hay la presencia de carbohidratos no digeribles no cuantificados adecuadamente por el método AOAC 985.29 o 991.43, como el almidón resistente o la polidextrosa.

La definición propuesta por la Comisión del Codex Alimentarius para fibra dietética (Cuadro 2) incluye una lista específica de métodos analíticos de la AOAC basados en que esta metodología se usa mundialmente para análisis de rutina. Además de los métodos AOAC 985.29 y 991.43 para fibra dietética total en la mayoría de los alimentos, se pueden usar los métodos AOAC 995.16, 2002.02, 999.03, 997.08, 2001.02, 2001.03 y 2000.11 para mediciones complementarias de otros componentes dentro de la definición. El Codex también señala que el método de Englyst o métodos similares pueden ser necesarios para productos alimentarios que son difíciles de analizar por los métodos de rutina antes mencionados, por ejemplo, las fórmulas infantiles.

## TABLA 1

### Principales métodos de análisis de la fibra dietética

Nombre	Tipo	Componentes medidos	Comentarios
Fibra dietética total;	Enzimático-gravimétrico AOAC 985.29 AOAC 991.43	Polisacáridos solubles + insolubles (incluye RS3) + lignina	Cuantifica solo parte de la fracción RS3 del total de almidón resistente; inulina, polidextrosa, fructooligosacá- ridos y maltodextrinas resistentes
Método de Englyst para NSP	Enzimático-químico o GLC o HPLC	Polisacáridos no amiláceos	Consistente con los datos <i>in vivo</i> La reproducibilidad puede ser baja
Método Uppsala AOAC 994.13	Enzimático-químico	polisacáridos solubles + insolubles (incluido el RS3) + lignina	Pocos usuarios
AOAC 995.16; AACC32-33	Enzimático	Beta-glucanos	
Método de Englyst para almidón resistente	Enzimático	Almidón resistente	Consistente con los datos <i>in vivo</i> ; La reproducibilidad puede ser baja
AOAC 2002-02; AACC 37.42	Enzimático	Almidón resistente y fibra de algas	Consistente con los datos <i>in vivo</i>
AOAC 999.03	Enzimático y colorimétrico	Fructanos (oligofructanos, derivados de la inulina, fructooligosacáridos)	
AOAC 997.08	Enzimático y cromatografía de intercambio iónico	Fructanos (oligofructanos, derivados de la inulina, Fructooligosacáridos)	
	Cromatografía de intercambia de iones	Fructanos (oligofructanos, derivados de la inulina, fructooligosacáridos)	
AOAC 2000.11	HPAEC	Polidextrosa	
AOAC 2001.02	HPAEC-PAD	Trans galactooligosacáridos	
AOAC 2001.03	Enzimático-gravimétrico y cromatografía líquida	Fibra dietética total en los alimentos que contienen maltodextrinas resistentes	

Adaptado de la AFSSA, 2002

## Definición fisiológica

Las propiedades fisiológicas de la fibra dietética determinan su importancia en el organismo humano y su requerimiento en la dieta humana. Por lo tanto, actualmente, la mayoría de los científicos concuerdan que la definición de fibra dietética debería basarse en sus características fisiológicas. Sin embargo, históricamente y debido a propósitos de etiquetado, las características fisicoquímicas son las que distinguen a los tipos de fibra dietética. La especificación de los efectos beneficiosos para la salud de la fibra dietética dentro de la definición elimina sustancias que podrían agregarse a los alimentos debido a sus propiedades tecno-funcionales, pero que no tienen beneficios positivos para la salud.

Antes de considerar estas propiedades fisiológicas, es importante enfatizar que la fibra dietética comprende diferentes componentes en proporciones variables en alimentos diferentes. Las fibras dietéticas de fuentes diferentes no todas pueden producir el rango completo de los efectos fisiológicos positivos que la investigación ha demostrado que tiene la fibra dietética. Algunos efectos son específicos para ciertas fibras.

La no digestibilidad es la característica clave de la fibra dietética y, por lo tanto, es clave en su definición. Significa que no es ni digerida ni absorbida en el intestino delgado humano y que pasará al intestino grueso, donde inducirá una serie de efectos. Por lo tanto, las definiciones recientes se han extendido para incluir a los carbohidratos no digeribles como el almidón resistente y los oligosacáridos no digeribles. En este contexto, es esencial definir el concepto de digestibilidad en el intestino delgado o digestibilidad ileal, que es la digestión que se produce en la parte superior del tracto digestivo. Sin embargo, se debe entender que el criterio "no digerible" es absoluto solo para los polisacáridos no amiláceos y otros componentes de la fibra dietética para los cuales no se producen enzimas digestivas en el

tracto gastrointestinal superior humano. En el caso del almidón resistente es relativamente impreciso, debido a que la digestibilidad intestinal superior puede variar entre los sujetos y puede depender de factores como la eficiencia de la masticación y el tiempo de tránsito gastrointestinal. El término *carbohidrato no disponible* a veces se usa como una alternativa a carbohidratos no digeribles, distinto de carbohidrato *disponible* o *glicémico*, ejemplo, carbohidrato que se digiere y absorbe y se convierte en disponible para el cuerpo.

Una gran proporción de los carbohidratos no digeribles y compuestos relacionados que escapan a la digestión en el intestino delgado se fermentan parcial o completamente por la microflora del intestino grueso. El proceso de fermentación es esencial para la función del intestino grueso, pero también tiene consecuencias fisiológicas de más amplio alcance. Por lo tanto, la estimulación de la fermentación en el intestino grueso es una característica fisiológica clave adicional, aunque no universal, habiendo acuerdo que debería incluirse dentro de la definición de fibra dietética. Los componentes de los alimentos no digeribles que estimulan selectivamente el crecimiento y/o la actividad de una o un número limitado de bacterias beneficiosas (principalmente bacterias lácticas como las bifidobacterias) en el colon se denominan *prebióticos*. Los prebióticos también pueden ser fibras y las fibras también pueden tener efectos prebióticos, pero los dos términos no son intercambiables.

La investigación realizada durante las últimas cinco décadas ha identificado los siguientes efectos clave de la fibra dietética: mejora la función del intestino grueso (volumen de las deposiciones, laxación, fermentación) baja la colesterolemia y baja los niveles de glicemia e insulina sanguínea posprandial. Las definiciones recientes han incluido estas características fisiológicas. Indudablemente, las definiciones evolucionarán a medida que se disponga de más evidencia científica

## CUADRO 2

### Definiciones recientes de fibra dietética

#### Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC, por su sigla en inglés, 2001)

Las partes comestibles de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y la absorción en el intestino delgado humano, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye a los polisacáridos, los oligosacáridos, la lignina y las sustancias vegetales asociadas. Las fibras dietéticas promueven efectos fisiológicos beneficiosos incluidos la laxación y/o la atenuación del colesterol sanguíneo y/o la atenuación de la glicemia.

#### Ingestas dietéticas de referencia para energía, carbohidratos, fibra, grasa, proteínas y amino ácidos (macronutrientes), Instituto de Medicina (2002)

La *fibra dietética* está formada por carbohidratos no digeribles y lignina que son intrínsecos y están presentes intactos en los vegetales. La *fibra funcional* está formada de carbohidratos no digeribles aislados que tienen efectos fisiológicos beneficiosos en los humanos. La *fibra total* es la suma de la *fibra dietética* y la *fibra funcional*.

#### Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de Alimentos (AFSSA, 2002)

La fibra dietética consiste en:

- Polímeros de carbohidratos (grado de polimerización  $\geq 3$ ) de origen vegetal con lignina u otros componentes no-carbohidratos (por ejemplo, polifenoles, ceras, saponinas, cutina, fitatos, fitoesteroles). Y
- Polímeros de carbohidratos (grado de polimerización  $\geq 3$ ), procesados (por medios físicos, enzimáticos o químicos) o sintéticos.
- ADEMÁS la fibra dietética no se digiere ni se absorbe en el intestino delgado. Tiene, al menos, una de las siguientes propiedades:
  - Estimula la fermentación colónica
  - Reduce los niveles preprandiales de colesterol
  - Reduce los niveles posprandiales de glicemia y/o insulina en la sangre.

#### Comisión del Codex Alimentarius (CAC, 2006)

Fibra dietética significa polímeros de carbohidratos\* con un grado de polimerización no inferior a 3, que no son digeridos ni absorbidos en el intestino delgado. El grado de polimerización no inferior a 3 está explícito para excluir a los monosacáridos y disacáridos. No pretende reflejar el grado promedio de polimerización de una mezcla. La fibra dietética consiste en uno o más: • polímeros comestibles de carbohidratos que se encuentran en forma natural en los alimentos consumidos,

- polímeros de carbohidratos, que se han obtenido de materias primas alimentarias por medios físicos, enzimáticos o químicos,
- polímeros de carbohidratos sintéticos

La fibra dietética tiene generalmente las siguientes propiedades:

- Disminuye el tiempo de tránsito intestinal y aumenta el volumen de las deposiciones
- Es fermentable por la microflora colónica
- Reduce los niveles de colesterol total y/o colesterol LDL
- Reduce los niveles posprandiales de glucosa y/o insulina en la sangre.

#### Consejo de Salud de Holanda (2006)

Fibra dietética es el término colectivo para las sustancias que no son digeridas o absorbidas en el intestino delgado humano, y que tienen la estructura química de los carbohidratos, compuestos análogos a los carbohidratos, y la lignina y sustancias relacionadas.

\* Cuando la fibra dietética es de origen vegetal, puede incluir fracciones de lignina y/u otros componentes cuando está asociada con polisacáridos en las paredes celulares vegetales y siempre que estos compuestos sean cuantificados por el método analítico gravimétrico de la AOAC para el análisis de la fibra dietética. Las fracciones de lignina y/u otros compuestos (por ejemplo, fragmentos proteicos, compuestos fenólicos, ceras, saponinas, fitatos, cutina, fitoesteroles) íntimamente asociados con polisacáridos vegetales se extraen frecuentemente con los polisacáridos en el método AOAC 991.43. Estas sustancias están incluidas en la definición de fibra, ya que están asociadas de hecho con las fracciones de polisacáridos u oligosacáridos de la fibra. Sin embargo, cuando se extraen o incluso se reintroducen en un alimento que contiene polisacáridos no digeribles, no se pueden definir como fibra dietética.

## TABLA 2

### Elementos de definiciones de la fibra dietética

- Origen biológico o sintético de la fibra.
- Naturaleza química de las sustancias incluidas.
- Grado mínimo de polimerización de los polímeros de carbohidratos.
- Resistencia a la hidrólisis (digestión) por parte de las enzimas del tracto gastrointestinal.
- Referencia a un método de análisis.
- Referencia a la fermentabilidad en el colon, incluida la producción de ácidos grasos de cadena corta y los efectos fisiológicos asociados, como la reducción de los componentes tóxicos de las deposiciones, absorción mineral, propiedades prebióticas.
- Referencia a otras propiedades fisiológicas medibles, como efectos laxantes o metabólicos (por ejemplo, reducción de los niveles sanguíneos de colesterol, glicemia o insulina).

Adaptado de la AFSSA, 2002

sobre los efectos de la fibra dietética.

### Definiciones más recientes

Las definiciones más recientes de fibra dietética provienen de la *Asociación Americana de Químicos de Cereales* (American Association of Cereal Chemists), el *Instituto de Medicina de los Estados Unidos*, la *Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de los Alimentos* (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), la *Comisión del Codex Alimentarius* y el *Consejo de Salud de Holanda* (Health Council of The Netherlands) (Cuadro 2). Todas estas definiciones toman en consideración las características fisiológicas de la fibra dietética, pero con

variado énfasis.

En 1999, la *Asociación Americana de Químicos de Cereales* propuso una definición que estaba restringida a fuentes vegetales y no incluía los aspectos fisiológicos. Ésta fue actualizada en el año 2001 y tiene la principal ventaja de ser simple y directa. No se refiere al origen de la fibra dietética y abarca las variadas características fisiológicas de las diferentes fibras. Es más precisa que las definiciones anteriores que se referían solo en términos muy generales a las propiedades fisiológicas de la fibra dietética.

