

Evolución en el conocimiento de la fibra

P. García Peris y C. Velasco Gimeno

Unidad de Nutrición Clínica y Dietética. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid. España.

Resumen

La fibra es un nutriente esencial en una dieta saludable, contribuyendo al mantenimiento de la salud y previniendo la aparición de distintas enfermedades.

La clasificación de la fibra en base a su grado de fermentación en el colon, la divide en dos tipos diferenciados, fibra totalmente fermentable y fibra parcialmente fermentable. El grado de fermentabilidad de cada fibra le va a conferir unas propiedades características.

Además de los efectos conocidos de la fibra en la regulación del tránsito y ritmo intestinal, el avance durante los últimos años en el conocimiento del metabolismo de algunas fibras fermentables, como la inulina, los fructo-oligosacáridos y los galactooligosacáridos, ha puesto de manifiesto su efecto prebiótico. Como resultado de esta fermentación, se producen ácidos grasos de cadena corta con funciones importantes en el colon y a nivel sistémico.

Por todo ello es esencial realizar una dieta equilibrada, con un consumo adecuado de fibras.

(Nutr Hosp. 2007;22:20-5)

Palabras clave: *Fibra. Ácidos grasos de cadena corta. Prebióticos.*

Introducción

En la última década del siglo XX, la fibra ha ocupado un lugar preferente en la literatura científica. Diversos estudios epidemiológicos han puesto de relieve que las dietas con un ingesta disminuida de fibra están en relación con la aparición de ciertas patologías denominadas "occidentales", como el cáncer de colon, la enfermedad cardiovascular, alteraciones en el ritmo y el tránsito intestinal, etc.

Ahora bien, hasta finales de los años 60, la fibra fue un componente de la dieta completamente olvidado. La teoría de la fibra tal y como la conocemos en la ac-

Correspondencia: Pilar García Peris.
Unidad de Nutrición Clínica y Dietética.
Hospital General Universitario Gregorio Marañón.
Doctor Esquerdo, 46
28007 Madrid.
E-mail: pgarciap.hugm@salud.madrid.org

Recibido: 06-II-2007.
Aceptado: 13-III-2007.

EVOLUTION IN THE KNOWLEDGE ON FIBER

Abstract

Fiber is an essential nutrient in a healthy diet, contributing to health maintenance and preventing the occurrence of different disease.

The classification of fiber according to its degree of fermentation within the large bowel categorizes it into two different types, completely fermentable fiber and partially fermentable fiber. The level of fermentability of each fiber will give it characteristic properties.

Besides the known effects of fiber on transit and bowel movement regulation, the recent advance on the knowledge on the metabolism of some fermentable fibers, such as inulin, fructo-oligosaccharides, and galacto-oligosaccharides, has shown its prebiotic effect. Because of this fermentation, short chain fatty acids with important colonic and systemic functions are produced.

Therefore, it is essential to perform a balanced diet with adequate fiber consumption.

(Nutr Hosp. 2007;22:20-5)

Key words: *Fiber. Short chain fatty acids. Prebiotics.*

tualidad fue desarrollada en los años 70 por Denis Burkitt, después de los trabajos de Cleave, Walter y Trowell. Burkitt observó en las poblaciones estudiadas cambios en el patrón intestinal y en la prevalencia de enfermedades no infecciosas y estas diferencias las relacionó con sus hábitos alimentarios¹.

A raíz de estos estudios, se estableció, por ejemplo, la relación entre ingesta de fibra dietética y su implicación en la función y patología intestinal, debido a que las diferencias en el patrón de enfermedades descritas se debían a la proporción de fibra de la dieta. Desde entonces se han realizado multitud de trabajos que han ido aportando pruebas confirmatorias de que la fibra contribuye a mantener la salud y a prevenir y/o mejorar ciertas enfermedades.

