



## Perspectivas tecnológicas y nutricionales de la fibra dietética

### Technological and nutritional perspectives about dietary fiber

Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui<sup>1</sup>, Jose Luis Soriano Colchado<sup>1</sup>,  
Christian Marcelo Quevedo Tello<sup>2</sup>

#### RESUMEN

La fibra dietética es un componente importante en los alimentos por sus propiedades físicas, químicas y funcionales y por el papel que desempeña en el organismo humano, atribuyéndosele efecto positivo sobre el cáncer de colon, adsorción de ácidos biliarios, el colesterol y la glucosa en sangre.

Debido a que el contenido de fibra dietética en alimentos procesados ha tenido un impacto importante en la Industria Alimentaria, se orientó esta revisión bibliográfica a la recopilando de información sobre métodos de extracción, modificaciones que ésta sufre durante el procesamiento y efectos benéficos que ejerce sobre la salud, información necesaria para posibles aplicaciones alimentarias en el futuro.

**Palabras clave:** Fibra dietética, fibras solubles e insolubles, beneficios nutricionales.

#### ABSTRACT

Dietary fiber is an important component of food, because of its physicochemical and functional properties and the role it plays in the human body, because the positive effect on colon cancer, cholesterol and glucosa blood content and bile acid absorption are well documented in the scientific literature.

The dietary fiber content in food processed has had an important impact in food industry. So that, in this review the actual information about extraction methods, modifying during the processing stages, and benefit effects on human health has been included. The whole information could be used for the development of new future applications.

**Key words:** Dietary fiber, soluble and insoluble fibers, nutritional benefits.

<sup>1</sup> Ingeniero en Industrias Alimentarias. Docente Auxiliar Universidad Privada Antenor Orrego.

<sup>2</sup> Ingeniero en Industrias Alimentarias.

## INTRODUCCIÓN

La teoría sobre la fibra dietética (FD), fue desarrollada hace más de 20 años por Denis Burkitt y por Cols, mencionados por García (2000), quienes después de sus trabajos en África observaron un patrón de enfermedades no infecciosas en la población de los territorios que habían visitado que lo relacionaron con los hábitos alimentarios. El efecto más notorio era la cantidad de masa fecal ya que el peso de las heces producidas por los campesinos de Uganda era aproximadamente el doble de las producidas por los vegetarianos. A raíz de estas observaciones, se estableció la relación entre ingesta de FD y su implicación en la función y patología intestinal: las diferencias en el patrón de enfermedades aparecidas se debían a la proporción de fibra de la dieta (García, 2000).

La FD incluye un grupo de componentes de alimentos capaz de transitar por el tracto digestivo humano sin ser absorbida, puesto que resiste la hidrólisis catalizada por las enzimas digestivas. (Prakongpan *et al.*, 2002). Está presente en los alimentos de origen vegetal: cereales, leguminosas, frutas, verduras, nueces y semillas de oleaginosas. Su contenido y composición varía en los diferentes alimentos; también un mismo alimento puede diferir en su concentración de FD de acuerdo a su grado de madurez, refinación, tratamiento tecnológico (Pak y Atalah, 2000).

La divulgación de la importancia de la FD en nutrición junto con la recomendación de incremento en su consumo, ha motivado a la industria alimentaria al desarrollo de nuevos alimentos y preparados dietéticos enriquecidos en FD. Una mayor ingesta de FD se consigue a través de alimentos de origen vegetal y procesados (frutas, cereales, verduras, legumbres) o enriquecidos en fibra (galletas, cereales de desayuno, lácteos, etc.), así como de suplementos dietéticos o farmacéuticos (tabletas, granulados, cápsulas, etc.) (Saura-Calixto y García-Alonso, 2001).

El término FD fue creado inicialmente en el contexto médico por sus propiedades nutricionales. Sin embargo, las fibras también poseen algunas propiedades tecnológicas que intervienen en la formulación de alimentos, modificando su textura o mejorando su estabilidad a lo largo de la fabricación o de la conservación de éstos (Claude e Ives, 2002).

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La definición de FD propuesta por Trowell *et al.* (1976), mencionado por Periago *et al.* (1993), considera el total de polisacáridos de la planta, junto a la lignina, que es resistente a la hidrólisis por enzimas digestivas del

tracto gastrointestinal. La FD puede ser expresada como la suma de lignina y polisacáridos que no contienen enlaces -glucosídicos; se incluyen sustancias como: alginatos, carragenatos, pectinas, xantanos, gomas, xiloglucanos, gomas de exudación, dextranos, inulina y -D-glucanos y polisacáridos semisintéticos que se pueden encontrar como componentes naturales del alimento o como aditivos (Roberfroid, 1990, citado por Periago *et al.*, 1993).

Es necesario hacer una clara distinción entre fibra cruda (FC) y FD. La primera es la que se consigna generalmente en las tablas de composición de alimentos y que se determina analíticamente con un tratamiento en caliente con ácido clorhídrico y posteriormente con hidróxido de sodio: en estas condiciones se pierde una fracción importante de polisacáridos que si se incluyen en la FD; es decir FC normalmente es menor que la dietética, ya que esta última presenta el contenido total de los polisacáridos. En términos generales, el procedimiento de determinación de la fibra cruda provoca la pérdida de 70 a 80% de celulosa, de 30 a 50% de hemicelulosa y hasta 90% de lignina; algunos autores consideran que es hasta seis veces la subestimación de la FD cuando se determina FC (Badui, 1999).