El *Instituto de Medicina* de los Estados Unidos (2001) utilizó un enfoque novedoso en la distinción entre componentes intrínsecos, intactos de los alimentos vegetales, fibra dietética, y fibra adicionada, sumada como *fibra total*. Posteriormente (2002), esta definición fue modificada como parte del desarrollo de las ingestas dietéticas de referencia. La *fibra adicionada* se reclasificó como *fibra funcional*, para indicar el requerimiento de beneficios fisiológicos y funcionalidad de los carbohidratos no digeribles aislados adicionados a los alimentos. Sin embargo, la definición no incluye ninguna descripción precisa de las características fisiológicas de la fibra. También crea una distinción artificial, analíticamente imposible y, por lo tanto inexistente en la práctica, entre las fibras presentes naturalmente en las células vegetales y aquellas extraídas de fuentes vegetales o producidas en forma sintética. El término *fibra funcional* también puede implicar que fibras distintas de la *fibra funcional* no sean funcionales, o al menos, lo sean en menor grado, lo que no es el caso. El término *alimentos funcionales* tiene un inconveniente similar.

Más recientemente, la *Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de los Alimentos* (2002) revisó las definiciones existentes de fibra dietética e identificó de manera útil



## TABLA 3

Polímeros de carbohidratos, ya sea procesados (por medios físicos, enzimáticos o químicos) o sintéticos, con probabilidad de ser aceptados dentro de la definición de fibra dietética

Substancia	Modo de obtención	Propiedades fisiológicas reconocidas	Validación por entidades públicas
<b>OLIGOSACÁRIDOS</b>			
Fructooligosacáridos*	Síntesis enzimática a partir de sacarosa*	Inclusión en la categoría de fibra dietética Ingrediente bifidogénico	CEDAP (13/09/95 Comité Científico para Alimentos (DGXXIV, Bruselas) (julio 1997)
Oligofructosa*	Hidrólisis enzimática de la inulina de la raíz de achicoria*	Ídem	Ídem
$\beta$ -galacto-oligosacáridos o transgalactooligosacáridos (TOS)**	Transgalactosilación enzimática de la lactosa	Efecto prebiótico	
Glucooligosacáridos**	Transglucosilación enzimática de la glucosa	Efecto prebiótico (pocos ensayos, ninguno en humanos)	
Xilooligosacáridos (XOS)**	Hidrólisis enzimática de polixilanos de <i>Trichoderma</i> sp.		
$\beta$ -ciclodextrinas**		Muy pocos estudios	
Maltodextrinas resistentes**	Calor y tratamiento enzimático aplicado a almidón de maíz	Efecto prebiótico	
Otras dextrinas	Dextrinización seguida por una etapa cromatográfica		
<b>POLISACÁRIDOS</b>			
Almidón resistente	Tratamiento hidrotérmico de maltodextrinas de tapioca y desramificado enzimático	Estimula la fermentación colónica	Fuente de butirato C*ActiStar® debería ser considerado como un ingrediente por la Unión Europea
Polidextrosa (E1200)*	Polimerización térmica de la glucosa en presencia de sorbitol y ácido (permitido) como catalizador	Estimula la fermentación colónica	Respaldado como fibra por la AFSSA

\* Propuesto por la AFSSA para inclusión inmediata; los otros requieren mayor examen por parte de la AFSSA.

\*\* Requiere de mayor sustentación

Adaptado de la AFSSA, 2002

## 12 Serie Monografías Concisas

los criterios que cubren estas definiciones (Tabla 2). La agencia observó que ninguna definición anterior al año 2002 había sido lo suficientemente detallada para abarcar todos estos criterios y propuso una definición más amplia, pero mucho más compleja; aunque está principalmente circunscrita a fibras de origen natural o fibras sintéticas, excluyendo a las fibras de origen animal o microbiano.

La definición de la *Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de los Alimentos* es una de las definiciones más detalladas a la fecha. Tiene en común con la definición de la *Asociación Americana de Químicos de Cereales*, que abarca fibras que son polímeros de carbohidratos que están presentes en forma natural en los alimentos vegetales (pero no en los alimentos animales), así como materiales asociados distintos de los carbohidratos (por ejemplo, la lignina, los polifenoles y las ceras). La definición de la *Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de los Alimentos* tiene en común con las definiciones del *Instituto de Medicina de los Estados Unidos*, que incluye a las fibras procesadas y sintéticas, debido a las importantes propiedades fisiológicas de estos materiales. Sin embargo, es más específica al incluir en un anexo una lista positiva de estos compuestos para propósitos de etiquetado (Tabla 3). Se estipula que los compuestos pueden ser aceptados en esta categoría solo en base a evidencia. Finalmente, la *Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de los Alimentos* incluye una definición fisiológica de fibra dietética, señalando que *no es digerible ni absorbida en el intestino delgado*. A diferencia de las definiciones anteriores, también especifica que para que una sustancia se defina como fibra dietética debería tener al menos una de las siguientes propiedades fisiológicas: aumentar la producción de las deposiciones, estimular la fermentación colónica, reducir los niveles sanguíneos de colesterol en ayunas o reducir los niveles de glicemia o de insulina en la sangre.

La Comisión del Codex Alimentarius ha desarrollado esta definición en el 2006. Especifica que fibra dietética significa *polímeros de carbohidratos con un grado de polimerización no menor que 3 que no se digieren ni se absorben en el intestino delgado*. Incluye a los polímeros comestibles que están presentes naturalmente en los alimentos (ya sean de origen vegetal o animal) y polímeros de carbohidratos que se extraigan de materias primas de alimentos o que sean sintetizados. Señala que las fibras de origen vegetal pueden incluir materiales asociados tales como lignina u otros compuestos, siempre que estos componentes se cuantifiquen por el método AOAC para fibra dietética total.

La definición de Codex propuesta incluye el importante criterio de la no digestibilidad en el intestino delgado humano y especifica una variedad de beneficios fisiológicos de los diferentes componentes de la fibra. Su principal ventaja sobre las definiciones anteriores basadas en análisis es que considera el hecho que existen más similitudes en términos de características físico-químicas o fisiológicas entre, por ejemplo, el almidón resistente, los oligosacáridos no digeribles y los polisacáridos no amiláceos fermentables, que entre la categoría de polisacáridos no amiláceos como un todo. Por lo tanto, es más significativa en términos fisiológicos.

El *Consejo de Salud de Holanda* (2006) definió la fibra dietética como *substancias que no se digieren o se absorben en el intestino delgado humano y que tienen la estructura química de carbohidratos, compuestos análogos a los carbohidratos, y lignina y substancias relacionadas*. El debate continúa y algunas opiniones recientes han favorecido un retorno a la definición original de fibra junto con las corrientes que señalan que “la fibra dietética consiste en polisacáridos intrínsecos a la pared de la célula vegetal”.

## Fibra dietética soluble e insoluble

En sus inicios, la química de los polisacáridos no amiláceos extraía diferentes fracciones de fibra mediante el control del pH de las soluciones; en este contexto, se desarrollaron los términos de fibra *soluble* e *insoluble*. Ellos proporcionan una categorización simple y útil de la fibra dietética con diferentes propiedades fisiológicas, como se comprendió en ese tiempo. Por una parte, existen fibras que afectan principalmente la absorción de la glucosa y la grasa. Históricamente, a éstas se las llamó *solubles* debido a que muchas de ellas eran viscosas y formaban geles en el intestino delgado (por ejemplo, pectinas y  $\beta$ -glucanos). Por el contrario, los tipos de fibra dietética con una mayor influencia en la función del intestino grueso se denominaron *insolubles* (incluidas la celulosa y la lignina). Ahora está claro que esta simple diferencia fisiológica es inapropiada debido a que algunas fibras *insolubles* se fermentan rápidamente y algunas fibras *solubles* no afectan la absorción de glucosa y grasa. Debido a que los términos *soluble* e *insoluble* pueden ser confusos, la *Organización Mundial de la Salud* y la *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* recomendaron ya en 1998 que estos términos no deberían usarse más.

## COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FIBRA DIETÉTICA

---

### Introducción

A pesar de que el concepto de fibra dietética se ha debatido durante décadas, los constituyentes que en la actualidad se consideran parte de ella no son muy distintos de aquéllos discutidos varias décadas atrás (Tabla 4). Consisten principalmente de polímeros de carbohidratos (polisacáridos no amiláceos) que son componentes de las paredes de las células vegetales, incluidas la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas, así como otros polisacáridos de origen vegetal o de algas, como las gomas, los mucílagos y los oligosacáridos como la inulina. Los carbohidratos no digeribles análogos que pasan a través del intestino delgado sin cambios, pero que se fermentan en el intestino grueso también deberían incluirse; por ejemplo, el almidón resistente, los fructooligosacáridos, las celulosas modificadas y los polímeros de carbohidratos sintéticos, como la polidextrosa. Las sustancias asociadas, principalmente la lignina, y los compuestos menores, que comprenden las ceras, la cutina, los polifenoles, los fitatos y los fitoesteroles, también se incluyen desde el momento en que se extraen con los polisacáridos y oligosacáridos en varios métodos analíticos para fibra. Sin embargo, con la excepción de la lignina, estas sustancias asociadas, cuando se aíslan no podrían describirse como fibra dietética. Las definiciones de la *Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de los Alimentos* y el *Codex Alimentarius* excluyen a los polímeros de carbohidratos con un grado de polimerización menor a 3. A continuación, se dará una breve descripción de los componentes más importantes y que están con mayor frecuencia en la fibra dietética y que están presentes en forma natural o que se usan como ingredientes alimentarios.

## TABLA 4

### Constituyentes propuestos de la fibra dietética (AACC, 2001)

#### Polisacáridos no amiláceos y oligosacáridos no digeribles

Celulosa  
Hemicelulosa  
Pectinas  
Beta-glucanos  
Gomas  
Mucílagos  
Fructanos  
Inulina  
Oligofructosas/Fructooligosacáridos

#### Carbohidratos análogos

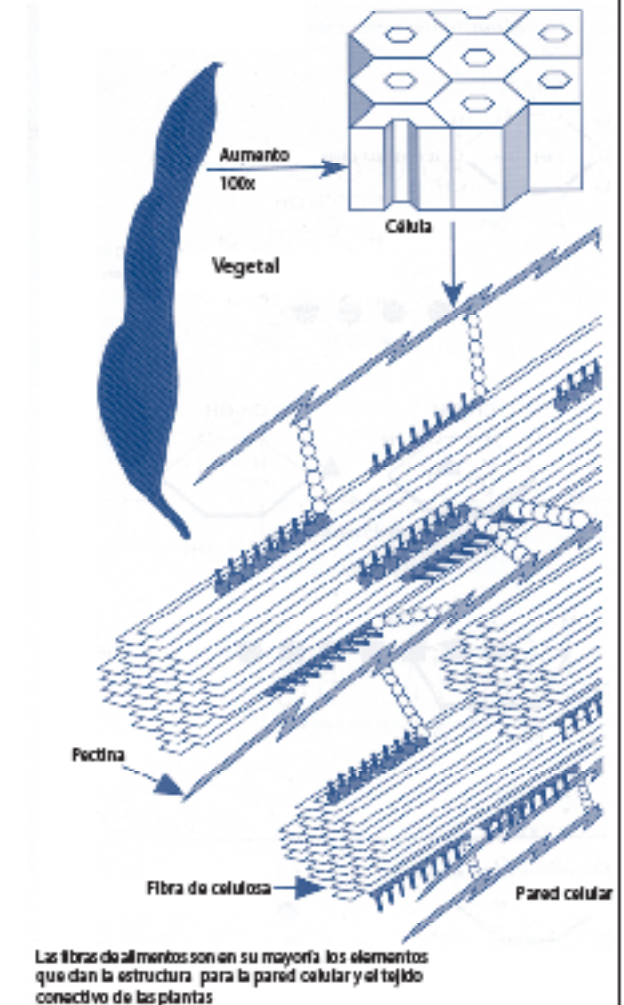
Almidón resistente  
Fructooligosacáridos  
Galactooligosacáridos  
Dextrinas no digeribles  
Componentes de carbohidratos modificados o sintéticos  
Celulosas modificadas (metilcelulosa, hidroxipropilmetilcelulosa)  
Polidextrosa

#### Lignina y otras sustancias asociadas

Lignina  
Ceras  
Fitato  
Cutina  
Taninos

FIGURA 1

Modelo de la pared celular vegetal



© Scientific American, Inc., George V. Kelvin. Usado con autorización

## TABLA 5

### Contenido de almidón en alimentos seleccionados

Alimento	almidón total g/100 g de materia seca	almidón resistente g/100 g de almidón total
Pan blanco	77	1.2
Pan integral	60	1.7
Trigo triturado	71	0
Hojuelas de maíz	78	3.8
Avena cocida	65	3.1
Pan centeno	61	4.9
Papas cocidas, calientes	74	6.8
Papas cocidas, frías	75	13.3
Spaghetti, recién cocido	79	6.3
Arvejas, cocidas	20	25.0
Frejoles cocidos	45	40.0

Fuente: Englyst et al., 1992

## Celulosa

La celulosa es un polisacárido lineal, no ramificado que consiste solo de unidades de glucosa; hasta 10.000 unidades de glucosa por molécula. Las moléculas lineales están empacadas juntas como fibras largas en una estructura que es muy insoluble y resistente a la digestión por las enzimas humanas. La celulosa es el componente principal de la pared celular de la mayoría de las plantas (Figura 1) y, por lo tanto, está presente en frutas, verduras y cereales. Gran parte de la fibra en el salvado de cereal es celulosa. La celulosa forma alrededor de un cuarto de la fibra dietética en los granos y frutas y un tercio en las verduras y nueces.