Definición

Uno de los problemas más acuciante que se nos plantea hoy día en torno a la fibra, una vez que se conoce mejor su metabolismo, es probablemente, el de su propia definición². Desde un punto de vista químico, se

puede definir como la suma de lignina y polisacáridos no almidón.

Una definición más biológica sería aquella que definiera como fibra dietética la lignina y aquellos polisacáridos de los vegetales resistentes a la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas.

Roberfroid da un paso más en la búsqueda de una definición más fisiológica y que se adapte mejor a los conocimientos actuales. Para él, la fibra es un concepto que hace referencia a diversos carbohidratos y a la lignina, que resisten la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas, pero que pueden ser fermentadas por la microflora del colon dando lugar a H_2 , CH_4 , CO_2 , H_2O y ácidos grasos de cadena corta³.

El proceso de fermentación de la fibra en el colon es fundamental (fig. 1). Gracias a él es posible el mantenimiento y desarrollo de la flora bacteriana, así como de las células epiteliales⁴. En el colon ocurren fundamentalmente dos tipos de fermentación, la fermentación sacarolítica y la proteolítica. La fermentación sacarolítica es la más beneficiosa para el organismo y produce principalmente los ácidos grasos de cadena corta, acético, propiónico y butírico, en una proporción molar casi constante 60:25:15. Estos ácidos grasos se generan en el metabolismo del piruvato, producidos por la oxidación de la glucosa a través de la vía glucolítica de Embden-Meyerhof. La fermentación proteolítica produce, en cambio, derivados nitrogenados como aminas, amonio y compuestos fenólicos, algunos de los cuales son carcinógenos⁵.

La fermentación en el colon de la fibra produce energía, cuyo valor oscila entre 1 y 2,5 kcal/g. Como es lógico, el valor energético de la fibra dependerá de su grado de fermentabilidad, de manera que las fibras con gran capacidad de fermentación producirán más energía que las poco fermentables.

Clasificación de las fibras

Para el mantenimiento del equilibrio intestinal, es preciso que en el colon se fermenten diariamente 60 g

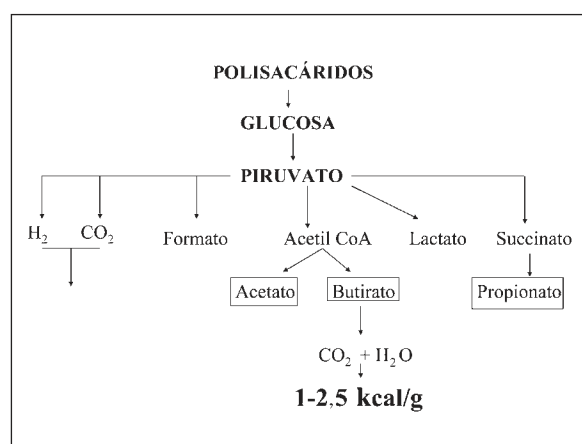


Fig. 1.—Fermentación bacteriana.

de materia orgánica, fundamentalmente hidratos de carbono; es decir, 60 g de fracción indigerible de los alimentos. Dado que la ingesta media de fibra está alrededor de 20 g, nos encontramos con un déficit de 40 g, que denominamos “carbohydrate gap”. Este déficit sólo se puede explicar de dos maneras, o bien los métodos de que disponemos no son suficientemente precisos y no cuantifican la cantidad real de fibra, o bien hay que considerar otros componentes indigeribles⁶. Si nos decantamos por la segunda posibilidad, que parece más razonable, además de los polisacáridos no almidón (fibra dietética tradicional), que representan entre 15 a 30 g/día, debemos tener en cuenta las sustancias siguientes: el almidón resistente, que aportaría entre 15-20 g/día; azúcares no absorbibles, entre 2-10 g/día; oligosacáridos, entre 2-6 g/día; cierta cantidad de proteínas que escapan de la digestión en el intestino delgado, entre 2-12 g/día; y, por último, el moco intestinal, que representaría entre 2-3 g/día de sustrato fermentable por el colon.