Hay cuatro definiciones importantes de FD, con ciertas diferencias, pero todas representan una evolución en la misma dirección. Cronológicamente son:

- a) La Comisión de expertos de la FAO/WHO considera que los principales componentes de la FD se derivan de las paredes celulares de vegetales presentes en la dieta y comprenden celulosa, hemicelulosa y pectina (polisacáridos no-almidón). La lignina, un componente no carbohidrato de la pared celular, también es incluida a menudo como tal. Actualmente, no hay un consenso sobre qué carbohidratos deberían incluirse como FD; aunque diferentes autores han incluido polisacáridos no-almidón y almidón resistente. Recientemente se ha sugerido que los oligosacáridos no digeribles también deberían ser incluidos (FAO, 1998).
- b) Ha *et al.* (2000), mencionan que la FD es cualquier componente de la dieta que llega al colon sin haber sido absorbido en el intestino humano sano y dividen la FD en microbiológicamente degradable o no degradable por la flora colónica.
- c) El Consejo de Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina de los Estados Unidos de Norteamérica considera que la FD consiste en carbohidratos y lignina que no digeribles en el intestino delgado humano procedente de plantas comestibles, en los cuales la matriz vegetal está mayoritariamente intacta. Adicional-

mente define la fibra añadida o funcional como carbohidratos no digeribles, formados por al menos de tres moléculas de monosacáridos aislados, añadidos, modificados o fabricados sintéticamente que tienen efectos beneficiosos en los seres humanos. La fibra total es la suma de las dos anteriores (Institute of Medicine, 2002).

- d) La American Association of Cereal Chemists de los Estados Unidos de Norteamérica (AACC), establece que la FD es la parte comestible de la planta y carbohidratos que son resistentes a la digestión y a la absorción en el intestino delgado humano con la fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La FD incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos fisiológicos beneficiosos como laxante, disminución del colesterol en la sangre, y la disminución de la glucosa en la sangre. Esta asociación está en total desacuerdo con la definición del Consejo de Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina de los Estados Unidos de Norteamérica, en cuanto a la separación entre la fibra dietética y funcional como lo han manifestado públicamente (Laurentin, *et al.*, 2002).

### Clasificación

El concepto de FD se ha venido ampliando con la inclusión de sustancias no necesariamente de origen vegetal y con el efecto fisiológico que va a producir su fermentación por la flora colónica. Esto posiblemente tendrá importantes repercusiones en nutrición en un futuro próximo. Aun así, no todos los autores están de acuerdo con esta tendencia. Unos pocos aún proponen una definición cercana a la de Trowell (polisacáridos no-almidón y lignina) sin tener en cuenta la digestibilidad o no de sus componentes.

La FD puede ser clasificada bajo dos puntos de vistas, según su solubilidad y según su fermentabilidad.

### Fibras dietéticas solubles e insolubles

Esta clasificación se basa en la solubilidad de las sustancias que componen la FD en una solución tampón a pH determinado. Según esta solubilidad, se ha extrapolado su posible fermentación por la flora colónica: soluble sería igual a fermentable, e insoluble igual a no fermentable. Sin embargo, esta extrapolación ha demostrado ser poco exacta, ya que la solubilidad no implica una acción fisiológica determinada, por lo que esta clasificación no debería ser considerada (García, 2000).

Cuadro 1  
CONTENIDO DE FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE EN FRUTAS  
(g/100g DE ALIMENTO)

Alimento	Fibra soluble total	Fibra insoluble total	Fibra dietética total
Manzana, Red Delicious, pelada	0,2	1,3	1,5
Albaricoque, enlatado en almíbar	0,5	1,3	1,8
Plátano	0,5	1,2	1,7
Durazno rosa, con membrana	0,3	1,1	1,4
Durazno rosa, sin membrana	0,1	0,4	0,5
Durazno blanco, sin membrana	0,1	0,3	0,4
Uvas, Thompson verdes	0,1	0,9	1,0
Naranja	0,3	1,4	1,7
Pera, enlatada en almíbar	0,3	1,4	1,7
Pera Barlett, fresca, sin pelar	0,4	2,4	2,8
Piña, enlatada	0,1	0,6	0,7
Ciruela fresca, sin pelar	0,4	0,8	1,2
Fresas frescas	0,4	1,4	1,8
Mandarina	0,4	1,4	1,8
Sandía	0,1	0,3	0,4

Fuente: Marlet (1992).

**Cuadro 2**  
**CONTENIDO DE FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE EN VEGETALES**  
**(g/100g DE ALIMENTO)**

<b>Alimento</b>	<b>Fibra soluble total</b>	<b>Fibra insoluble total</b>	<b>Fibra dietética total</b>
Espárragos enlatados, enteros	0,4	1,2	1,6
Espárragos frescos, cocidos	0,3	1,6	1,9
Vainitas verdes, corte entero, enlatadas	0,5	1,4	1,9
Vainitas verdes, corte francés, enlatadas	0,6	1,5	2,1
Brócoli crudo	0,3	3,0	3,3
Brócoli, fresco, cocido	0,4	3,1	3,5
Coles de Bruselas, congeladas, cocidas	0,5	3,6	4,1
Col cruda	0,1	1,6	1,7
Coliflor cruda	0,3	2,0	2,3
Coliflor fresca, cocida	0,3	1,8	2,1
Apio crudo	0,1	1,7	1,8
Apio fresco cocido	0,1	1,7	1,8
Maíz entero, congelado	0,1	2,0	2,1
Maíz entero, enlatado	0,1	1,8	1,9
Pepino pelado	0,1	0,5	0,6
Pepino sin pelar	0,1	0,8	0,9
Cebolla amarilla cruda	0,1	1,6	1,7
Pimiento verde crudo	0,2	1,5	1,7
Papa, asada con miel	0,6	1,9	2,5
Papa, hervida sin piel	0,3	1,0	1,3
Papas fritas	0,4	1,8	2,3
Rábano rojo crudo	0,1	1,3	1,4
Tomate enlatado	0,1	0,6	0,7
Nabo verde congelado	0,1	2,4	2,5

Fuente: Marlet (1992).

### Fibra dietética soluble

Comprende gomas, mucílagos, sustancias pécticas y algunas hemicelulosas. Son viscosas y se encuentran fundamentalmente en frutas, legumbres y cereales como la cebada y la avena (García, 2000).

Desde el punto de vista de funcionalidad intestinal, estas fibras retrasan el vaciamiento gástrico y vuelven lento el tránsito intestinal (García, 2000).