## Hemicelulosa

Las hemicelulosas son polisacáridos que contienen

otros azúcares además de glucosa y están asociados con la celulosa en la pared celular de los vegetales. Incluye moléculas lineales y ramificadas, más pequeñas que la celulosa; comúnmente contienen de 50 a 200 unidades de pentosa (xilosa y arabinosa) y unidades de hexosa (glucosa, galactosa, manosa, ramnosa, ácidos glucurónico y galacturónico). Por lo tanto, el nombre hemicelulosa describe a un grupo heterogéneo de estructuras químicas que están presentes en los alimentos vegetales en forma soluble e insoluble en agua. Aproximadamente un tercio de la fibra dietética en las verduras, frutas, legumbres y nueces se compone de hemicelulosas.

## Pectinas

Las pectinas son polisacáridos solubles en agua caliente y forman geles por enfriamiento. Se componen

## CUADRO 3

### Almidón resistente (RS, por su sigla en inglés)

**RS1** – almidón que es físicamente inaccesible, por ejemplo, encerrado dentro de estructuras celulares naturales en alimentos como semillas de leguminosas y granos y semillas de cereal parcialmente molidas.

**RS2** – gránulos de almidón nativo (del tipo B al espectro de rayos X), por ejemplo, maíz rico en amilosa, papas crudas, bananas verdes.

**RS3** – amilosa retrogradada (y en menor grado, amilopectinas) en alimentos procesados. Los almidones alimentarios pueden volverse parcialmente indigeribles mediante procesos físicos o químicos y por refrigeración, por ejemplo, en el pan, hojuelas de maíz y papas o arroz cocidos y enfriados.

**RS4** – almidón modificado químicamente (incluido el almidón pirodextrinizado, pirolizado).

principalmente de cadenas de ácido galacturónico intercaladas con unidades de ramnosa y se ramifican con cadenas de unidades de pentosa y hexosa. Están presentes en las paredes celulares y tejidos intracelulares de frutas y verduras y se usan como agentes gelificantes y espesantes en varios productos alimentarios. Aunque las frutas contienen mayoritariamente pectinas, ellas también representan de un 15% a un 20% de la fibra dietética en las verduras, legumbres y nueces.

## $\beta$ -Glucanos

Los  $\beta$ -glucanos son polímeros de glucosa. A diferencia de la celulosa, los enlaces entre las unidades son variables, tienen una estructura ramificada y son de

menor tamaño. Estas propiedades influyen en su solubilidad, permitiéndoles formar soluciones viscosas. Los  $\beta$ -glucanos son un componente principal del material de la pared celular en los granos de avena y cebada, pero están presentes en pequeñas cantidades en el trigo. Se ha generado interés en ellos como fuente de fibra soluble. El salvado de avena se ha agregado a algunos productos alimentarios como una fuente de estos  $\beta$ -glucanos.

## Almidón resistente

El almidón y los productos de la degradación del almidón que no son absorbidos en el intestino delgado de los humanos sanos se denomina *almidón resistente*. Está presente en un amplio rango de alimentos que contienen carbohidratos en variadas proporciones (Tabla 5). Se han identificado cuatro clases de almidón resistente: almidón físicamente inaccesible (RS1), gránulos de almidón nativo (RS2), almidón retrogradado (RS3) y almidón químicamente modificado (RS4) (Cuadro 3). Las legumbres son una de las principales fuentes de RS1, ya que tienen paredes celulares gruesas que hacen al almidón inaccesible para las enzimas. La cocción y el procesamiento de los alimentos pueden romper las paredes celulares, haciendo que el almidón quede más disponible para la digestión. Ciertos tipos de almidón, como el de las papas crudas y las bananas poco maduras, son muy resistentes a la hidrólisis enzimática (RS2). Sin embargo, a diferencia de las bananas, las papas se comen cocidas y la mayoría de los procesos de cocción permiten la gelatinización del almidón. Por lo tanto, la banana es la principal fuente de RS2 en la dieta humana. La cantidad de RS2 en una banana depende de su madurez. Otra categoría de RS2 es la de los almidones ricos en amilosa que son fuentes frecuentes de almidón resistente industrial. La cocción, el enfriamiento y el almacenamiento de los alimentos sin previo secado causa retrogradación (recristalización) del almidón gelatinizado: RS3. Por ejemplo, recalentar

papas enfriadas puede reducir el contenido de RS3. Sin embargo, ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento aumentan los niveles de RS3 en las papas.

El almidón químicamente modificado (RS4) incluye éteres y ésteres de almidón, almidones con enlaces cruzados y almidones pirodextrinizados. Las modificaciones químicas son las razones para una reducción de la digestibilidad del almidón en el intestino delgado y, por lo tanto, la formación de RS4. Algunos almidones modificados químicamente que no se han sometido a una alteración de la digestibilidad se usan como ingredientes en productos como alimentos para bebés.

El contenido de almidón resistente de un alimento puede cambiar durante el almacenamiento, dependiendo de la temperatura y el contenido de agua, y durante la preparación del alimento. Por consiguiente, una cuantificación exacta del almidón resistente en un producto alimentario al momento del consumo no es posible. Un sujeto puede digerir una proporción mayor de almidón en el intestino delgado, mientras que en otro individuo esto podría comportarse como almidón resistente.

## ***Oligosacáridos no digeribles***

Los oligosacáridos no digeribles con un grado de polimerización de 3 a 10 se encuentran naturalmente en los alimentos vegetales, principalmente verduras, cereales y frutas. También pueden sintetizarse química o enzimáticamente a partir de los monosacáridos y los disacáridos, o mediante hidrólisis enzimática de los polisacáridos. Están incluidos en la definición de fibra dietética porque, como resultado de su no digestibilidad, presentan efectos fisiológicos similares a sus contrapartes polisacáridas mayores. Generalmente, son altamente fermentables y algunos tienen las denominadas propiedades prebióticas. Los prebióticos más conocidos son los fructanos, que incluyen a los

fructooligosacáridos u oligofruktosas, obtenidos por hidrólisis enzimática de las inulinas naturales (con grado de polimerización de 3 a 60) y sus análogos sintéticos obtenidos mediante síntesis enzimática a partir de sacarosa. Las cebollas, la radicheta (raíz de achicoria) y el topinambur son las principales fuentes alimentarias de fructanos naturales, de los cuales se obtiene la inulina y los fructooligosacáridos.

Se ha descrito una gran cantidad de oligosacáridos no digeribles procesados y sintéticos. Las propiedades fisiológicas se han confirmado para algunos de ellos. Principalmente, los efectos se regulan por cambios en la actividad y/o composición de la microflora colónica humana. Por lo tanto, se pueden considerar como representantes de nuevas fuentes de fibra dietética, ya que cumplen los criterios establecidos por las recientes definiciones de fibra dietética. Sin embargo, no todos los oligosacáridos no digeribles son permitidos universalmente para uso alimentario. Actualmente, los fructooligosacáridos y ciertos galactooligosacáridos se permiten en la mayoría de los países europeos, los Estados Unidos y Canadá. Japón permite un rango más amplio de oligosacáridos no digeribles para uso alimentario.

## ***Otros compuestos de carbohidratos sintéticos***

Al igual que la celulosa, los derivados sintéticos de la celulosa, como la metilcelulosa y la hidroxipropilmetilcelulosa, no son digeribles. A diferencia de su molécula de origen, son solubles, pero difícilmente se fermentan por la microflora colónica.

La polidextrosa es un polímero de carbohidrato no digerible, con un promedio de polimerización de 12, sintetizado a partir de glucosa y sorbitol, utilizando un ácido orgánico, como el ácido cítrico, como catalizador. El resultado es una estructura compleja, resistente a la

hidrólisis realizada por las enzimas digestivas humanas. Se fermenta parcialmente en el colon, alrededor del 50% en los humanos, y tiene propiedades digestivas y prebióticas.

Las dextrinas resistentes se producen por calentamiento a pH alcalino y por el tratamiento enzimático de los almidones, tal como el de maíz y de las papas, resultando con un grado de polimerización aproximadamente igual a 15. Son parcialmente no digeribles por las enzimas digestivas humanas y parcialmente fermentados en el colon. Por consiguiente, se comportan fisiológicamente como fibra dietética. Aún no se han confirmado los efectos prebióticos de estas dextrinas.

## **Gomas y mucílagos**

Los hidrocoloides comprenden un amplio rango de polisacáridos mixtos viscosos. Se derivan de exudados vegetales (goma arábiga y tragacanto), semillas (gomas guar y garrofín) y extractos de algas (agar, carrageninas y alginatos). Los mucílagos están presentes en las células de las capas externas de las semillas de la familia plantagináceas, por ejemplo, ispágula (psyllium). Estos hidrocoloides se usan en pequeñas cantidades, en ciertos alimentos, como agentes gelificantes, espesantes, estabilizantes y emulsionantes. Algunos, por ejemplo la goma guar y la ispágula, también se han

investigado y/o usado como ingredientes funcionales en los alimentos.

## **Lignina**

La lignina no es un polisacárido, pero está químicamente unida a la hemicelulosa en la pared de las células vegetales y, por lo tanto, está íntimamente asociada con los polisacáridos de la pared de las células vegetales. También influye en la fisiología gastrointestinal. Está presente en los alimentos como un componente "leñoso", tal como en el apio, y en las capas externas de los granos de cereal.

## **Otros componentes menores asociados**

El ácido fítico (inositol hexafosfato) está asociado con la fibra en algunos alimentos, especialmente en los granos de cereal. Sus grupos fosfatos se unen muy fuertemente con los iones de carga positiva, como el hierro, el zinc, el calcio y el magnesio, y pueden influir en la absorción mineral desde el tracto gastrointestinal. Otros constituyentes vegetales asociados con la fibra dietética, por ejemplo los polifenoles (taninos), las cutinas y los fitoesteroles, también pueden tener efectos fisiológicos.



## FUENTES ALIMENTARIAS

Las principales fuentes alimentarias de fibra dietética y carbohidratos no digeribles son los alimentos vegetales, como los granos de cereal, las legumbres, las verduras, las frutas y las semillas, como se observa en la Tabla 6. El término grano entero se usa frecuentemente en conexión con los cereales y ha sido recientemente redefinido por la AACC. En términos de consumo, los granos de cereal principales son el trigo, el arroz, el maíz, la avena y el centeno. Siguen en importancia la cebada, el triticale, el mijo y el sorgo. El trigo sarraceno,

### TABLA 6

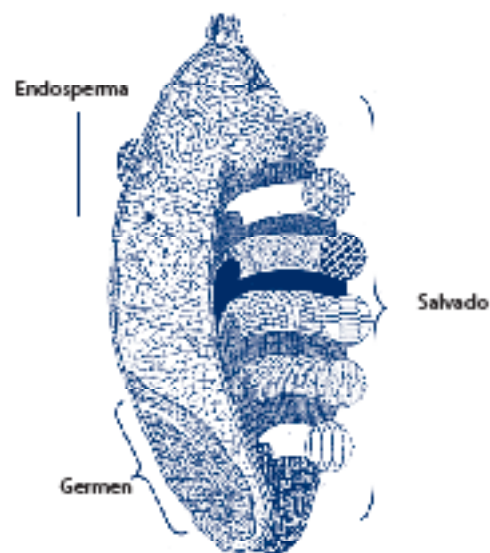
#### Fuentes naturales de varios componentes de la fibra dietética

Componente de la fibra	Principal fuente alimentaria
Celulosa	Verduras, plantas leñosas, salvados de cereal
Hemicelulosa	Granos de cereal
Lignina	Salvados de cereal, cáscara de arroz y legumbres, y plantas leñosas
$\beta$ -Glucanos	Granos (avena, cebada, centeno, trigo)
Pectinas	Frutas, verduras, legumbres, betarraga, papas
Gomas	Legumbres, algas, microorganismos (guar, garrofin, carragenina xantán, goma arábica)
Inulina y oligosacáridos/ fructooligosacáridos	Radicheta (raíz de achicoria), topinambur, alcachofa, cebollas
Oligosacáridos	Leche humana, granos de legumbre
Almidones resistentes (tipos RS1 y RS2)	Ver Cuadro 3

el arroz silvestre, el amaranto y la quinua no se clasifican como granos en términos botánicos, pero se asocian con ellos en un contexto alimentario debido a su composición similar. El cereal integral está formado de una cáscara protectora, bajo la cual están la capa de salvado, la capa de aleurona, rica en proteínas, el endosperma del cual 50% a 75% es almidón, y el germen (Figura 2).