Así pues, además de la fibra tradicional, debemos considerar otras sustancias que escapan de la digestión y absorción en el intestino delgado y que alcanzan el colon, donde serán fermentadas por la flora bacteriana^{7,8}.

Desde un punto de vista práctico, se considera apropiado clasificar las fibras según su grado de fermentación, lo que da lugar a dos grupos claramente diferenciados, el de las fibras totalmente fermentables y el de las parcialmente fermentables (fig. 2). En la actualidad los dos conceptos más aceptados en torno a la fibra son; fibra fermentable, soluble y viscosa; y fibra escasamente fermentable, insoluble y no viscosa.

Fibras parcialmente fermentables

Comprenden aquellas fibras en las que la celulosa es un componente esencial y la lignina se combina de forma variable. Se incluyen también algunas hemicelulosas.

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

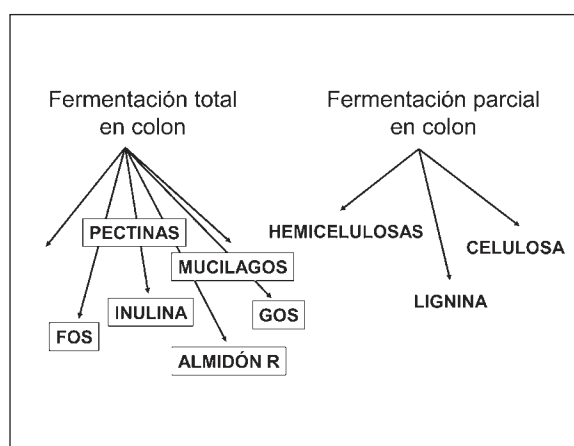


Fig. 2.—Clasificación de las fibras según su grado de fermentación.

Las fibras parcialmente fermentables son escasamente degradadas por la acción de las bacterias del colon, 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 heces⁹.

El efecto sobre la absorción de macronutrientes es pequeño en comparación con el de las fibras muy fermentables; en cambio, reducen de manera importante la absorción de cationes divalentes, seguramente a causa de la presencia de ácido fítico, que habitualmente acompaña a estas fibras. Ello suele ocurrir con ingestas de fibra superiores a las recomendadas.

La utilización de grandes cantidades de fibra parcialmente fermentable se acompaña de deficiencia de Zn⁺⁺. Asimismo cuando se utilizan dietas con un alto contenido en cereales se observan balances negativos de Ca⁺⁺ y Fe⁺⁺.

Fibras fermentables

Hasta hace unos años dentro del concepto de fibras fermentables se incluían exclusivamente las gomas, los mucílagos, las sustancias pécticas y algunas hemicelulosas. Sin embargo en la actualidad dentro de este apartado se han incluido otras fibras, que por su trascendencia consideramos oportuno estudiar más a fondo, como son los almidones resistentes, la inulina, los fructooligosacáridos (FOS) y los galactooligosacáridos (GOS).

Almidones resistentes

Se definen como la suma del almidón y de los productos procedentes de la degradación del almidón que no es digerida en el intestino delgado de los individuos sanos. Su fermentación en el colon es total, por lo que se comportarían como una fibra fermentable. Sin embargo, una pequeña proporción escapa de esa degradación y se elimina por las heces¹⁰.

Inulina y oligosacáridos: FOS y GOS

La inulina y los fructooligosacáridos (FOS) son polímeros de fructosa que proceden habitualmente de la achicoria o que se obtienen por síntesis, con un grado de polimerización de 2-20 unidades en el caso de los FOS y de 2-60 unidades en el caso de la inulina. Ambos son resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas humanas y se fermentan completamente en el colon preferentemente por las bifidobacterias^{11,12}.