### Fibra dietética insoluble

Comprenden aquellas fibras en las que la celulosa es un componente esencial y la lignina se combina de forma

variable. También se incluyen algunas hemicelulosas (Laurentin *et al.*, 2002)

En la dieta humana, existen fuentes importantes de este tipo de fibra, como los cereales integrales, el centeno y los productos derivados del arroz.

Las fibras insolubles son escasamente degradadas por la acción de las bacterias colónicas, por lo que se excretan prácticamente íntegras por las heces. Por este motivo y por su capacidad para retener agua, aumentan la masa fecal, (que es más blanda), la motilidad gastrointestinal y el peso de las heces (García, 2000).

El efecto sobre la absorción de macronutrientes es pequeño en comparación con el de las fibras solubles.

**Cuadro 3**  
**CONTENIDO DE FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE EN CEREALES**  
**(g/100g DE ALIMENTO)**

<b>Alimento</b>	<b>Fibra soluble total</b>	<b>Fibra insoluble total</b>	<b>Fibra dietética total</b>
<b>Cereales refinados</b>			
Galletas	0,5	1,6	2,1
Pan francés	0,8	1,9	2,7
Pan italiano	0,9	2,9	3,8
Pan italiano con semillas de sésamo	0,9	2,5	3,4
Pan de trigo blanco	0,6	2,0	2,6
Cereales Cornflakes	0,5	3,8	4,3
Cereales Smacks con miel (Kellog's)	0,6	1,7	2,3
Cereales Rice Krispies (Kellog's)	0,2	1,4	1,9
Cereales Special K (Kellog's)	0,2	2,5	2,7
Pan de maíz	0,2	2,8	3,0
Harina blanca de trigo	1,0	1,9	2,9
Macarones cocidos	0,3	1,7	2,0
Tallarines con huevo cocidos	0,3	1,4	1,7
Arroz blanco cocido	0,1	0,3	0,4
Espaguetis cocidos	0,4	1,1	1,5
<b>Cereales ricos en fibra</b>			
Cereales Bran flanes	2,0	17,5	19,5
Cereales All Bran	2,1	28,0	30,1
Cereales de salvado de avena crudo	6,5	10,5	17,0
Germen de trigo	1,1	12,9	14,0

Fuente: Marlet (1992).

**Cuadro 4**  
**CONTENIDO DE FIBRA SOLUBLE E INSOLUBLE EN FRUTOS SECOS**  
**Y LEGUMBRES (g/100g DE ALIMENTO)**

<b>Alimento</b>	<b>Fibra soluble total</b>	<b>Fibra insoluble total</b>	<b>Fibra dietética total</b>
<b>Frutos secos</b>			
Almendras con piel	0,2	8,6	8,8
Cacahuetes	0,2	6,6	6,8
Nueces	0,1	3,7	3,8
<b>Legumbres</b>			
Habas enlatadas	1,1	4,1	5,2
Vainitas enlatadas	0,4	3,8	4,2
Guisantes negros enlatados	0,4	2,7	3,1
Guisantes verdes enlatados	0,4	2,9	3,3
Guisantes verdes congelados	0,2	3,2	3,5

Fuente: Marlet (1992).

En cambio, reducen de manera importante la absorción de cationes divalentes, probablemente debido a la presencia de ácido fítico, que habitualmente acompaña a estas fibras. Esto suele ocurrir con ingestas de fibra diaria (20-35 g), superiores a las recomendadas (García, 2000).

Los Cuadros 1, 2, 3 y 4 muestran los contenidos de fibra soluble e insoluble de frutas, verduras, cereales, y frutas secas y legumbres respectivamente.

### Fibras dietéticas fermentables y no fermentables

Se denomina fermentable cuando el 60%, por lo menos, sufre este proceso; y no fermentable, cuando es menos del 40% (Mateu, 2004). Aunque, como casi todos los componentes de la FD son, en alguna medida, fermentados quizá sería más adecuado clasificarla como altamente fermentable, parcialmente fermentable y poco fermentable, como proponen algunos autores (Marchisone, 2005).

### Componentes de la fibra dietética

Las diferentes sustancias que se incluyen en el concepto de FD, a partir de las definiciones anteriores, se han ampliado considerablemente respecto a las que incluían clásicamente las definiciones más restrictivas. Es previsible que este concepto se amplíe más, ya que actualmente hay una intensa investigación en tecnología de alimentos para conseguir sustancias dietéticamente útiles con características de FD, pero con propiedades específicas útiles para el procesado y conservación de alimentos (Mateu, 2004), (Cuadro 5).

### Fibras de origen animal

Sustancias análogas a carbohidratos que se encuentran principalmente en alimentos de origen animal (Mateu, 2004), como las que se indican en los párrafos siguientes:

**Quitina y quitosano.** La quitina es un polímero que forma parte de la estructura de los invertebrados, principalmente en los caparazones de los crustáceos y de los moluscos, al igual que en varios hongos y algas. Su composición química es a base de aminoazúcares como la N-acetil-D-glucosamina, que se unen linealmente con enlaces  $\beta$ -1,4-D-glucosídicos, formando estructuras fibrilares y cristalinas similares a las de la celulosa (Badui, 1999). El quitosano es un derivado sintético obtenido por desacetilación de la quitina. Es muy viscoso.

**Colágeno.** Proteína fibrosa que forma parte princi-

palmente de los tendones y cartílagos de los vertebrados. Está constituida por una triple hélice proteica que le confiere gran resistencia a la tensión y a la degradación.

**Condrotina.** Pertenece a los glucosaminoglucanos (GAG), antiguamente llamados mucopolisacáridos. Este carbohidrato es una mezcla equimolecular de ácido D-glucurónico y N-acetil-D-galactosamina. Se encuentra en los cartílagos, huesos, espinas de los peces, córnea, piel y pared arterial (Badui, 1999).