Los cereales integrales tienen un alto contenido de fibra dietética, incluido el almidón resistente y los

**FIGURA 2**  
Estructura de un grano de cereal



Fuente: Slavin J. Whole grains and human health. *Nutrition Research Reviews* 2004;17:99-110. Reimpreso con autorización

oligosacáridos no digeribles, pero también son ricos en nutrientes y fitoquímicos potencialmente beneficiosos (incluye compuestos fenólicos, fitoestrógenos y esteroides vegetales). La mayoría de éstos se localizan en las fracciones del grano: aleurona y germen.

Una proporción variable de fibra dietética se deriva de carbohidratos no digeribles aislados o sintéticos, incorporados en productos alimentarios, por ejemplo, oligosacáridos no digeribles (fructooligosacáridos, galactooligosacáridos), almidón resistente, maltodextrinas resistentes y polidextrosa (Tabla 7).

**TABLA 7**

Algunas fibras sintéticas y modificadas	
Componente de la fibra	Proceso de producción
Fructooligosacáridos	Transfructosilación de la sacarosa con una $\beta$ -fructosidasa de <i>Aspergillus niger</i>
Oligofruktosa	Degradación enzimática parcial de inulina vegetal nativa
Galactooligosacáridos	Transgalactosilación enzimática de la lactosa
Glucooligosacáridos	Transglucosilación usando dextranosucrasa de <i>Leuconostoc mesenteroides</i>
Xilooligosacáridos	Hidrólisis enzimática parcial de xilano por xilanasa de <i>Trichoderma sp.</i>
Polidextrosa	Polimerización térmica de la glucosa con sorbitol y ácido (como catalizador)
Maltodextrinas resistentes	Tratamiento alcalino en caliente del almidón

## ANÁLISIS

Como se señaló anteriormente, no existe un método analítico único que sea capaz de medir todos los componentes de la fibra en los alimentos. Existe una necesidad de métodos analíticos que cuantifiquen los componentes de la definición de fibra dietética y al mismo tiempo excluya otros componentes del alimento. En el Cuadro 1 y la Tabla 1 se describe los métodos principales de análisis para la fibra dietética actualmente en uso.

Desde 1985, el principal método oficial aceptado para la medición de la fibra total ha sido el método enzimático gravimétrico de la AOAC (N° 985.29). Sin embargo, como la definición de fibra dietética ha evolucionado y se han adoptado una serie de otros métodos aprobados por la AOAC y la AACC, los métodos para la fibra dietética total no cuantifican el amplio espectro de componentes considerados actualmente como fibra dietética.

En el Reino Unido, para propósitos de las tablas de composición de alimentos, la fibra dietética se mide como polisacáridos no amiláceos mediante el método de Englyst (Cuadro 1). Sin embargo, el método AOAC (985.29) genera valores significativamente más altos para la fibra dietética que el método de Englyst, particularmente para alimentos ricos en almidón, tales como papas, pan, frejoles y hojuelas de maíz. Esto se produce por la recuperación de algunas de las fracciones de RS3 del almidón resistente como fibra dietética. En los alimentos que contienen lignina, tal como los granos de cereales integrales, el hecho de que la lignina no se incluya en el análisis de los polisacáridos no amiláceos contribuye a estos valores más bajos obtenidos por este método. Por lo tanto, es importante reconocer que cuando se usan los valores de Englyst en las tablas de alimentos y donde son base de las recomendaciones alimentarias, como es el caso del Reino Unido, los valores

no siempre coincidirán con los valores declarados en las etiquetas de los productos alimentarios, que se basan en el método enzimático gravimétrico AOAC.

El análisis de las fracciones de almidón resistente de los productos alimentarios es algo problemático. Existe un cierto número de métodos validados disponibles para medir el contenido promedio de almidón resistente de los alimentos en el cual se puede basar el etiquetado de alimentos (Cuadro 1, Tabla1). Sin embargo, debido a los reconocidos aumentos y disminuciones en el contenido de almidón resistente en los alimentos durante la maduración, la cocción y el enfriamiento, es difícil para la industria de alimentos y vendedores minoristas declarar valores exactos y representativos en las etiquetas. Existe un debate en curso sobre si las declaraciones deberían basarse en el producto, ya sea "como se envasó" o "como se preparó"; lo último es aceptado en Europa. Un enfoque alternativo es el adoptado en los Estados Unidos, donde la declaración se debe relacionar al producto "como se vende", pero también está la opción de poder declarar el producto "como se preparó". La última opción parecería ser la deseable en productos en los cuales el contenido de almidón resistente puede disminuir o aumentar durante el procesamiento.

El debate relacionado con las metodologías apropiadas para la cuantificación de la fibra dietética continúa y depende, al menos en parte, de la discusión sobre la definición del concepto mismo. Ninguno de los métodos existentes es óptimo para medir el amplio espectro de componentes que ahora se aceptan que son fibra dietética. Por lo tanto, la metodología actual para la medición de cantidades de fibra dietética total casi con certeza subestima el contenido de fibra dietética en muchos productos alimentarios.

## CONSUMO

---

Las estimaciones de consumo de fibra dietética total (Tabla 8) se han derivado utilizando diferentes métodos de recolección de datos, con grados variables de exactitud. Las poblaciones estudiadas no son necesariamente representativas de la nacionalidad de los países individuales que aparecen en la lista. Estas estimaciones también están influenciadas por la metodología analítica para la medición de las cantidades de fibra dietética usadas por los distintos organismos gubernamentales y grupos de investigación. Por estas razones, las cifras actuales son inexactas y no se puede comparar directamente el consumo de fibra dietética entre diferentes países.

El consumo promedio de fibra dietética total va, entre los distintos países, de 12 a 29 g por día. Debido a las deficiencias de los datos, ya explicadas, la única observación clara que se puede hacer es que existen diferencias de género perceptibles en el consumo de fibra dietética. Las estimaciones para las mujeres son consistentemente más bajas que aquellas para los hombres, pero esto se explica principalmente por la ingesta total que generalmente es más baja en alimentos y energía en las mujeres en comparación con la de los hombres.

Con respecto a los componentes específicos de la fibra, existen algunos datos para el almidón resistente. Se ha usado una variedad de métodos para estimar el contenido de almidón resistente de los alimentos y el contenido real de almidón resistente de los alimentos procesados varía enormemente. Se ha estimado que el almidón resistente representa alrededor del 5% del consumo total de almidón. Las principales fuentes de ingesta de almidón resistente son los alimentos a base de cereales (principalmente pan, pasta y arroz), legumbres y papas. En Europa, se estima que el valor

**TABLA 8****Estimación de consumo de fibra dietética**

País	Tipo de estudio/Fuente	Cantidad g/día
Bélgica (Cho et al., 1999)	Recordatorio de 24 horas*	21 hombres 19 mujeres
Dinamarca (Bingham et al., 2003)	Encuesta alimentaria EPIC/recordatorio de 24 horas***	21 hombres 20 mujeres
Francia (Lairon et al., 2003)	SU.VI.MAX Cuestionarios alimentarios computarizados (cada 2 meses)***	21 hombres 17 mujeres
Alemania (Bingham et al., 2003)	Encuesta alimentaria EPIC/recordatorio de 24 horas***	24 hombres 21 mujeres
Italia (Bingham et al., 2003)	Encuesta alimentaria EPIC/recordatorio de 24 horas***	25 hombres 22 mujeres
Japón (Miller-Jones et al., 2004)	23 prefecturas, múltiples encuestas nutricionales***	17
Holanda (Bingham et al., 2002)	Encuesta alimentaria EPIC/recordatorio de 24 horas***	27 hombres 23 mujeres
España (Bingham et al., 2003)	Encuesta alimentaria EPIC/recordatorio de 24 horas***	29 hombres 23 mujeres
Suecia (Bingham et al., 2003)	Encuesta alimentaria EPIC/recordatorio de 24 horas***	21 hombres 19 mujeres
Reino Unido (Hoare et al., 2004, Bingham et al., 2003)	Encuesta Nacional de Nutrición y Salud ingesta comparada de 7 días, 2003 Encuesta alimentaria EPIC/recordatorio de 24 horas***	15,2 hombres 12,6 mujeres 20 hombres 20 mujeres
Estados Unidos (USDA 2005)	NHANES 2001-2002***	18 hombres (19-70 años) 14 mujeres (19-70 años)
*Fibra dietética total ** Polisacáridos no amiláceos *** Fibra dietética, método no específico		

promedio es de 4 g/día. En Italia, la ingesta promedio de almidón resistente va de 7 g/día en el noroeste a 9 g/día en el sur, reflejando el alto consumo de pasta y pan. Las ingestas informadas en Australia y Nueva Zelanda son de alrededor de 5 g/día, similar al promedio de ingesta en Europa. Las estimaciones para los países menos desarrollados, muchos de los cuales tienen altas ingestas de almidón no procesado, granos y legumbres van de 10 a 40 g/día.

Hay datos muy limitados sobre la ingesta para otros componentes específicos de la fibra dietética. Pero, un ejemplo es que el consumo de inulinas presentes naturalmente en trigo, cebollas, puerros y otras verduras se estima que es de 3 a 10 g/día.

## RECOMENDACIONES PARA LA INGESTA

---

Las sustancias consideradas como fibra dietética forman un grupo más bien heterogéneo. Por lo tanto, uno podría argumentar que una ingesta total de fibra recomendada tiene, tanto o tan poco sentido como una recomendación de ingesta total de vitaminas. Sin embargo, muchos concuerdan que el grupo de sustancias que cumplen con la definición de fibra dietética tiene suficiente en común para que tenga sentido definir una recomendación para su ingesta total.

### Adultos

En la Tabla 9, se resumen las recomendaciones a nivel mundial para el consumo de fibra dietética para los adultos. Las diferencias en los valores se deben a las diferencias en la forma como se obtienen las ingestas alimentarias de referencia y también a las diferencias en los métodos analíticos y en las definiciones aceptadas de fibra dietética en los diferentes países.

En algunos casos, se expresan como fibra dietética total (AOAC 985.29), en otros como polisacáridos no amiláceos o solo como fibra dietética sin especificar el método de análisis. Esta es una fuente de confusión para los consumidores, los profesionales de la salud y otros que necesitan utilizar estas recomendaciones. A pesar de estas reservas, los datos en las Tablas 8 y 9 pueden usarse para comparar la ingesta con las recomendaciones dentro de países individuales. A partir de esto, es claro que en los países occidentales, las ingestas promedio de fibra dietética están bajo estas recomendaciones.

### Niños

Existe falta de datos sobre los efectos de la fibra dietética en niños y solo unos pocos países han establecido recomendaciones de ingestas de fibra dietética durante la niñez. En el Reino Unido, se recomienda que los niños menores de dos años no consuman alimentos ricos en fibra a expensas de alimentos densos en energía requeridos para el crecimiento. Además se aconseja que los niños menores de cinco años no debieran consumir una dieta basada en las recomendaciones para adultos.

En el 2002, el *Instituto de Medicina* de los Estados Unidos también estableció recomendaciones sobre la fibra dietética para niños y adolescentes. Estas se basan en estudios prospectivos, en los que se encontró que el riesgo de cardiopatía coronaria era menor entre aquellos en el quintil más alto de ingesta de fibra dietética total, con un promedio de 3,4 g/MJ o 14 g/1000 kcal en el quintil más alto. Extrapolando esto para diferentes grupos etarios en base a las ingestas de energía, las recomendaciones de consumo de fibra dietética van de 19 g por día para niños pequeños (1 a 3 años) a 26 g y 38 g por día para niñas y niños adolescentes (14 a 18 años), respectivamente.

En el 2006, el *Consejo de Salud de Holanda* emitió sus guías para la ingesta de fibra. Se recomienda no aplicar en niños pequeños las guías de 3,4 g de fibra dietética por MJ, basadas en asociaciones con el riesgo de cardiopatía coronaria y velocidad de tránsito gastrointestinal en adultos. En Holanda, menos del 5% de los niños consume esa cantidad de fibra. Este nivel, particularmente en los niños de 1 a 3 años, puede poner en peligro la ingesta de energía. Por lo tanto, las nuevas guías holandesas para la ingesta de fibra dietética en niños de 1 a 3 años, 4 a 8 años, 9 a 13 años y 14 a 18 años son, respectivamente 2,8; 3,0; 3,2 y 3,4 g/MJ (12, 13, 13 y 14 g/1000kcal).