Además de la inulina y los FOS, en la actualidad se está estudiando el metabolismo y propiedades de otros oligosacáridos: los galactooligosacáridos (GOS). Los GOS son carbohidratos producidos por la acción de una enzima (beta-galactosidasa) sobre la lactosa. Estos carbohidratos tampoco sufren digestión luminal ni

de membrana, pero son metabolizados casi en su totalidad en el colon, preferentemente por las bifidobacterias y los lactobacilos^{13,14}.

Las fibras fermentables se encuentran fundamentalmente en frutas, legumbres y cereales como la cebada y la avena, la cebolla etc. Su solubilidad en agua condiciona la formación de geles viscosos en el intestino. Su alta viscosidad es importante para explicar algunas de sus propiedades y que más tarde describiremos. Desde el punto de vista de funcionalidad intestinal, estas fibras retrasan el vaciamiento gástrico y ralentizan el tránsito intestinal.

Las fibras fermentables se caracterizan por ser rápidamente degradadas por la microflora anaerobia del colon. Este proceso de fermentación depende en gran medida del grado de solubilidad y del tamaño de sus partículas, de manera que las fibras más solubles y más pequeñas tienen un mayor y más rápido grado de fermentación. Este proceso, como ya se expuso, da lugar, entre otros productos, a los ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Los efectos fisiológicos más importantes de los AGCC consisten en disminuir el pH intraluminal, estimular la reabsorción de agua y sodio, fundamentalmente en el colon ascendente, y potenciar la absorción en el colon de cationes divalentes. El acetato es metabolizado a nivel sistémico, principalmente en el músculo. El propionato es mayoritariamente transportado al hígado, donde es metabolizado e interviene en la síntesis de colesterol y de glucosa y genera energía (ATP). Entre los ácidos grasos, el butirato es el que posee mayor efecto trófico sobre la mucosa del colon; de hecho, representa su fuente energética fundamental. El efecto trófico de los AGCC se realiza por diferentes mecanismos, como aumento del aporte directo de energía, incremento del flujo sanguíneo al colon, aumento en la producción enzimática del páncreas exocrino, estimulación del sistema nervioso y producción de enterohormonas¹⁵.

En las tablas I, II y III se muestra el contenido de fibra de algunos alimentos.

Tabla I
Alimentos con alto contenido en fibra
(> 2 g/100 g de alimento)

Alcachofa	Tubérculos	Membrillo
Apio	Legumbres	Mora
Brócoli	Aceitunas	Naranja
Col de Bruselas	Albaricoque	Pera
Coliflor	Aguacate	Plátano
Hinojo	Ciruela	Frutos secos
Puerro	Frambuesa	Frutas desecadas
Pimiento	Fresa	All brans
Cebolla	Higo	Arroz integral
Nabo	Kiwi	Pan integral
Remolacha	Limón	Pasta integral
Zanahoria	Manzana	Judía verde

Tabla II
Alimentos con bajo contenido en fibra
(< 2 g/100 g de alimento)

Acelga	Calabacín	Melocotón
Achicoria	Calabaza	Melón
Berro	Pasta cocida	Piña
Champiñón	Pepino	Pomelo
Escarola	Pimiento	Sandía
Espárrago	Tomate	Uva
Espinaca	Arándano	Arroz blanco
Lechuga	Cereza	Magdalena
Berenjena	Mandarina	

Tabla III
Alimentos exentos de fibra

Leche
Huevo
Carnes
Azúcar
Grasas
Condimentos

Ingesta recomendada de fibra

Las recomendaciones actuales de fibra oscilan entre 20 a 30 g/día, o bien alrededor de 14 g/1.000 kcal/día, con una relación fermentable/no fermentable de 3/1 (tabla IV). Quedan por definir las recomendaciones para edades inferiores a un año¹⁶.

El consumo actual de fibra en Europa se encuentra alrededor de 20 g por persona y día. En concreto, en España estamos en una ingesta media de 22 g/día (sin cuantificar los 6 g de almidón resistente), aunque el consumo varía de forma importante entre comunidades autónomas (tabla V). En los países en vías de desarrollo, el consumo de fibra se sitúa alrededor de 60 g/día.