Otras sustancias han sido propuestas para ser incluidas en la FD, pero actualmente existe controversia en este punto. Los polioles no absorbibles (manitol, xilitol, sorbitol, etc.), algunos disacáridos y análogos no digeribles (lactulosa, lactitol, galactosilsacarosa) y algunas sustancias vegetales (taninos, ácido fítico, saponinas, etc.).

### Métodos para determinación de fibra

La metodología para el análisis de fibras ha evolucionado paralelamente a su concepto. Desde el siglo XIX y hasta aproximadamente 1970, prevaleció el término “fibra cruda o fibra bruta” que representaba la parte no digerible y nutricionalmente inservible, determinándose por tratamiento de las muestras con hidróxido de sodio y ácido sulfúrico. Posteriormente, al evidenciarse que la fracción no digerible era realmente mayor que los valores de fibra bruta se sustituyó por el término de “fibra detergente”, el cual correspondía a residuos obtenidos en los alimentos después de tratamientos con detergentes neutros y ácidos. Los valores de fibra detergente siguen siendo empleados en la alimentación animal, pero en nutrición humana no son válidos porque no guardan buena correlación con el contenido en carbohidratos no digeribles, especialmente los solubles (Saura-Calixto y García-Alonso, 2001).

En 1980, cuando la definición de fibra tomó vigencia como polisacáridos y lignina, resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del hombre, se comenzó a usar, para su análisis, los métodos enzimáticos que simulan el proceso digestivo. Todos ellos tienen en común el tratamiento con diversas proteasas y amilasas para eliminar proteína y almidón y extracción previa de lípidos cuando son constituyentes mayoritarios de un alimento (Saura-Calixto y García-Alonso, 2001).

Los métodos enzimáticos se pueden agrupar en dos tipos, enzimáticos-gravimétricos y enzimático-químicos.

### Métodos enzimático-gravimétricos

El procedimiento incluye inicialmente la extracción de las grasas y almidones por un procedimiento enzimático y la solubilización de las proteínas de la muestra y pos-

Cuadro 5  
COMPONENTES DE LA FIBRA DIETÉTICA

---

Polisacáridos no almidón

Celulosa  
 -glucanos  
 Hemicelulosas: galactomananos, arabinosilanos, otros.  
 Pectinas y análogos  
 Gomas: algarrobo, arábigo guar, karaya, tragacanto, etc.  
 Mucílagos: ispaguella, carragenina, etc.

Oligosacáridos resistentes

Fructooligosacáridos (FOS) e inulina  
 Galactooligosacáridos (GOS)  
 Xilooligosacáridos (XOS)  
 Isomaltooligosacáridos (IMOS)

Ligninas

Guayacil-ligninas  
 siringil-ligninas  
 lignina cereal

Sustancias asociadas a polisacáridos no almidón

Suberina, Cutina, Ceras

Almidones resistentes

AR1 o atrapado  
 AR2 o cristalizado  
 AR3 o retrógrado  
 AR4 o modificado

Carbohidratos sintéticos

Polidextrosa  
 Metilcelulosa (MC), carboximetilcelulosa (CMC), hidroximetilpropilcelulosa (HMPC)  
 Curdlan y escleroglucano  
 Oligosacáridos: gentiooligosacáridos (GeOS), glucooligosacáridos (a-GOS),  
 celooligosacáridos (COS), lactitololigosacáridos (LTOS), mananoligosacáridos,  
 transgalactooligosacáridos (TOS).

Sustancias de origen animal

Quitosano y Quitina  
 Colágeno  
 Condroitina

Otros

Poliol no absorbibles: manitol, sorbitol, etc  
 Disacáridos y análogos no digeribles: lactulosa, lactitol, etc.  
 Sustancias vegetales: taninos, fitatos, saponinas, etc.

---

Fuente: Mateu (2004).



terior pesada del residuo seco, aplicando una corrección para las proteínas remanentes y las cenizas. En caso de determinar fibra soluble e insoluble, la primera se obtiene por análisis directo o por sustracción de la insoluble de la total. Los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) pertenecen a este grupo (AOAC 985.29, AOAC 991.42, AOAC 993.19, AOAC 991.43, y AOAC 992.16 y AOAC 993.21) (Mateu, 2004).

Los métodos gravimétricos son sencillos y rápidos, se limitan a la estimación de las fibras totales o de las fibras solubles e insolubles (Pak y Atalah, 2000).

### Métodos enzimático-químicos

El procedimiento incluye inicialmente la eliminación de los carbohidratos (monosacáridos, disacáridos y almidón) y las grasas, y posteriormente, la determinación del contenido de fibra por un método químico. Los métodos Southgate, Englyst y sus modificaciones (Goering, Theander o método Uppsala y otras) pertenecen a este grupo. Las modificaciones también han sido adoptadas por la AOAC como métodos apropiados en algunos casos. Sin embargo, todos estos métodos, con sus diferencias respectivas, no cuantifican algunos de los nuevos componentes incluidos en las nuevas definiciones (Cuadro 6), por lo que es necesario métodos unificados para determinarlos. Recientemente han aparecido los métodos AOAC 997.08 para fructanos, AOAC 2000.11 para polidextrosa y AOAC 2001.03 para almidones resistentes (Mateu, 2004).

Los métodos enzimático-químicos consisten en aislar los residuos de fibra dietética por acción enzimática y en

liberar, por hidrólisis ácida, a los azúcares neutros que constituyen los polisacáridos de la fibra y medirlos por cromatografía líquida de alta presión (HPLC), cromatografía de gases o colorimétricamente. Los ácidos urónicos se determinan colorimétricamente o por descarboxilación y la lignina se determina generalmente por gravimetría. Estos métodos son más complejos y lentos, proporcionan la cantidad de cada uno de los azúcares neutros y ácidos, la lignina se puede estimar por separado y añadirla a la suma de los azúcares individuales para el contenido de fibra total (Pak y Atalah, 2000).

Básicamente, los métodos empleados para la determinación de la FD intentan determinar de una manera cuantitativa los componentes de la dieta que alcanzarán el colon sin ser digeridos. La importancia de la FD a partir de mediados de los años setenta indujo al desarrollo de numerosos métodos de análisis. En los inicios de los años ochenta, se produjo un esfuerzo para establecer métodos analíticos unificados a través de la AOAC. En esta tarea unificadora participaron inicialmente 43 laboratorios de 29 países (Mateu, 2004).