**TABLA 9****Selección de recomendaciones mundiales para la ingesta de fibra alimentaria en adultos**

País	Recomendación	Fuente de la recomendación
Mundial	>25 g * >20 g **	OMS/FAO, 2003
Francia	25-30 g ***	Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria de los Alimentos, 2001
Alemania, Austria, Suiza	30 g ***	Sociedad de Nutrición Alemana, 2000
Holanda	30-40 g: 3.4 g/MJ ***	Consejo de Salud de Holanda, 2006
Países nórdicos	25-35 g ***	Recomendaciones nórdicas de Nutrición 2004
España	30 g *	Dato no oficial
Reino Unido	18 g **	Departamento de Salud, 1991
EE. UU.	18 g hombres, 19-50 años 31 g hombres 50+ años; * 25 g mujeres, 19-50 años 21 g mujeres 50+ años *	Instituto de Medicina, 2002
Colombia	15-20 g **	Ministerio de Salud, 1992
Japón	20-30 g *	Ministerio de Salud
Sudáfrica	30-40 g *	Fundación del Corazón, Asociación contra el Cáncer; Departamento de Salud

\* Fibra alimentaria total (AOAC, 1995)

\*\* Polisacáridos no amiláceos (Englyst et al, 1982)

\*\*\* Fibra dietética, método no especificado

# BENEFICIOS PARA LA SALUD

---

## Introducción

Desde que se estableció el concepto de fibra dietética, tres a cinco décadas atrás, se ha sugerido que un consumo insuficiente de fibra dietética contribuye a un conglomerado de trastornos crónicos como el estreñimiento, la diverticulitis, los hemorroides, la apendicitis, las venas varicosas, la diabetes, la obesidad, cardiopatía coronaria y el cáncer del intestino grueso y varios otros cánceres. Estas hipótesis se han desarrollado principalmente a partir de los primeros estudios observacionales. Todos estos trastornos tienen una etiología multifactorial y a través del tiempo, la investigación experimental ha ayudado a refinar nuestro conocimiento de sus relaciones con la fibra dietética. Esto ha mostrado que solo algunos de los efectos propuestos existen realmente, pero también sugiriendo que la fibra dietética influye en otros procesos significativos de riesgo de enfermedades.

Ahora es evidente que los componentes individuales de la fibra dietética tienen efectos fisiológicos diferentes y, por lo tanto, diferente potencial para la reducción del riesgo de enfermedades. Más recientemente se han comentado propiedades de potencial significado fisiológico como son la formación de butirato, propiedades prebióticas, y aumento de la absorción mineral.

Es importante señalar que el uso de fibra dietética como un término genérico y el uso de diferentes metodologías para su medición, especialmente el método de Englyst para polisacáridos no amiláceos y los métodos de la AOAC para la fibra dietética total, ha complicado la interpretación de los estudios observacionales en esta

área. En muchos casos ha sido imposible desenmarañar si los componentes específicos de la fibra dietética tienen los efectos fisiológicos postulados y beneficiosos para la salud o si es el patrón total de la fibra dietética el responsable. Además, la evidencia de estudios recientes bien controlados sugiere que los efectos beneficiosos de la fibra dietética pueden deberse no solo a la fibra dietética per se, sino que pueden contribuir otros componentes o propiedades de la fibra dietética contenida en los alimentos

## Ácidos grasos de cadena corta

### Fermentación y funciones fisiológicas

Muchos componentes de la fibra dietética se fermentan parcial o completamente por la microflora colónica. Esto se suma a la capacidad digestiva del cuerpo. Se estima que el colon contiene normalmente, al menos, 400 especies diferentes de bacterias anaeróbicas con cifras totales del orden de 10<sup>12</sup> por gramo de contenido del colon. Hay una variación considerable en las especies bacterianas entre y dentro de los individuos, dependiendo de factores como la edad y la dieta. La mayoría de las bacterias en el colon humano usan carbohidratos como fuente de energía, pero no todas las especies pueden degradar los polisacáridos y algunas usan como sustratos los productos de degradación inicial de otras especies. Las principales etapas de la fermentación generan piruvato a partir de las hexosas en los carbohidratos no digeribles. Las bacterias colónicas producen una amplia variedad de enzimas, que posteriormente producen hidrógeno, metano, dióxido de carbono, ácidos grasos de cadena corta (principalmente acetato, propionato y butirato) y lactato. Las bacterias generan energía y carbono de los productos de la fermentación. Por lo tanto, los componentes alimentarios que estimulan la fermentación llevan a un aumento de la masa bacteriana (biomasa) y, por consiguiente, de la masa fecal, es decir, tienen un

## CUADRO 4

### Efectos fisiológicos de la microflora colónica y sus productos de fermentación (ácidos grasos de cadena corta)

- Actúan como inmunomoduladores, por ejemplo, absorben procancerígenos, promueven el ataque sobre las células malignas
- Inhiben el crecimiento de muchas levaduras y bacterias (peptolíticas) dañinas
- Mejoran la absorción mineral
- Reducen las intolerancias y alergias alimentarias
- Estimulan el crecimiento de la flora intestinal saludable
- Reducen los compuestos no deseables (por ejemplo, aminas y amoníaco, fenoles, ácidos biliares secundarios)
- Producen nutrientes (vitaminas del grupo B) y enzimas digestivas

Fuente: Modificado de Meyer P.D., 2004

efecto de aumentar el tamaño de las deposiciones. Se estima que se producen alrededor de 30 g de bacterias por cada 100 g de carbohidratos que se fermentan.

Tanto a los niveles local (colónico) como sistémicos, la fermentación tiene importantes efectos fisiológicos en que los ácidos grasos de cadena corta desempeñan un papel central (Cuadro 4). Las células epiteliales colónicas demuestran actividades metabólicas esenciales. El butirato se usa, preferentemente como una fuente de energía para los colonocitos, aun cuando están disponibles sustratos competitivos, como la glucosa y la glutamina. El butirato se considera que es el nutriente clave que determina la actividad metabólica y el crecimiento de estas células y, por lo tanto, puede

ser un factor protector primario para los trastornos del colon.

La fermentación y la producción de ácidos grasos de cadena corta disminuyen el pH del colon y de las fecas y, de este modo, inhiben el crecimiento de organismos patógenos. El pH bajo reduce la degradación de los péptidos y la formación de compuestos tóxicos como amoníaco, compuestos fenólicos y ácidos biliares secundarios y disminuye la actividad de enzimas bacterianas no deseables. Los ácidos grasos de cadena corta se absorben en el torrente sanguíneo, produciendo efectos sistémicos, incluidos cambios beneficiosos en el metabolismo de la glucosa y de los lípidos, y también proporcionan algunos combustibles metabólicos. Hasta 13 kJ de energía pueden llegar a estar disponibles por gramo de un componente completamente fermentable. Se estima que el valor promedio de la energía de la fibra en los alimentos no enriquecidos con fibra dietética aislada o sintetizada o carbohidratos análogos es de 6 kJ/g de fibra. Sin embargo, los valores de energía aplicados a la fibra dietética fermentable varían a nivel mundial de una base de cero a 17 kJ/g con una tendencia hacia la aceptación de 8 kJ/g como un promedio.

La mayoría de los almidones resistentes parecen ser fermentados inmediatamente en el colon humano. La fermentación de los oligosacáridos no digeribles por parte de la microflora colónica también es la base de las características fisiológicas y los efectos beneficiosos potenciales de estos carbohidratos. Se ha mostrado que varios oligosacáridos no digeribles y otros carbohidratos como la inulina, los fructooligosacáridos y la povidexosa exhiben propiedades prebióticas, es decir, estimulan a las bacterias beneficiosas del intestino, las llamadas bifidobacterias y a las bacterias lácticas, pero también pueden favorecer el crecimiento de bacterias butirogénicas (Tabla 10). La proporción de ácidos grasos de cadena corta variará según la composición específica de la microflora y otros factores.



**TABLA 10**

Patrones variables de la producción de ácidos grasos de cadena corta de distintos sustratos

Sustratos	Acetato	Propionato	Butirato
Almidón resistente	41	21	38
Almidón	50	22	29
Salvado de avena	57	21	23
Salvado de trigo	57	15	19
Celulosa	61	20	19
Goma guar	59	26	11
Ispaghula (psyllium)	56	26	10
Pectina	75	14	9

Fuente: Champ et al., 2003

### **Función del intestino como barrera e inmunidad**

Las macromoléculas proinflamatorias pueden permear el epitelio, principalmente, vía las fuertes uniones paracelulares, lo cual es de una significancia patogénica potencial. El epitelio colónico puede prevenir que esas macromoléculas lleguen al medio interno. Se ha demostrado que tanto la fibra dietética fermentable como la no fermentable tienen impacto en la permeabilidad paracelular. Esto indica que hay mecanismos claramente distintos involucrados, uno de los cuales es independiente de la producción de ácidos grasos de cadena corta. El sistema inmune del intestino está formado por agregados organizados de tejido linfoide, incluidos las placas de Peyer, el apéndice y los nódulos linfomésentéricos.

En experimentos con líneas de células específicas, el butirato disminuye la expresión de los receptores específicos en las células inmunes y epiteliales del intestino. Los ácidos grasos de cadena corta, especialmente el butirato, también pueden inhibir los

efectos de las citoquinas proinflamatorias. Parece que el butirato influye en la activación de los linfocitos e inhibe la proliferación celular. Esto puede representar un mecanismo por el cual la microflora colónica regula la respuesta inmune del huésped. Sin embargo, una respuesta anormal al butirato puede alterar la homeostasis entre el sistema inmune del intestino y las bacterias colonizadoras, teniendo como resultado la alteración e inflamación epitelial.

La leche humana contiene oligosacáridos complejos que se fermentan parcialmente por las bacterias residentes del intestino para producir ácidos grasos de cadena corta. Estos oligosacáridos probablemente son los responsables de la proliferación de las bifido bacterias y lactobacilos en el intestino de los infantes alimentados con leche materna. Estas bacterias parecen ser importantes en el desarrollo y mantención de las defensas del intestino contra la invasión microbiológica patógena.

## Hábito intestinal

La consistencia de las deposiciones, su peso y la frecuencia de la defecación son indicadores de la función del intestino y específicamente de la colónica. El tiempo de tránsito, tiempo que toma una substancia en pasar a través del intestino, tiene una amplia variación entre individuos (24 a 72 horas). La mayor parte (16 a 64 horas) de este tiempo transcurre en el intestino grueso. La ingesta de fibra dietética es el principal determinante del peso de las deposiciones, que aumenta, y del tiempo de tránsito, que se reduce. Ambos son aspectos importantes del hábito del intestino y parecen desempeñar un papel en la prevención de las enfermedades del intestino grueso.

Como se describió anteriormente, las fibras no fermentables, los oligosacáridos y polisacáridos no digeribles aumentan la masa fecal en el colon. Los ácidos grasos de cadena corta generados por la fermentación disminuyen el pH en el colon y, junto con el gas producido, estimulan la peristalsis. La mayoría de los estudios de los efectos del almidón resistente muestran un aumento en las deposiciones resultantes. En parte, se cree que esto es así, debido a que el almidón resistente fácilmente fermentable parece que influye en la fermentación de otros sustratos menos fermentables en el intestino grueso.

Como consecuencia, el almidón resistente aumenta la excreción fecal de los polisacáridos no amiláceos. La mayoría de los estudios también han mostrado que el consumo de almidón resistente aumenta la concentración de butirato y acetato en las heces y, por lo tanto, disminuye el pH fecal. Sin embargo, el almidón resistente no parece influir en el tiempo de tránsito intestinal en los humanos.

## Estreñimiento

Tradicionalmente considerado como la necesidad de presionar en la defecación, el estreñimiento se define en términos variados de regularidad de los movimientos intestinales, consistencia de las heces y el peso de las mismas. Varios tipos de fibra dietética parecen prevenir y aliviar este trastorno. Los aumentos en el volumen fecal y en el peso son importantes, pero no son los únicos factores involucrados. Se ha demostrado que el salvado de trigo es el más eficaz en el aumento del volumen fecal, aunque la celulosa aislada también es eficaz y aumenta el volumen fecal en mayor grado que las fibras fermentables aisladas como la pectina. Sin embargo, todos los carbohidratos que no se absorben pueden aumentar la laxación mediante la captación de agua, efectos osmóticos de productos de degradación y el aumento de la masa bacteriana. Se ha estimado que la ingesta de fibra debería ser de 32 a 45 g/día para alcanzar una masa fecal "crítica" de 160 a 200 g/día necesaria para minimizar el riesgo de estreñimiento.