La Sociedad Española de Nutrición Comunitaria¹⁷ ha planteado como objetivos nutricionales para la fi-

Tabla IV
Recomendaciones de ingesta de fibra

		Al g/día	
		V	M
0-1 a	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media	ND	ND
1-3 a	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media	19	19
4-8 a	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media	25	25
9-13 a	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media	31	26
14-18 a	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media	38	36
19-30 a	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media	38	25
31-50 a	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media	38	25
51-70 a	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media	30	21
> 70 a	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media	30	21
Gestación	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media		28
Lactancia	14 g/1.000 kcal x ingesta calórica media		29

DRI 2002-2005.

AI: Ingesta adecuada.

DRI: Ingesta Dietética Recomendada.

bra 22 g/día como objetivo intermedio para el año 2005 y 25 g/día como objetivo final para 2010.

Para conseguir una dieta equilibrada con una proporción adecuada de fibra, hemos de tener en cuenta que no sólo los cereales son ricos en ella. La fibra de las frutas tiene una composición más equilibrada que la de los cereales y mayor proporción de fibra fermentable. Además, los cereales contienen ácido fítico en cantidad variable y éste puede afectar la biodisponibilidad de ciertos minerales. El contenido calórico de las frutas también es inferior al de los cereales.

No obstante, el consumo habitual de una dieta con excesivo aporte de fibra no está exento de complicaciones (flatulencia, distensión gástrica, etc.).

El método más acreditado para la determinación del contenido de fibra de los alimentos es el de la Association of Official Analytical Chemist (AOAC). Hay que reseñar que dicho método no cuantifica como fibra los oligosacáridos no digeribles, tal vez por su relativo bajo peso molecular y gran solubilidad en agua y alcohol¹⁸.

Tabla V
Consumo de hidratos de carbono en España¹⁷

	CH totales	azúcares	fibra
Hojas de balance alimentario FAO 1998	364/352	-	-
Encuesta de presupuestos familiares INE 1991	294	-	21
Cesta de la compra MAPA 1997	262	-	18
Encuesta País Vasco 1990 (25-60 años)	261	60	22
Murcia 1990 (18-79 años)	250	-	20
Cataluña 1992 (6-75 años)	211	92	17
Madrid 1992-93 (25-60 años)	254	57	21
C. Valenciana 1994 (> 14 años)	288	131	25
Canarias 1997-98 (6-75 años)	234	-	16
Andalucía 1997 (25-60 años)	239	-	18

Propiedades de las fibras

Las propiedades de las fibras van a depender directamente del su grado de fermentación (fig. 3).

En este capítulo nos centraremos en dos propiedades únicamente, dado que existe un capítulo de implicaciones clínicas de la fibra en esta misma monografía.

Tracto gastrointestinal

Los efectos de la fibra dietética sobre el tracto digestivo son diferentes según sus características físicas, su capacidad de fermentación y el sitio considerado^{19,21}. Las fibras muy fermentables, solubles y viscosas (guar y pectinas etc), estimulan la salivación y retrasan el vaciamiento gástrico. Las fibras poco fermentables, es decir, las insolubles y poco viscosas, no poseen este efecto gástrico e incluso pueden tener efectos opuestos. Independientemente de sus efectos sobre el vaciamiento gástrico, la fibra ralentiza la velocidad de absorción de nutrientes en el intestino delgado; especialmente la fibra fermentable, que al aumentar la viscosidad del bolo alimenticio disminuye la interacción de los nutrientes con las enzimas digestivas y retrasa la difusión a través de la capa acuosa.

En el colon es donde la fibra ejerce sus máximos efectos: además de diluir el contenido intestinal, sirve de sustrato para la flora bacteriana, capta agua y fija cationes.