En 1985, se estableció el método AOAC 985.29 como el sistema cuantitativo estándar de determinación de fibra dietética total, que también fue adoptado por la AACC con la denominación AACC Approved Method 32-05. Este método fue aceptado mundialmente para la determinación de FD. Posteriormente, en 1994, y después de diversas modificaciones, se adoptó el método AOAC 991.43 (AACC Approved Method 32-07) para determinar la fibra total, insoluble y soluble, en un solo procedimiento (Mateu, 2004).

Cuadro 6  
PRINCIPALES MÉTODOS ANALÍTICOS DE DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA

Método	Tipo	Componentes determinados	Componentes no determinados
AOAC 985.29, AOAC 991.42, AOAC 993.19, AOAC 992.16 Y AOAC 991.43	Enzimático- gravimétrico.	Polisacáridos no almidón, lignina y almidones retrógrados (parcialmente).	Inulina, fructanos, celulosas modificadas, arabinogalactanos, almidones resistentes (parcialmente), polidextrosa.
AOAC 994.13 Englysts y modificaciones Southgate y modificaciones	Enzimático- químico.	Polisacáridos no almidón y lignina.	Inulina, fructanos, celulosas modificadas, arabinogalactanos, almidones resistentes.

Fuente: Mateu (2004).



Actualmente se puede encontrar numerosos métodos propuestos, así como modificaciones de los mismos y comparaciones entre ellos. Sin embargo, prevalece el método AOAC 958.29 como el más ampliamente usado, debido a su sencillez operativa y, especialmente, al apoyo de las principales firmas que manufacturan alimentos enriquecidos en fibras.

La Figura 1, esquematiza la de determinación de fibra soluble e insoluble por medio del método de la AOAC (Prosky *et al.*, 1988, mencionado por Saura-Calixto y García-Alonso, 2001).

Si bien el método de la AOAC es útil para el etiquetado de productos comerciales, desde un punto de vista científico y nutricional su validez es limitada, debido a algunos errores que presenta su metodología. Mañas y Saura-Calixto (1993) realizaron estudios al respecto y resumieron las siguientes fuentes de error:

- a) Los tratamientos enzimáticos se efectúan a temperaturas de 60 °C y 100 °C, muy diferentes a las fisiológicas, por lo que los valores de la fibra soluble e insoluble pueden ser diferentes a los reales.
- b) El empleo de estas temperaturas impide conocer los valores de fibras de alimentos naturales tal como se consumen. Los valores de la AOAC corresponden a alimentos que han sido secados, molidos y hervidos, lo que provoca modificaciones y, por lo tanto, los resultados no corresponden a la forma en que son ingeridos.
- c) Los tratamientos a 100 °C con amilasas termoestables tienen por objetivo eliminar el almidón de las muestras. Sin embargo, en la práctica, esto no se consigue, y siempre queda una parte de almidón resistente en los residuos de la fibra insoluble.
- d) Durante la precipitación con etanol pueden coprecipitar diversos constituyentes de los alimentos diferentes a la fibra, y por otra parte, una fracción de fibra soluble puede no precipitar. Es decir, en los residuos de fibra aparecen constituyentes que no son fibra, mientras que algunas pectinas y hemicelulosas de la fibra pueden perderse en los sobrenadantes.
- e) Las correlaciones de ceniza y de proteína que se lleven a cabo frecuentemente son, cualitativa y cuantitativamente, poco adecuadas desde el punto de vista químico, matemático y estadístico.
- f) El método de la AOAC se ha desarrollado exclusivamente para cereales y alimentos ricos en almidón y su aplicación en frutas y verduras presenta problemas y errores específicos y adicionales.

En el Cuadro 7, muestra lista de los cinco métodos para la determinación de fibra dietaria total para alimen-

tos y dos métodos para determinación de fibra soluble e insoluble.

### Tratamientos de modificación de fibras

La tendencia por la producción de fibras modificadas por tratamientos físicos, químicos o enzimáticos está en aumento, debido a que permiten la obtención de fibras que poseen propiedades organolépticas adaptadas a las aplicaciones (Claude e Ives, 2002).

### Tratamientos térmicos y mecánicos

Los tratamientos mecánicos provocan una variación en el tamaño de partículas, las cuales influyen en el contenido en fibras y en sus propiedades de retención de agua.

Estudios sobre el efecto del tratamiento térmico sobre fibras señalan que el principal efecto de estos tratamientos consiste en una disminución de la proporción fibras insolubles/fibras solubles que puede causar modificaciones en las propiedades funcionales y nutricionales. Su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas de las fibras parecen depender del tratamiento y de la naturaleza de las fibras (Arrigoni *et al.*, 1986; Caprez *et al.*, 1986, mencionados por Claude e Ives, 2002).

Los alimentos que constituyen fuentes ricas en pectinas pueden ser parcialmente degradadas por un tratamiento térmico (Claude e Ives, 2002).

La extrusión mejora la funcionalidad de los polvos, al aumentar la fermentabilidad de las fibras solubles. Sin embargo el tipo de extrusión, principalmente la configuración del extrusor, la temperatura y la humedad pueden modificar la calidad de las fibras obtenidas (Camire *et al.*, 1997).

La cocción-extrusión reduce el contenido en almidón y aumenta el contenido en fibras totales de los tratamientos con vapor, mientras que los contenidos en fibras obtenidos por abrasión no son afectados por la extrusión. La extrusión produce, en los dos casos, un aumento de la fracción soluble (Camire *et al.*, 1997).

### Tratamientos enzimáticos

Caprez *et al.* (1987), mencionado por Claude e Ives (2002), trataron algunos tegumentos de arvejas amarillos con algunas enzimas pectinolíticas y celulolíticas, lo que produjo un incremento de la fracción de fibras solubles y una disminución del contenido de fibras totales así como algunas modificaciones en la estructura. Estas modificaciones ocasionaron una textura más flexible, así como a una incorporación más fácil en los alimentos. Generalmente las propiedades físicas se reducen por tratamiento enzimático.