## Diverticulosis

La diverticulosis del colon se caracteriza por hernias en la pared del colon, que normalmente son asintomáticas. Pueden ocasionar dolor cuando se inflaman como resultado de la acción bacteriana, condición conocida como diverticulitis. Existe evidencia de estudios tanto observacionales como de intervención de que la ingesta de fibra dietética protege contra el trastorno y alivia los síntomas. Las fibras no viscosas tal como la celulosa son particularmente eficaces a este respecto, como son los alimentos de salvado de cereales que contienen fibra. Estos efectos protectores pueden involucrar el aumento del peso de las deposiciones, disminución del tiempo de tránsito y disminución de la presión intracolónica.

## Enteropatía inflamatoria

El butirato se forma y se usa más en el colon proximal que el colon distal. Existe cierta evidencia de que la falta de la disponibilidad de butirato u oxidación está involucrada en la patogénesis de la enteropatía inflamatoria, por ejemplo, colitis ulcerosa en el colon distal. En algunos pacientes, el tratamiento con butirato redujo la inflamación. En estudios en animales, los carbohidratos butirogénicos, como los RS3 aceleran la disminución de inflamación. Los estudios in vitro y en animales han mostrado que la povidexrosa se fermenta lentamente en su paso por el colon y genera butirato tanto en el colon proximal como en el distal. Sin embargo, es aún incierto si el consumo de fibra que genera grandes cantidades de butirato es eficaz en pacientes que colitis ulcerosa.

## Cáncer colorrectal y factores asociados

El efecto de la fibra alimentaria en el cáncer de colon y recto ha sido objeto de controversia. La carcinogénesis es un proceso biológico complejo que en algunos casos se produce por mutaciones genéticas heredadas, pero también está influenciada por factores externos incluida la dieta. La fibra dietética tiene efectos que podrían contribuir a una reducción del riesgo de cáncer colorrectal. Estos efectos incluyen la dilución y el atrapamiento de carcinógenos, los cambios en el perfil de las sales biliares en el colon, el aumento de la velocidad de tránsito del intestino y los efectos en los productos finales de la fermentación de los carbohidratos no digeribles y las sustancias análogas (inulina, fructooligosacáridos, almidón resistente, fibra de aleurona y salvado de trigo). Los ácidos grasos de cadena corta pueden modular la expresión de las proteínas de las células que regulan el ciclo celular e inducen la autodestrucción de las células cancerosas

del colon. También aumentan la susceptibilidad de las células cancerosas del colon al daño celular. Otros efectos relevantes incluyen una reducción en la actividad de las enzimas de bacterias dañinas, niveles más bajos de fenol y de productos de degradación de péptidos y la formación de antioxidantes celulares y atrapadores de radicales.

Apesar de que la mayoría de los adenomas no evoluciona a carcinoma como tal, su presencia generalmente se considera como signo de riesgo de desarrollar cáncer colorrectal. En un gran estudio de caso-control, la ingesta de fibra dietética fue menor entre los pacientes con adenoma que en los controles. Sin embargo, en estudios de intervención, los suplementos de fibra no influyeron en la aparición o la recurrencia.

Una ventaja importante de los estudios prospectivos observacionales es que ellos pueden evidenciar el eventual resultado final de interés, es decir, la aparición real del cáncer colorrectal. La *Investigación Prospectiva Europea sobre Cáncer y Nutrición* (EPIC) es un estudio de ese tipo. Comprende 519.978 sujetos de toda Europa entre los cuales, después de 6 años de seguimiento, 1.721 personas habían desarrollado cáncer colorrectal. Sobre los cuatro quintiles más bajos de ingesta de fibra, había una asociación inversa con el riesgo de desarrollo de cáncer colorrectal. En el quintil más alto, el riesgo fue 21% más bajo que en el quintil más bajo.

La asociación entre la ingesta de fibra dietética y el riesgo de cáncer colorrectal también se ha analizado en otros cinco estudios de grandes cohortes: el *Estudio de Salud de las Enfermeras* (Nurses' Health Study) (88.757 sujetos, con 16 años de seguimiento, 787 casos de incidencia), el *Estudio de Seguimiento de Profesionales de la Salud* (Health Professionals Follow-Up Study) (47.949 sujetos, 6 años de seguimiento, 251 casos), un estudio de cohorte finlandés (21.930 sujetos, 8 años de seguimiento, 185 casos), el *Proyecto de Demostración*

de *Detección de Cáncer Mamario* (Breast Cancer Detection Demonstration Project) (61.429 sujetos, 8,5 años de seguimiento, 487 casos) y el *Estudio de Prevención del Cáncer II Cohorte de Nutrición* (Cancer Prevention Study II Nutrition Cohort) (133.163 sujetos, 4,5 años de seguimiento, 508 casos). El riesgo relativo de desarrollar cáncer colorrectal, entre el quintil más alto versus el quintil más bajo de ingesta de fibra dietética, varió entre 0,86 y 1,08. No fue significativo en términos estadísticos en ninguna de las cinco cohortes.

Los datos de 13 estudios de cohortes europeos y norteamericanos se han combinado en un conjunto de datos que comprende 725.628 participantes, entre 6 y 20 años de seguimiento y 8.081 casos nuevos. No incluye el estudio EPIC, pero incluyó las otras cinco cohortes mencionadas anteriormente. El análisis de estos datos reunidos reveló un mayor riesgo de cáncer colorrectal en el quintil de ingesta más bajo comparado con el quintil bajo y medio, pero no cuando se comparó con el quintil más alto. En otras palabras: tomando la parte mayor del rango de ingesta de fibra dietética, es decir, la distribución completa de la población menos el 20% más bajo, el riesgo de desarrollo de cáncer colorrectal no se asoció con la ingesta de fibra dietética.

Según el *Instituto de Medicina* de los Estados Unidos, y más recientemente también según el *Consejo de Salud de Holanda*, la evidencia completa para un efecto de la ingesta total de fibra dietética sobre el riesgo de cáncer colorrectal no es suficiente para que sirva de base para las guías de ingesta de fibra dietética. El *Consejo de Salud* también comentó que si la fibra dietética desempeña un papel, es más probable que sea la fibra de las frutas más que todo el espectro completo de la fibra dietética.

## Cánceres distintos al cáncer colorrectal

Los datos observacionales sobre la relación entre fibra dietética y la aparición de otros tipos de cáncer son inconsistentes. A pesar de que muchos estudios de casos y controles han demostrado un reducido riesgo de cáncer mamario entre las mujeres posmenopáusicas que han consumido dietas más altas en fibra, la mayoría de los estudios prospectivos no han confirmado esta asociación. Sin embargo, hay cierta evidencia de que la ingesta de granos integrales protege contra el cáncer mamario y que el riesgo de cáncer al estómago se correlaciona inversamente con el consumo de granos integrales. Los mensajes saludables que señalan que las dietas ricas en granos integrales (y frutas y verduras) reducen el riesgo de algunos cánceres están aprobados en los Estados Unidos, para propósitos de etiquetado nutricional, pero no en otras partes.

## Cardiopatía coronaria y trastornos relacionados

En un reciente meta análisis de diez estudios prospectivos de Europa y los Estados Unidos, la ingesta de fibra dietética se asoció inversamente con los riesgos de eventos coronarios tanto fatales como no fatales. El análisis se ajustó de acuerdo a factores demográficos y de estilos de vida e índice de masa corporal. Los estudios de intervención muestran efectos beneficiosos moderados de la fibra dietética en los factores de riesgo de cardiopatía coronaria, como lípidos sanguíneos, presión sanguínea y grosor de la pared arterial. De acuerdo al *Instituto de Medicina* de los Estados Unidos (2002) y también según el *Consejo de Salud de Holanda* (2006), un efecto de la ingesta total de fibra sobre el riesgo de cardiopatía coronaria es suficientemente aceptable para servir como base para las guías de ingesta de fibra dietética. La fibra de los cereales y frutas parece ser de particular importancia.

Se han propuesto varios mecanismos para explicar el efecto protector aparente de la fibra dietética sobre el sistema cardiovascular. Estos incluyen cambios en la absorción del colesterol y en la reabsorción de ácidos biliares, alteraciones en la producción de lipoproteínas en el hígado y cambios en la depuración (clearance) de lipoproteínas desde el torrente sanguíneo. Todo esto puede dar como resultado niveles más bajos de colesterol total y LDL plasmáticos, lo cual podría disminuir el riesgo de cardiopatía coronaria. La fibra dietética puede retrasar la absorción de grasa y carbohidratos del intestino delgado y puede tener efectos concomitantes sobre el metabolismo de la insulina. También puede reducir el nivel de los triglicéridos circulantes y como resultado, reducir el riesgo de cardiopatía coronaria.

El aumento en el consumo de fibras altamente viscosas, tales como los  $\beta$ -glucanos, las pectinas y la goma guar se asocian con reducciones significativas de los niveles de colesterol sanguíneo de sujetos normales, con sobre peso y obesos, así como también en sujetos con hiperlipidemia. Sin embargo, los componentes de la fibra dietética como las fibras no viscosas (por ejemplo, la fibra del trigo y la celulosa) no influyen en los lípidos sanguíneos.

Muchos estudios de intervención en humanos han mostrado que las fibras viscosas aisladas ( $\beta$ -glucanos, salvado de avena, pectinas, goma guar y psyllium) tienen propiedades reductoras del colesterol, pero solo si su ingesta es mucho más alta que los niveles consumidos en las dietas más habituales. Pero, los resultados de un meta análisis de estudios en pacientes con niveles de colesterol elevado sugirieron que un aumento en la ingesta de los tipos de fibra dietética viscosos pueden ser útiles si se combinan con otros cambios alimentarios como la reducción del consumo de grasa. En algunos países, los datos se consideran lo suficientemente sólidos para permitir mensajes saludables en los productos con avena y salvado de avena y en los Estados Unidos

también para los productos con psyllium.

La suplementación de comidas normales con almidón resistente parece no bajar los niveles de lípidos sanguíneos en ayunas o tener efectos significativos en los lípidos sanguíneos posprandiales en sujetos normales. Sin embargo, parece mejorar el metabolismo de los triglicéridos entre los individuos con niveles de triglicéridos en la línea base del extremo superior del rango normal.

Los datos sobre los efectos de la inulina o los fructooligosacáridos en las concentraciones de los lípidos sanguíneos también son inconsistentes. En algunos estudios de corto plazo, tanto en sujetos hiperlipidémicos como en hombres jóvenes sanos normolipidémicos, la ingesta diaria de 9 a 10 g de inulina bajó los niveles de triglicéridos y colesterol en la sangre en los hombres normolipidémicos sanos. Sin embargo, otros estudios en individuos sanos no mostraron tales efectos. Se han observado resultados similares con la polidextrosa.

La ingesta de granos integrales está inversamente asociada con el riesgo de cardiopatía tanto en hombres como en mujeres; y la ingesta de frutas y verduras está inversamente asociada con este riesgo en las mujeres. También existe evidencia que al aumentar la ingesta total de fibra dietética, aumentando el consumo de granos integrales, frutas y verduras, en conjunto con una dieta reducida en grasa, reduce los niveles de triglicéridos, especialmente entre los sujetos con niveles inicialmente elevados. La base de la evidencia para sostener que existe una influencia del consumo de granos integrales sobre la salud del corazón se considera suficientemente sólida para que se acepten mensajes saludables en los Estados Unidos, Reino Unido y Suecia; y en los Estados Unidos esto es válido también para el consumo de frutas y verduras.

## **Diabetes mellitus tipo 2 y factores relacionados**

Algunos estudios de cohortes muestran una asociación inversa entre la ingesta total de fibra dietética y el riesgo de diabetes mellitus tipo 2, mientras que en otros estudios no es así. El *Instituto de Medicina de los Estados Unidos* y más recientemente el *Consejo de Salud de Holanda*, han revisado estos hallazgos, al igual que los estudios sobre los factores de riesgo para la diabetes. Concluyeron que la fibra dietética total *posiblemente* disminuye el riesgo de diabetes tipo 2. Es más fuerte la evidencia que la fibra dietética de granos integrales, o tal vez el consumo de los alimentos que los contienen como un todo, en la disminución del riesgo de diabetes tipo 2 que para la fibra dietética total.