Debido a su capacidad para retener agua, la fibra, en especial la insoluble o poco fermentable, produce un aumento del bolo fecal, con heces más blandas que disminuyen la presión intraluminal del colon. Al mismo tiempo, el hinchamiento del bolo fecal aumenta el peristaltismo, reduciendo el tiempo de tránsito intestinal; es, por tanto, fundamental en la prevención y el tratamiento del estreñimiento. Los efectos de la fibra

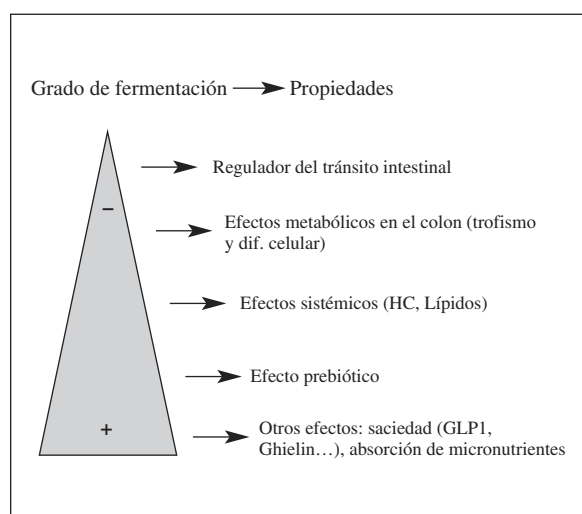


Fig. 3.—Propiedades de la fibra según su grado de fermentación.

sobre el aumento del bolo fecal y la regulación del ritmo y del tránsito intestinal se deben, además, a otros mecanismos, como la estimulación de la flora bacteriana y el aumento de la producción de gas.

No cabe duda de que una dieta baja en fibra contribuye de manera decisiva, junto con otros factores como ciertas enfermedades neurológicas (Parkinson, Esclerosis Múltiple,...) en la etiopatogenia del estreñimiento por enlentecimiento del tránsito en el colon²². El estreñimiento, por ésta u otra causa, constituye un problema con una alta prevalencia en la población y además tiene un efecto deletéreo muy importante en la calidad de vida de las personas que lo padecen²³.

Efecto prebiótico de la fibra

El término prebiótico fue introducido por Gibson y Roberfroid²⁴, que definieron como prebiótico aquel componente no digerible de los alimentos que resulta beneficioso para el huésped porque produce una estimulación selectiva del crecimiento y/o actividad de una o varias bacterias en el colon.

En este sentido, los criterios para definir un prebiótico serán: resistencia a la digestión en el intestino delgado, hidrólisis y fermentación por la flora del colon, y estimulación selectiva del crecimiento de bacterias en el mismo.

El efecto prebiótico de un carbohidrato se valora en función de su capacidad de estimular la proliferación de bacterias “saludables” o deseables (bifidobacterias, lactobacilos) en detrimento de las no deseables (bacteroides, clostridia, E. coli)²⁵.

Las *bifidobacterias* constituyen el 25% de la población bacteriana intestinal del adulto. Este grupo de bacterias ha mostrado efectos beneficiosos, tales como la síntesis de vitamina B, la inhibición del crecimiento de gérmenes patógenos, disminución del pH intestinal, disminución del colesterol, protección de infecciones intestinales, estimulación de la función intestinal y mejora de la respuesta inmune²⁶.

Los *lactobacilos* también presentan efectos saludables, como inhibición de patógenos, disminución del pH intestinal y prevención del sobrecrecimiento bacteriano por *cándidas*, *pseudomonas*, *estafilococos* y *E. coli* durante el tratamiento con antibióticos²⁷.