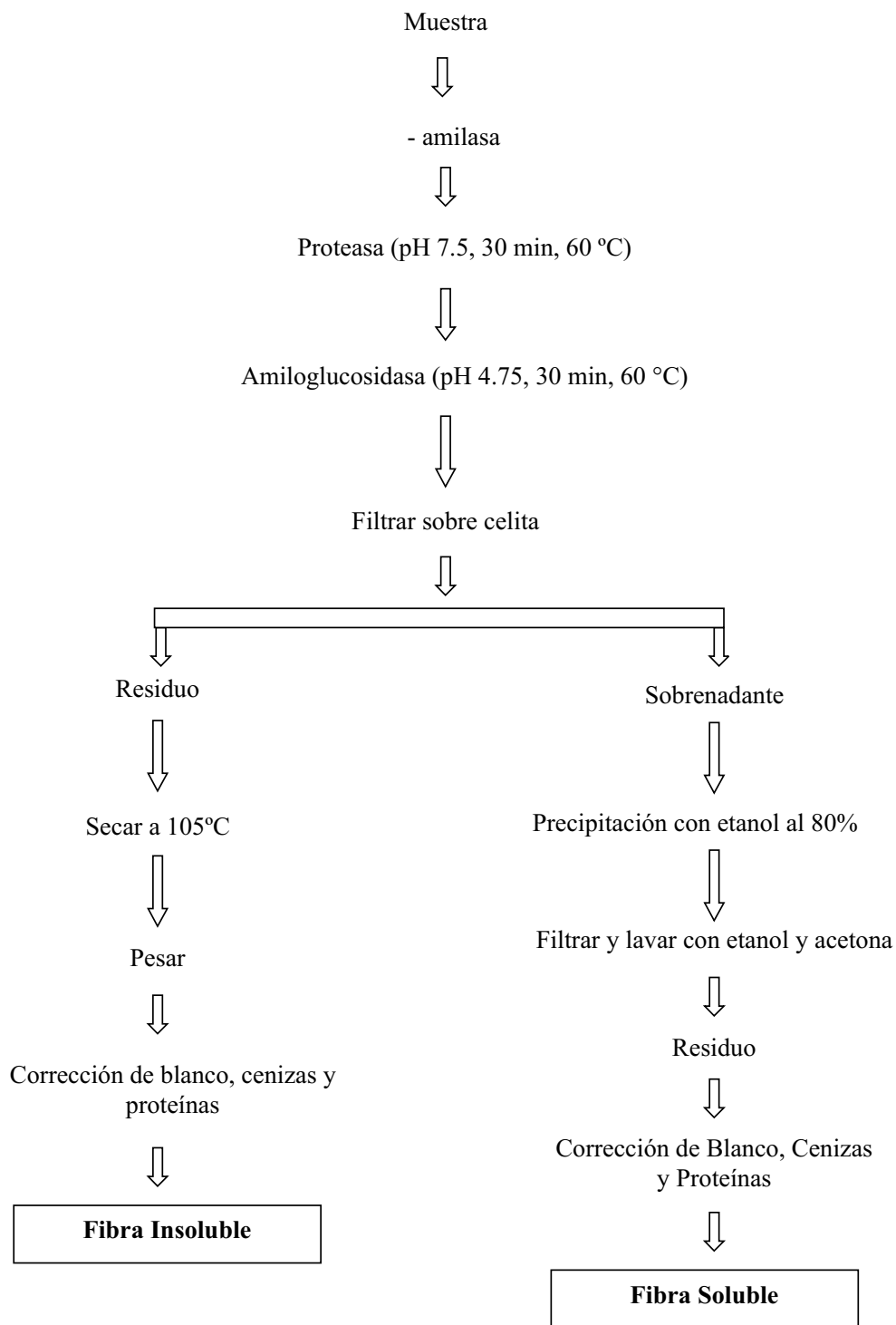


Figura 1. Esquema del método AOAC 985.29 de determinación de fibra.

### Tratamientos químicos

Los tratamientos de derivados de celulosa extraída de fibras de remolacha, con una solución alcalina (pH 11.5) o con peróxido de hidrógeno producen un aumento importante de sus propiedades de hidratación, debido principalmente a una solubilización de una parte de la lignina y a una mejor accesibilidad de la estructura interna que se hidrata en mayor grado. Las fibras presentan propiedades tecnológicas explotables en los productos de panificación (Gould *et al.*, 1989; mencionado por Claude e Ives, 2002).

### Efecto de la fibra dietética sobre la salud

La importancia de la FD sobre la salud fue puesta en manifiesto en la década de los setenta. Se han efectuado muchos estudios que relacionan la ausencia de fibra con diversos problemas de salud tales como la constipación, cáncer en el colon y en el recto, diverticulosis, diabetes mellitus, arterioesclerosis y otros (Badui, 1999).

### Estreñimiento

La fibra dietética se ha asociado con efectos gastrointestinales beneficiosos como el incremento del volumen de heces. El peso de las heces y su blandura son indicadores sensibles del cambio de la función intestinal como consecuencia de una alimentación a base de fibra. (Mongeau *et al.*, 1990, mencionado por Periago *et al.*, 1993).

La FD tiene la capacidad de hincharse al absorber agua y, por lo tanto de aumentar el volumen de la materia fecal; esto provoca un incremento en los movimientos peristálticos del intestino y facilita el tránsito, la distensión intestinal y consecuentemente la defecación (Badui, 1999).

El aumento en el consumo de la FD mejora el estreñimiento leve o moderado. El mecanismo de acción es por el incremento de la masa fecal. Parece que la fibra poco fermentable sería más efectiva, como es el caso del salvado de trigo, la proveniente del coco, de los hollejos de semillas del género *Plantago*, etc. Se cree que los hidrolizados de goma guar, que pertenecen a la categoría de fibra fermentable, también aportan a este beneficio. Cada tipo de fibra se comporta de manera diferente, pero, en general, por cada gramo de fibra ingerido hay un incremento de 4-6 g de las heces (Mateu, 2004).