El aumento del nivel de glucosa que se produce después de la ingestión de carbohidratos se denomina respuesta glicémica. Los almidones que se digieren y absorben rápidamente y otros carbohidratos derivados del almidón inducen una respuesta glicémica elevada y rápida, la cual posteriormente produce una rápida y alta respuesta insulínica. El concepto de índice glicémico (IG) se ha desarrollado para clasificar a los alimentos de acuerdo a la respuesta glicémica que producen, expresada por cantidad de alimento que contiene una cantidad estándar de carbohidratos. El IG no se correlaciona necesariamente con el contenido de fibra dietética de un alimento. Por ejemplo, el pan integral no tiene un IG más bajo que el pan blanco, a pesar de tener un contenido de fibra dietética más alto, a menos que contenga granos de cereal enteros. Además, el IG de una fruta es más bajo que el del jugo obtenido de la fruta y la fibra adicionada tiene un efecto mucho menor sobre la reducción del IG que las paredes celulares intactas que encapsulan a los carbohidratos digeribles. Esto indica la importancia de la estructura intrínseca de los alimentos.

El efecto de los alimentos con granos integrales es el resultado de su más bien limitados efectos glicémicos. La presencia de algunos tipos de fibra dietética retardan la absorción de glucosa del intestino delgado, retrasando la elevación de la glucosa sanguínea y bajando al máximo el nivel de la glucosa sanguínea. Esto a su vez atenúa la respuesta insulínica, produciendo un descenso más lento de los niveles de la glucosa sanguínea.

En un meta análisis reciente de estudios de intervención en sujetos con diabetes tipo 2, las fibras viscosas (solubles), tanto en los alimentos naturales (avenas y legumbres) como en forma de suplementos aislados (goma guar y pectina), reducen de manera significativa la respuesta glicémica. Los datos mecanicistas indican que verdaderamente estas fibras viscosas retrasan el vaciamiento gástrico y la absorción de la glucosa. Por lo tanto, por una parte las fibras viscosas parecen particularmente eficaces en disminuir la respuesta de la glucosa e insulina y, por lo tanto, son útiles en el manejo del control glicémico en los pacientes con diabetes. Por otra parte, en estudios prospectivos observacionales, el contenido de fibra no viscosa de la dieta, principalmente la que se encuentra en los granos integrales, está más cercanamente relacionada (y de manera inversa) con el riesgo de desarrollo de resistencia a la insulina y diabetes tipo 2.

## **Saciedad y peso corporal**

La obesidad es un problema de salud pública que está escalando rápidamente en todo el mundo occidental y, más recientemente, en los países en vías de desarrollo. Los alimentos ricos en fibra dietética tienden a dar una sensación de plenitud y tienen una densidad energética baja. Por lo tanto, se sostiene que la fibra dietética podría promover una sensación de satisfacción y saciedad (NT, retraso en la necesidad de volver a comer), y jugar un papel importante en el control del balance energético y en el peso corporal. Esto está apoyado

por datos prospectivos observacionales que muestran una asociación negativa entre el consumo de fibra dietética y el índice de masa corporal y el porcentaje de grasa corporal y peso corporal. Hay indicaciones de que los granos integrales también pueden ayudar en la regulación del peso corporal. Además, se sugiere que los alimentos con un IG bajo sacian más que los alimentos con IG alto.

Los ensayos de intervención indican que el vaciamiento gástrico se puede retrasar mediante el consumo de fibras viscosas (solubles), como las pectinas. Sin embargo, los efectos que se producen en el intestino delgado parecen ser los más importantes. Al formar geles, estos tipos de fibra dietética expanden la capa no agitada y hacen más lenta la absorción de carbohidratos desde el intestino delgado volviéndola menos accesible a las enzimas digestivas y reduciendo el contacto con la mucosa intestinal. Esto parece que prolonga la sensación de plenitud. También existe cierta evidencia que la presencia prolongada de nutrientes en la parte superior del intestino promueve la saciedad.

La investigación de los efectos de diferentes tipos de fibra dietética sobre el apetito, la energía y la ingesta alimentaria no ha mostrado resultados consistentes. Los resultados difieren de acuerdo al tipo de fibra dietética y de acuerdo a si se adiciona como suplemento de fibra dietética aislada o presente en forma natural en las fuentes alimentarias. Grandes cantidades de fibra dietética total (30 g/comida) pueden reducir la ingesta energética, no solo en una comida que contiene dicha cantidad, sino que también en las comidas posteriores. La relevancia a largo plazo de estos efectos aún no está clara.

## **Mejoramiento de la disponibilidad mineral**

El intestino grueso es un sitio reconocido de una pobre absorción mineral. En estudios en animales y algunos en humanos, la fermentación colónica de los carbohidratos no digeribles, tal como los oligosacáridos no digeribles, mejoró la absorción de minerales, como el calcio, el magnesio y el hierro. Esto podría tener implicancias positivas, como un aumento de la densidad ósea. Se han propuesto diversos mecanismos que favorecen o estimulan la absorción mineral. La presencia de ácidos grasos de cadena corta, generados por la fermentación de estas sustancias, reduce el pH de los contenidos colónicos, de este modo aumenta la solubilidad del calcio, haciéndolo más disponible para la difusión pasiva a través del epitelio colónico. También se ha sugerido que el butirato y las poliaminas (metabolitos de varias cepas microbianas) ambos tienen el potencial de estimular el crecimiento celular, expandiendo indirectamente el área de absorción del intestino y aumentando la cantidad de proteínas transportadoras de mineral. Esto debería aumentar la proporción de los minerales absorbidos. Sin embargo, no es el pH fecal, sino el pH colónico el mecanismo más importante (como se evidenció por el pH fecal).

Es demasiado pronto para decir si la fibra dietética fermentable mejora el estado mineral general y la salud ósea en los humanos. Por consiguiente, esta característica fisiológica no se ha incluido todavía en las definiciones de fibra dietética.

## **FIBRA PRESENTE EN FORMA NATURAL, AISLADA O FIBRA SINTÉTICA**

---

Muchos componentes que cumplen con la definición de fibra dietética parecen tener efectos potencialmente beneficiosos cuando son parte de la estructura natural de los alimentos. ¿Los componentes aislados o sintéticos, denominados funcionales, tienen efectos similares cuando se agregan a los alimentos o cuando se consumen por separado como suplementos? Existe buena evidencia de que los beneficios de los granos integrales, las frutas y las verduras sobrepasan a aquéllos de los componentes aislados de los alimentos o producidos sintéticamente (usados ya sea como suplementos o adicionados a los alimentos). Posiblemente otras sustancias, aún no identificadas, en tales alimentos puedan explicar esto. Tal vez, es la combinación completa de la fibra dietética, nutrientes y sustancias bioactivas, que actúan en conjunto, lo que es crítico para la salud. Las paredes celulares tienen estructuras en las cuales los carbohidratos están íntimamente asociados con sustancias que no son carbohidratos, que incluye vitaminas, minerales, elementos traza y compuestos bioactivos tales como polifenoles y fitoesteroles. Esto es de particular pertinencia con la respuesta glicémica, la cual puede estar influenciada por estructuras celulares propias e integrales de los alimentos.

En línea con esta perspectiva, la Organización Mundial de la Salud, en su informe experto de 2003, titulado *La dieta y la prevención de enfermedades crónicas* (Diet and the prevention of chronic diseases), no concluyó específicamente que la fibra dietética por sí misma fuese crucial, pero se recomienda un amplio consumo de frutas, verduras y granos integrales. Otras recomendaciones alimentarias, en Europa y en el mundo entero, también

enfatan la importancia de los alimentos ricos en fibra, como los cereales integrales, las verduras y las frutas. Sin embargo, también existen indicaciones de que los tipos aislados de fibra dietética, como el almidón resistente, los oligosacáridos no digeribles y la povidexrosa, ayudan a la prevención y alivio de los trastornos intestinales, la cardiopatía coronaria y la diabetes tipo 2.



## **EFECTOS ADVERSOS**

---

### ***Ingesta energética de compromiso***

Las dietas que contienen grandes cantidades de fibra dietéticas tienden a ser voluminosas y a tener una baja densidad energética. Por lo tanto, en individuos con un apetito limitado, como en las personas muy jóvenes o muy mayores, estas dietas podrían potencialmente satisfacer el apetito demasiado rápido y por lo tanto sería difícil alcanzar las ingestas adecuadas de energía y nutrientes. Sin embargo, en muchos adultos sanos, el consumo de alimentos ricos en fibra está auto limitado debido a su carácter voluminoso. Esta característica se aplica en menor grado a los alimentos enriquecidos con fibra y mucho menos a los suplementos de fibra.

### ***Molestias gastrointestinales***

Existen informes de flatulencia y excesiva sensación de llenado abdominal cuando se consume fibra alimentaria en niveles muy altos (75 a 80 g/día), pero esto no es relevante para el nivel de consumo de fibra dietética observado en la mayoría de las dietas de las personas. Aparte de esto, se ha informado que la fibra dietética produce malestar gastrointestinal en algunas personas con síndrome de colon irritable. Los tipos de fibra dietética aislados o sintéticos pueden ocasionar molestias gastrointestinales, sin embargo esto se produce principalmente cuando se consumen altos volúmenes de fibra. Por ejemplo, sujetos en estudios experimentales con una ingesta de 10 a 50 g/día de inulina o fructooligosacáridos han informado síntomas de molestias digestivas, incluyendo laxación, flatulencia, hinchazón y calambres abdominales. A niveles más bajos de ingesta (5 a 10 g/día), los únicos efectos informados fueron hinchazón y flatulencia.

La flatulencia es uno de los efectos adversos más comunes informados después del consumo de grandes cantidades de almidón resistente. Gran parte de la información de investigaciones sobre almidón resistente proviene de estudios experimentales de maíz alto en amilosa. Esta es una forma de almidón resistente que ahora se agrega a algunos alimentos, incluidos los cereales para el desayuno galletas y otros productos horneados, pasta y panes. Otros efectos comúnmente informados en individuos sanos son hinchazón y efectos laxantes leves, que se han descrito para niveles superiores a 30 g de almidón resistente por día. Sin embargo, en algunos estudios, el almidón resistente se dió junto con otros tipos de fibra dietética, lo que limita la interpretación de estos resultados. Posiblemente, el almidón resistente sea bien tolerado debido a la muy baja producción de gas que resulta de su fermentación.

La tolerancia gastrointestinal a la polidextrosa es relativamente buena. No parece causar molestias gastrointestinales a niveles más bajos de ingesta (12 a 15 g/día). Incluso una dosis única de hasta 50 gramos y una ingesta diaria de hasta 90 gramos se tolera sin efectos adversos.

### ***Disminución de la biodisponibilidad mineral***

La fermentación de fibras en el colon se asocia con la liberación y solubilización de minerales, lo que facilita la absorción colónica. En contraste con esto, las dietas ricas en otros ciertos tipos de fibra dietética, particularmente aquellas asociadas con el fitato, parecen disminuir la absorción de varios minerales en el intestino delgado, principalmente hierro, calcio, magnesio y zinc. Esto se ha observado en estudios tanto en animales como en humanos. El fitato se une con estos minerales y así reduce potencialmente la disponibilidad para la absorción en el

intestino delgado.

Los resultados finales de los estudios sobre estos efectos sugieren que: la ingesta de fibra dietética no disminuye la absorción o el balance del magnesio o del calcio; el consumo de grandes cantidades de cereales, verduras y fibra de frutas no tiene efecto en la absorción y el balance del calcio; las fibras solubles como la inulina no tienen efecto en la absorción del hierro o el zinc en el intestino

delgado, y el almidón resistente proveniente de maíz alto en amilosa (30 g/día) no reduce la absorción del calcio en el intestino delgado. Sin embargo, la adición de salvado de trigo sin procesar a las comidas puede reducir significativamente la absorción del hierro. La reducción de la biodisponibilidad de minerales puede compensarse, parcialmente, en la práctica mediante el hecho de que los alimentos ricos en fibra también tienden a ser alimentos ricos en minerales.

## GLOSARIO

---

**Adenoma:** tumor benigno de origen epitelial que proviene de tejido glandular; puede llegar a ser maligno.

**Biodisponibilidad:** la cantidad fraccionaria de un nutriente u otra sustancia bioactiva que, después de la ingestión, está disponible para su uso en los tejidos objetivo.

**Carcinógeno:** Una sustancia capaz de causar cáncer.

**Colesterol de lipoproteína de baja densidad:** colesterol transportado en agregados con proteínas específicas desde el hígado a los otros tejidos. Los niveles altos se asocian con un aumento en el riesgo de cardiopatía coronaria.