No todas las fibras o carbohidratos no digeribles tienen actividad prebiótica. De hecho, parece que las bacterias prefieren metabolizar los carbohidratos de tamaño pequeño (oligosacáridos) más que los de tamaño superior (polisacáridos). En la actualidad existen tres carbohidratos permitidos en Europa con probada eficacia prebiótica: la inulina, los fructooligosacáridos (FOS) y los galactooligosacáridos (GOS)²⁸⁻³⁰.

Los FOS y la inulina son los oligosacáridos con mayor evidencia de efecto prebiótico por su efecto estimulador sobre las bifidobacterias y, en menor grado, sobre los lactobacilos³¹⁻³².

La investigación sobre las propiedades y patrones de fermentación de los distintos prebióticos y de sus combinaciones con otras fibras es un tema de gran actualidad, aunque su relevancia clínica está todavía por establecer. En el futuro se debería establecer una relación clara entre la ingesta adecuada de fibras con efectos prebióticos u otras características, como la producción de AGCC, y la prevención y tratamiento de ciertas enfermedades³³.

En resumen, la fibra no sólo es fundamental en la regulación del ritmo y el tránsito intestinal, sino que también y gracias a su fermentación en el colon y a la consiguiente producción de AGCC, genera energía y tiene efectos metabólicos sistémicos y en el colon. Además, algunas fibras, sobre todo los FOS, GOS y la inulina, participan en el mantenimiento y crecimiento de la población bacteriana gracias a su efecto prebiótico^{34,35}.

Conclusiones

La fibra es un nutriente básico, fundamental para regular el tránsito, el ritmo intestinal y mantener el ecosistema de la flora bacteriana. Por este motivo es recomendable hacer una dieta equilibrada con un consumo adecuado de alimentos ricos en fibras.

En la actualidad, tal vez sería más conveniente empezar a hablar de *fibras* en lugar de utilizar el término *fibra* en singular, ya que existen muchos tipos de fibras, con grandes diferencias en cuanto a composición, metabolismo y propiedades. Parecería incluso más adecuado que cuando nos refiramos a la *fibra*, habláramos del *complejo F*, al igual que, cuando hablamos, por ejemplo, de la vitamina B, hablamos de *complejo B*; este procedimiento terminológico permitiría englobar la diversidad y cantidad de fibras que hoy en día se están estudiando.