La FD favorece el tránsito del quimo alimenticio a través del intestino delgado, existiendo una relación directa entre el contenido de fibra dietética en la dieta (principalmente celulosa y hemicelulosa) y la velocidad a la cual los nutrientes transitan a lo largo del tracto gastrointesti-

nal (Periago *et al.*, 1993). Esta situación provoca que se incremente la viscosidad, se reduzca el tiempo de permanencia de los constituyentes del alimento en el intestino y que sólo las moléculas fácilmente absorbibles atraviesen la pared intestinal; las sustancias irritantes, dañinas y tóxicas (como las sustancias cancerígenas), que generalmente requieren de más tiempo para entrar al sistema linfático, no tienen oportunidad de hacerlo y se eliminan en las heces. Para un mejor aprovechamiento de estas bondades, el consumo de la fibra debe ir acompañado de una ingestión adecuada de agua para favorecer la producción de las heces (Badui, 1993).

### Diarrea

La fermentación de la fibra dietética produce sales de ácidos orgánicos de 2 a 5 carbonos: acetato, propionato, butirato y valerato (AGCC) que al ser absorbidos incrementan la absorción de agua y sodio. La fibra activa es la fibra fermentable como goma guar y sus hidrolizados, pectina, almidones resistentes, etc. (Mateu, 2004).

### Diabetes

Estudios en humanos han demostrado la utilidad terapéutica de la FD para bajar las concentraciones de glucosa en la sangre y los requerimientos de insulina en el paciente diabético. Esto se ha evaluado, suplementando la dieta con fibra o componentes de la fibra o incluyendo en la dieta alimentos ricos en fibra. La alteración en la absorción de los carbohidratos se explica en parte por:

- Retraso en el vaciamiento gástrico, que retarda la absorción de nutrientes (fibra soluble).
- Formación de geles que hacen más lenta la absorción de carbohidratos (fibra soluble).
- Menor digestibilidad de los carbohidratos (fibra insoluble).
- La integridad de la pared celular que impide la acción de las enzimas digestivas.
- Por fermentación de la fibra y producción de ácidos grasos de cadena corta que pueden intervenir en el metabolismo de la glucosa estimulando la glicólisis y atenuando la gluconeogénesis (Pak y Atalah, 2000).

En pacientes diabéticos, la fibra fermentable y viscosa en gran cantidad del tipo guar o sus hidrolizados, goma tragacanto, goma xantana,  $\alpha$ -glucano, pectina, etc., mejora el control de la glucemia (Mateu, 2004).

### Enfermedad cardiovascular

El consumo de dietas ricas en FD (> 20g/día) puede reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular. Por cada

Cuadro 7  
MÉTODOS APROBADOS POR LA AOAC PARA LA  
DETERMINACIÓN DE FIBRA

Nº de Método	Título de Método	Inicio / Fin	Descripción
985.29	Método gravimétrico-enzimático de Fibra dietaria Total en alimentos.	1985/ 1986	Conocido como el método Prosky.
991.42	Método gravimétrico-enzimático (buffer fosfato) de Fibra dietaria insoluble en alimentos.	1991/ 1994	Revisión del método de Prosky para fibra insoluble. Aplicable para vegetales, frutas y cereales.
993.19	Método gravimétrico-enzimático (buffer fosfato) de Fibra dietaria soluble en alimentos.	1993	Revisión del método de Prosky para fibra soluble.
991.43	Método gravimétrico-enzimático de Fibra dietaria total soluble e insoluble en alimentos.	1991/ 1994	Método de Prosky mejorado. Aplicable a alimentos procesados, cereales, frutas y vegetales.
992.16	Método gravimétrico-enzimático de Fibra.	1992	Conocido como el método "Mongeau". Aplicable para cereales, semillas, frutas y vegetales.
993.21	Método gravimétrico-enzimático de Fibra dietaria total soluble e insoluble en alimentos y productos alimenticios con menos de 2% de almidón.	1993	Remoción de enzimas para alimentos bajos en contenido de almidón. Aplicable a alimentos con mas de 10% de fibra dietaria total y menos del 2% de almidón.
994.14	Método gravimétrico, colorimétrico y cromatográfico para determinar fibra dietaria total.	1994	Conocido como el método "Theander", es un método químico.

Fuente: Andrews (1996).

10 g/día de incremento en el consumo por fibra total, habría una reducción del 14% en riesgo de episodios coronarios. El consumo regular de entre 20-30 g/día de fibra total reduciría el riesgo de enfermedades cardiovasculares entre un 12-20%. El tipo de fibra más recomendable para este caso no está bien establecido, aunque parece que la que proveniente de cereales y frutas podría ser la más efectiva. Las recomendaciones para una dieta cardiosaludable indican actualmente aumentar el consumo de fibra proveniente de frutas y cereales integrales. El efecto hipocolesterolemico es explicable porque la fibra soluble altera la absorción de los ácidos biliares, aumentando la excreción fecal y reduciendo así la circulación enterohepática. También reduce la absorción de lípidos. Los ácidos grasos de cadena corta producidos por fermentación de la fibra, al ser absorbidos, pueden mediar algunos de los efectos hipolipidémicos de la fibra. Cada

gramo de fibra soluble a partir de una dosis de 10 g/día disminuiría como promedio 1,73 mg/dL (0,045 mmol/L) de colesterol total y 2,21 mg/dL (0,057 mmol/L) de LDL-colesterol (Mateu, 2004; Pak y Atalah, 2000).

#### Efecto prebiótico

Algunos estudios han demostrado que los oligosacáridos no digeribles (inulina y derivados, oligofruetosacáridos) podían incrementar la cantidad, en el intestino humano de bífidobacterias y de bacterias lácticas. Su presencia en el intestino se considera favorable para la salud ya que este tipo de bacterias protegen al organismo contra las bacterias patógenas al ejercer un efecto barrera y estimular el sistema inmunológico (Gibson *et al.*, 1995, mencionado por Claude e Ives, 2002).