**Colon:** intestino grueso.

**Comisión del Codex Alimentarius:** es una organización que crea y compila estándares, códigos de prácticas y recomendaciones. La membresía está abierta a todos los países asociados a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y a la Organización Mundial de la Salud.

**Estudio de caso - control:** Es un estudio observacional que compara la exposición a una causa sospechosa de una enfermedad en personas con esa enfermedad (casos) comparados con aquéllos sin la enfermedad (controles); así, la exposición se evalúa retrospectivamente.

**Epidemiología:** el estudio de la salud y la ocurrencia de enfermedades y sus predictores y causas.

**Estudio de cohorte:** Estudio observacional en el cual los datos de la exposición a las causas sospechosas, por ejemplo una enfermedad, se recolectan en un grupo

seleccionado/reclutado de personas (cohorte) quienes aún no tienen la(s) enfermedad(es) bajo investigación. Luego, los sujetos se siguen por un período, después del cual se evalúa si la aparición de la enfermedad (la presencia de ésta) está relacionada con las causas sospechosas.

**Estudio de intervención:** estudio en el cual los investigadores intervienen asignando uno o más tratamientos u otras intervenciones en ciertos sujetos, después de lo cual observan los resultados de interés.

**Estudio observacional:** estudio en el cual los investigadores no intervienen sino que solamente observan los resultados de interés y sus causas bajo sospecha, por ejemplo estudio de caso-control y estudio prospectivo. Los estudios observacionales frecuentemente son denominados estudios epidemiológicos.

**Fermentación:** metabolismo para extraer la energía de sustratos por microorganismos. En el contexto de la fibra dietética, la fermentación involucra la degradación anaeróbica (sin oxígeno) de los carbohidratos no digeribles por la micro flora (principalmente bacterias) en el intestino grueso.

**Gelatinización:** cuando se aplica al almidón, que es el uso más común de este término, pérdida de la estructura cristalina inicial.

**Grado de polimerización:** el número de unidades de monosacáridos en un carbohidrato específico.

**Grano integral:** granos enteros y alimentos hechos de ellos, consistente en la semilla, que se llama generalmente como almendra. La almendra está formada de tres componentes: el salvado, el germen y el endosperma. Si la almendra se rompe, machaca o tritura, se hacen hojuelas, o se muele, es correcto llamarlo grano integral, debe retener lo más cercanamente posible

las proporciones de salvado, germen y endosperma del grano original.

**Hiperlipidemia:** elevaciones anormales de grasa (lípidos) en la sangre, incluido el colesterol LDL y los triglicéridos.

**Hipertensión:** presión sanguínea elevada.

**Índice glicémico (IG):** el incremento del área bajo la curva de respuesta de la glucosa sanguínea de una porción de 50 g de carbohidratos de un alimento de ensayo expresado como un porcentaje de la respuesta a la misma cantidad de carbohidratos de un alimento estándar consumido por el mismo sujeto (estándar: glucosa o pan blanco).

**Meta análisis:** revisión de estudios de intervención y observacionales que resume cuantitativamente los resultados.

**Posprandial:** lo que ocurre después de una comida.

**Prebiótico:** Componentes de los alimentos no digeribles que benefician al huésped por estimular selectivamente el crecimiento o actividad de bacterias beneficiosas (principalmente bacterias lácticas tales como bifidobacterias y lactobacilos) en el colon.

**Quintil:** un quinto de una distribución de un cierto parámetro.

**Resistencia a la insulina:** alteración en la sensibilidad a la insulina, alteración de la captación de la glucosa estimulada por la insulina en los tejidos.

**Respuesta glicémica:** la elevación en la concentración de la glucosa sanguínea que sigue a la ingestión de un alimento.

**Riesgo:** en epidemiología, generalmente se refiere a la probabilidad o chance de encontrar un cierto evento, generalmente no deseado. En toxicología, expresa comúnmente ambas la probabilidad y la severidad de un cierto evento no deseado.

**Satisfacción (satiation):** regulación de la ingesta de energía cada vez que se come (sensación de satisfacción o plenitud).

**Saciedad (satiety):** retraso en la sensación de apetito después de una comida.

## REFERENCIAS Y LECTURAS COMPLEMENTARIAS

---

Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Report apports nutritionnels conseillés pour la population française. 2001, France.

Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Les fibres alimentaire: définitions, méthodes de dosage, allégations nutritionnelles. Rapport du comité d'experts spécialisé nutrition humaine. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, 2002, France.

American Association of Cereal Chemists. AACC Dietary Fiber Technical Committee. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World* 2001;46:112.

Bingham S, Day NE, Luben R et al. Dietary fibre in food and protection against colorectal cancer in the European Perspective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): an observational study. *Lancet* 2003;361:1496-501.

Champ M, Langkilde A-M, Brouns F, Kettlitz B, Le Bail Collet Y. Advances in dietary fibre characterisation. 1. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects. *Nutr Res Rev* 2003;16:71-8.

Champ M, Langkilde A-M, Brouns F, Kettlitz B, Le Bail Collet Y. Advances in dietary fibre characterisation. 2. Consumption, chemistry, physiology and measurement of resistant starch: implications for health and food labelling. *Nutr Res Rev* 2003;16:143-61.

Cho SS, Prosky L, Dreher M (eds.). *Complex Carbohydrates in Foods*. Food Science and Technology. Marcel Dekker Inc., New York, 1999.

Codex Alimentarius Commission (CAC). Report of the 27th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Bonn, Germany 21-25 November 2005. ALINORM 06/29/26, 2006.

Department of Health. Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients in the United Kingdom. HMSO, 1991, London

Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J Clin Nut* 1992;46:S33-50.

Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization. Carbohydrates in Human Nutrition. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, FAO/WHO, Rome, Italy, 1998.

German Nutrition Society/Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr (1st edition). Frankfurt am Main: Umschau/Braus, 2000.

Health Council of the Netherlands. Guideline for dietary fibre intake. The Hague, 2006: publication no. 2006/03E.

Hoare J, Henderson L. The National Diet & Nutrition Survey: adults aged 19 to 64 years. Volume 5 – Summary report. The Stationery Office, 2004, London.

Institute of Medicine. Dietary reference intakes proposed definition of dietary fiber. A report of the panel on the definition of dietary fiber and the Standing Committee on the scientific evaluation of Dietary Reference Intakes. Washington DC: National Academy Press; 2001.

Institute of Medicine. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. Washington DC: National

Academy Press; 2002.

Lairon D, Bertrais S, Vincent S, et al. Dietary fibre intake and clinical indices in the French Supplementation en Vitamines et Minéraux Antioxydants (SU.VI.MAX) adult cohort. *Proc Nutr Soc* 2003;62:11-5.

Marteau P, Seksik P, Lepage P, Doré J. Cellular and physiological effects of probiotics and prebiotics. *Minirevs Med Chem* 2004;4:889-96.

McCleary DBV, Brown IL (eds.). Novel Dietary Fibers: The Importance of Carbohydrates in the Diet. *J AOAC Int* 2004;87:681-796.

Meyer PD. *J AOAC Int* 2004;87:718-26. In: McCleary DBV, Brown IL (eds.). Novel Dietary Fibers: The Importance of Carbohydrates in the Diet. *J AOAC Int* 2004;87:681-796.

Miller Jones J. Dietary fibre intake, disease prevention, and health promotion: An overview with emphasis on evidence from epidemiology. In: Bioactive Carbohydrates for Food and Feed. JW van der Kamp ed. Academic Publishers, Wageningen, 2004, Netherlands.

Nordic Nutrition Recommendations 2004. Integrating nutrition and physical activity. *Nord* 2004:013, ISBN 92-893-1062-6.

Park Y, Hunter DJ, Spiegelman D, et al. Dietary fibre intake and risk of colorectal cancer: a pooled analysis of prospective cohort studies. *JAMA* 2005;294:2849-57.

Pereira MA, O'Reilly E, Augustsson K, et al. Dietary fibre and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of cohort studies. *Arch Int Med* 2004;164:370-6.

Slavin J. Whole grains and human health. *Nutr Res Rev* 2004;17:99-110.

USDA. What we eat in America, NHANES 2001-2002: Usual Nutrient Intakes From Food Compared to Dietary Reference Intakes. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2005, United States.

World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series 916, Geneva, 2003.

## Other ILSI Europe Publications Concise Monographs

- Alcohol – Health Issues Related to Alcohol Consumption
- A Simple Guide to Understanding and Applying the Hazard Analysis Critical Control Point Concept
- Calcium in Nutrition
- Carbohydrates: Nutritional and health Aspects
- Caries Preventive Strategies
- Concepts of Functional Foods
- Food Allergy
- Food Biotechnology – An Introduction
- Genetic Modification Technology and Food – Consumer Health and Safety
- Healthy Lifestyles – Nutrition and Physical Activity
- Microwave Ovens
- Nutrition and Genetics – Mapping Individual Health
- Nutrition and Immunity in Man
- Nutritional and Health Aspects of Sugars – Evaluation of New Findings
- Nutritional Epidemiology, Possibilities and Limitations
- Oxidants, Antioxidants, and Disease Prevention
- Principles of Risk Assessment of Food and Drinking Water Related to Human Health
- The Acceptable Daily Intake – A Tool for Ensuring Food Safety
- Threshold of Toxicological Concern (TTC)
- Type 2 Diabetes – Prevention and Management

### Reports

- Addition of Nutrients to Food: Nutritional and Safety Considerations
- An Evaluation of the Budget Method for Screening Food Additive Intake
- Antioxidants: Scientific Basis, Regulatory Aspects and Industry Perspectives
- Applicability of the ADI to Infants and Children
- Approach to the Control of

- Enterohaemorrhagic Escherichia coli (EHEC)
- Assessing and Controlling Industrial Impacts on the Aquatic Environment with Reference to Food processing
- Assessing Health Risks from Environmental Exposure to Chemicals: The Example of Drinking Water
- Detection Methods for Novel Foods Derived from Genetically Modified Organisms
- Exposure from Food Contact Materials
- Foodborne Protozoan Parasites
- Foodborne Viruses: An Emerging Problem
- Food Consumption and Packaging Usage Factors
- Food Safety Management Tools
- Food Safety Objectives – Role in Microbiological Food Safety Management
- Functional Foods – Scientific and Global Perspectives
- Guidance for the Safety Assessment of Botanicals and Botanical Preparations for Use in Food and Food Supplements
- Markers of Oxidative Damage and Antioxidant Protection: Current status and relevance to disease
- Method Development in Relation to Regulatory Requirements for the Detection of GMOs in the Food Chain
- Mycobacterium avium subsp. Paratuberculosis (MAP) and the Food Chain
- Nutrition in Children and Adolescents in Europe: What is the Scientific Basis?
- Overview of the Health Issues Related to Alcohol Consumption
- Overweight and Obesity in European Children and Adolescents: Causes and Consequences – Prevention and Treatment
- Packaging Materials: 1. Polyethylene Terephthalate (PET) for Food Packaging Applications
- Packaging Materials: 2. Polystyrene for Food Packaging Applications
- Packaging Materials: 3. Polypropylene as a Packaging Material for Foods and Beverages

- Packaging Materials: 4. Polyethylene for Food Packaging Applications
- Packaging Materials: 5. Polyvinyl Chloride (PVC) for Food Packaging Applications
- Packaging Materials: 6. Paper and Board for Food Packaging Applications
- Recontamination as a Source of Pathogens in Processed Foods – A Literature Review
- Recycling of Plastics for Food Contact Use
- Safety Assessment of Viable Genetically Modified Micro-organisms Used in Food
- Safety Considerations of DNA in Foods • Salmonella Typhimurium definitive type (DT) 104: A multi-resistant Salmonella
- Significance of Excursions of Intake above the Acceptable Daily Intake (ADI)
- The Safety Assessment of Novel Foods and Concepts to Determine their Safety in use
- Threshold of Toxicological Concern for Chemical Substances Present in the Diet
- Transmissible Spongiform Encephalopathy as a Zoonotic Disease
- Trichothecenes with a Special Focus on DON
- Validation and Verification of HACCP

### To order

ILSI Europe a.i.s.b.l.  
83 Avenue E. Mounier, Box 6  
B-1200 Brussels, Belgium  
Phone (+32) 2 771 00 14, Fax (+32) 2 762 00 44  
E-mail: [publications@ilsieurope.be](mailto:publications@ilsieurope.be)  
ILSI Europe's Concise Monographs and Report  
Series can be downloaded from  
<http://europe.ilsieurope.org/publications>  
I S B N 9 0 - 7 8 6 3 7 - 0 3 - X