Referencias

- Burkitt D, Walter ARP, Painter NS. Effect of dietary fibre on stools and transit time and its role in the causation of disease. *Lancet* 1972; 2:1408-1411.
- Englyst HN, Quigley ME, Hudson GJ. Definition and measurement of dietary fibre. *Eur J Clin Nutr* 1995; 49(3):S48-S62.
- Roberfroid M. Dietary fibre, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1993; 33(2):103-148.
- Fernández-Bañares F, Gassull MA. Metabolismo colónico de la fibra: efectos fisiológicos y posibles indicaciones terapéuticas de los ácidos grasos de cadena corta. *Gastroenterol Hepatol* 1992; 15(9):536-542.
- Guarner F, Malagelada JR. Gut flora in health and disease. *Lancet* 2003; 361:512-519.
- Saura F. La fibra dietética en nutrición y salud. *Alim Nutri Salud* 1997; 4(1):17-21.
- Guarner F. El colon como órgano: hábitat de la flora bacteriana. *Alim Nutri Salud* 2000; 7(4):99-106.
- García-Peris P, Bretón Lesmes I, De la Cuerda Compes C y cols. Metabolismo colónico de la fibra. *Nutr Hosp* 2002; XVII (Supl. 2):S11-S16.
- Cummings JH. Dietary fibre. *Br Med Bull* 1981; 37:65-70.
- Englyst HN, Kingman SM, Hudson GJ, y cols. Measurement of resistant starch *in vitro* and *in vivo*. *Br J Nutr* 1996; 75:749-755.
- Gibson GR, Beatty ER, Wang X y cols. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology* 1995; 108:975-982.
- Roberfroid M, Gibson G. Nutritional health benefits of inulin and oligofructose. *Br J Nutr* 2002; 87:(Supl. 2): S1-S311.
- Holma R, Juvonen R, Asmawi MZ y cols. Galacto-oligosaccharides stimulate the growth of bifidobacteria but to attenuate inflammation in experimental colitis in rats. *Scand J Gastroenterol* 2002; 37(9):1042-1047.
- Smiricky-Tjardes MR, Grieshop CM, Flickinger EA y cols. Dietary galactooligosaccharides affect ileal and total-tract nutrient digestibility, ileal and fecal bacterial concentrations, and ileal fermentative characteristics of growing pigs. *J Anim Sci* 2003; 81(10):2535-2545.
- Rombeau J. Investigations of short-chain fatty acids in humans. *Clin Nutr* 2004; 1(Supl. 2): S19-S23.
- DIETARY REFERENCE INTAKES for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. Food and Nutrition Board. INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMIES THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. Washington 2005.
- Serra Majem L, Aranceta J. Objetivos nutricionales para la población española. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC). En: Guías alimentarias para la población española. Madrid: IMC. 2001.
- Lee SC, Rodríguez F, Storey M y cols. Determination of soluble and insoluble dietary fiber in psyllium-containing cereal products. *J AOAC Int* 1995; 78(3):724-729.
- Cummings JH. The effect of dietary fibre on fecal weight and composition. En: Spiller GA editor. CRC handbook of dietary fibre in human nutrition. Tampa, Florida: CRC Press LLC: 2001; 183-252.
- Duggan C, Gannon J, Walter WA. Protective nutrients and functional foods for the gastrointestinal tract. *Am J Clin Nutr* 2002; 75(5):789-808.
- Cummings J, Edmond L, Magee E. Dietary carbohydrates and health: do we still need the fibre concept? *Clin Nutr* 2004; 1(S2):S5-S17.
- Johanson JF, Kralstein J. Chronic constipation: a survey of the patient perspective. *Aliment Pharmacol* 2007; 25:599-608.
- Norton C. Constipation in older patients: effects on quality of life. *Br J Nur* 2006; 15(4):188-192.
- Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of human colonic microbiote. Introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 1995; 125:1401-1412.
- Salmirens S, Bouley C, Boutron-Ruault MC y cols. Functional food science and gastrointestinal physiology and function. *Br J Nutr* 1998; 80(Supl. 1):S147-S171.
- Guarner F. Enteric flora in health and disease. *Digestion* 2006; 73(Supl. 1): S5-S12.
- Guarner F. El colon como órgano: hábitat de la flora bacteriana. *Nutr Hosp* 2002; XVII(Supl. 2): S7-S10.
- Gibson G. Fibre and effects on probiotics(the prebiotic concept). *Clin Nutr* 2004; (Supl. 1) S:25-S31.
- Cumming JH, MacFarlane GT, Englyst HN. Prebiotic digestion and fermentation. *Am J Clin Nutr* 2001; 73(Supl. 41):S415-S420.
- Marteau P. Prebiotic and probiotic for gastrointestinal health. *Clin Nutr* 2001; 20(Supl. 1):S99-S106.
- Wang X, Gibson GR. Effects of the *in vitro* fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. *J Appl Bacteriol* 1993; 75:373-380.
- Saavedra JM, Tschernia A. Human studies with probiotics and prebiotics: clinical implications. *Br J Nutr* 2002; 87(Supl. 2): S241-S246.
- Langlands SJ, Hopkins MJ, Coleman N y cols. Prebiotic carbohydrates modify the mucosa associated microflora of human large bowel. *Gut* 2004; 53:1610-1615.
- Bengmark S. Ecoimmunonutrition: a challenge for the third millennium. *Nutrition* 1998; 14:563-572.
- Meier R, Gassull MA. Effects and benefits of fibre in clinical practice. Proceedings of a Consensus Conference. *Clin Nutr* 2004; 1(Supl. 2):S1-S80.