Los nutricionistas cifran los requerimientos de fibra dietética en unos 25 - 50 g/día (Fennema, 1999).

Las siguientes Organizaciones Internacionales han dado las siguientes recomendaciones

- a) Federation of American Societies for Experimental Biology (FASEB) (1987): Consuma una gran variedad de productos de granos enteros, frutas y verduras, que den una ingesta de FD de 20 a 35 g/día (1013 g/1000 kcal) para la población adulta sana.
- b) Consejo Nacional de Investigación (CHILE) (1989): Una ingesta de fibra deseable debiera lograrse, no por agregado de concentrados a la dieta, sino que por el consumo de frutas, verduras, leguminosas y cereales de granos enteros, que también dan minerales y vitaminas.
- c) Organización Mundial de la Salud (1991): Límite inferior: 27 g de fibra dietética por día. Límite superior: 40 g de fibra dietética por día.

## CONCLUSIONES

El concepto de fibra dietética se ampliado con la inclusión de nuevas sustancias y con el efecto fisiológico que va a producir su fermentación por la flora colónica. De ahí que la mayoría de autores, así como los más recientes estudios, señalan a la FD como la parte comestible de la planta e carbohidratos que son resistentes a la digestión y a la absorción en el intestino delgado humano con la fermentación completa o parcial en el intestino grueso. Esta definición posiblemente tendrá importantes repercusiones tanto dietéticas como en el desarrollo de productos funcionales en un futuro muy próximo.

Los estudios demuestran los beneficios nutricionales de las fibras: efecto sobre el tránsito intestinal, contribuye a prevenir el cáncer, enfermedades coronarias y colónicas, diabetes, entre otros. Pero su diversidad de estructura y de composición hace difícil la comprensión del mecanismo de acción. Una mejor comprensión de los fenómenos permitiría clarificar los beneficios de las fibras a los fabricantes de productos y a los consumidores y contribuiría a abrir la vía hacia una utilización más amplia de las fibras en los alimentos.

La utilización de fibras de nuevas fuentes y las posibilidades de modificarlas o de combinarlas para mejorar sus cualidades tecnológicas, nutricionales y organolépticas, ampliarán la aplicación alimentaria de las fibras en los años venideros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrews, K. 1996. Dietary fiber in the national nutrient databank: Data and Methods. Nutrient Data Laboratory, Agricultural Research Service, U.S.D.A. Paper C1-3.

- Badui S. 1999. Química de los alimentos. Edit. Acribia. Barcelona - España.
- Camire, M., Vyllette, D. y Laughlin, M. 1997. Potato peels dietary fiber composition: effects of peeling and extrusion cooking processes. *Journal of food Chem.* Vol 45, N°5, p. 1404-1408.
- Claude, M. y Ives, T. 2002. Tecnología de hortalizas. Edit. Acribia. Zaragoza, España.
- Consejo Nacional de Investigación. 1989. Ministerio de Salud Gobierno de Chile: Guía de alimentación del niño menor de 2 años y hasta la adolescencia.
- Food Agriculture Organization (FAO).1998. Estudios FAO: Alimentación y Nutrición. Disponible en: [www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s01.htm#TopOfPage](http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s01.htm#TopOfPage). Fecha de consulta: 17 de Noviembre, 2005.
- Federation of American Societies for Experimental Biology (FASEB). 1987. Physiological Effects and health consequences of dietary fiber. Edit. Bethesda, MD. Pilch SM.
- García, P. 2000. Apuntes sobre la fibra. Hospital Universitario Gregorio Marañón. Madrid, España.
- Ha, T., Kays, S. y Barton, F. 2000. International survey on dietary fiber. *Scandinavian Journal Gastroenterology Supplement.* Vol 129, p.16-20.
- Institute of Medicine. 2002. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and aminoacids. Disponible en: [www.nap.edu/10490.html](http://www.nap.edu/10490.html). Fecha de Consulta: 15 de Diciembre del 2005.
- Laurentin, A., Morrison, D., y Edwards, C. 2002. Dietary fiber in health and disease. Division of Developmental Medicine. Glasgow University, Glasgow, UK. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin* Vol 28, p. 69-72.
- Mañas, E. y Saura-Calixto, F. 1993. Sources of error in dietary fiber analysis. *Food Chem.* Vol. 47, p. 351 - 355.
- Marchisone, S. 2005. Papel de la fibra dietaria en la motilidad colónica. *Revista Médica UNAB.* Vol 8, p. S45 - S47.
- Marlet A. 1992. Content and composition of dietary fiber in 117 frequently consumed foods. *J Am Diet Assoc* Vol 92, N°2, P.175-186.
- Mateu, X. 2004. La fibra en la alimentación - Farmacia Hospitalaria. Hospital del Mar. Edit. Grafiques Celler S.A. Barcelona, España.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1991. Energy, protein and fiber requirements. Report of a joint FAO/WHO Expert Committee. Roma - Italia.
- Pak N., y Atalah, E. 2000. La fibra dietética en la alimentación humana, importancia en la salud. *Anales de la Universidad de Chile. Sexta Serie,* N°11, Agosto 2000, p. 63 - 69.
- Periago, M., Ros, G., López, M., Martínez, C. y Ricón, F. 1993. Componentes de la fibra dietética y sus efectos fisiológicos. *Revista Española de ciencia y tecnología de Alimentos* 1993, 33(3). p 229-245.
- Prakongpan, T., Nitithamyong, A. y Luangpitsuka, P. 2002. Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple core. *Journal of Food Science.* Vol 67, N°4, p. 111 - 118.
- Saura- Calixto, F. y García-Alonso, A. 2001. Metodología para el análisis de fibra y carbohidratos. Publicación del Departamento de metabolismo y nutrición. Instituto del frío. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España.