

Artículo

La fibra dietética

E. Escudero Álvarez y P. González Sánchez

Unidad de Dietética y Nutrición. Hospital La Fuenfría. Madrid.

Resumen

Actualmente y después de treinta años de investigación, la fibra dietética forma parte de lo que se considera una dieta saludable. No existe todavía una definición única que englobe los distintos componentes de la fibra dietética y sus funciones. Los factores mayoritarios de la fibra son los hidratos de carbono complejos y la lignina, aunque nuevos productos pueden ser, en el futuro, incluidos en el concepto de fibra. Las fibras dietéticas alcanzan el intestino grueso y son atacadas por la microflora colónica, dando como productos de fermentación ácidos grasos de cadena corta, hidrógeno, dióxido de carbono y metano. Los ácidos grasos de cadena corta representan no solo una forma de recuperar energía, sino que van a estar implicados en otras funciones beneficiosas para el organismo humano. Aunque no existen todavía datos concluyentes sobre la recomendación de los distintos tipos de fibra, sigue siendo adecuado indicar una dieta que aporte de 20-35 g/día de fibra de diferentes fuentes. Existe consenso en recomendar mezcla de fibras o fibra tipo polisacárido de soja en el estreñimiento. Hay pocos datos concluyentes, todavía, acerca del beneficio de la fibra en la prevención del cáncer colorrectal y la enfermedad cardiovascular. Pero una ingesta rica en fibra es recomendable desde los primeros años de la vida, ya que a menudo va acompañada de un estilo de vida que a largo plazo ayuda a controlar otros factores de riesgo.

(*Nutr Hosp* 2006, 21:61-72)

Palabras clave: *Fibra dietética. Flora colónica. Fermentación. Ácidos grasos de cadena corta.*

Introducción

El interés por la fibra en nutrición humana aparece con fuerza a partir de los trabajos de Burkitt y cols., que se interesan por la relación que parece existir entre el consumo inadecuado de fibra y el aumento progresivo de enfermedades degenerativas en las sociedades desarrolladas¹.

Correspondencia: Elena Escudero.
Unidad de Dietética y Nutrición.
Hospital La Fuenfría.
Ctra. Las Dehesas, s/n.
28470 Cercedilla (Madrid).
E-mail: eescudero.hfff@salud.madrid.org

DIETARY FIBRE

Abstract

Currently and after 30 years of research, dietary fibre is part of what is considered a healthy diet. There is no single definition yet comprising the different components of dietary fibre and its functions. The main factors of fibre are complex carbohydrates and lignin, although new products may be included in the future within the concept of fibre.

Dietary fibres reach the large bowel and are attacked by colonic microflora, yielding short chain fatty acids, hydrogen, carbon dioxide, and methane as fermentation products.

Short chain fatty acids represent a way of recovering energy and they are also implicated in other beneficial functions for the human organism.

Although there are no yet conclusive data on recommendations of different types of fibre, it is still appropriate to indicate a diet providing 20-35 g/day of fibre from different sources.

There is a consensus to recommend a mixture of fibres or fibre like soybean polysaccharide for constipation. There are few conclusive data, still, on the benefit of fibre on prevention of colorectal cancer and cardiovascular disease. However, a fibre-rich diet is recommended from early years of life since it is often associated to a lifestyle that in the long term helps controlling other risk factors.

(*Nutr Hosp* 2006, 21:61-72)

Key words: *Dietary fibre. Colonic Flora. Fermentation. Short chain fatty acids.*

La fermentación de la fibra, por parte de las bacterias colónicas, va a tener efectos beneficiosos tanto directos como indirectos para la salud.

Se sabe que la flora intestinal coloniza el tracto del niño desde los primeros días de su nacimiento, como consecuencia del contacto con el ambiente. Va a ir cambiando a lo largo del tiempo por diversos factores externos como la dieta, medicación, clima, estrés etc., aunque se mantiene en relativo equilibrio en el individuo sano hasta edades avanzadas.

Existe una clara relación entre la actividad biológica de las bacterias, los metabolitos producidos en la fermentación de la fibra y la fisiología del ser humano.

Debido a los beneficios que pudieran derivarse de la manipulación de la flora intestinal a través de la ingestión de algunos tipos de fibra, se abren unas espléndidas perspectivas en investigación, que probablemente se traduzcan en nuevas y más concretas recomendaciones en los próximos años.

Definición de fibra

La fibra dietética se reconoce hoy, como un elemento importante para la nutrición sana. No es una entidad homogénea y probablemente con los conocimientos actuales tal vez sería más adecuado hablar de fibras en plural. No existe una definición universal ni tampoco un método analítico que mida todos los componentes alimentarios que ejercen los efectos fisiológicos de la fibra. Según Rojas Hidalgo, “la fibra no es una sustancia, sino un concepto, más aun, una serie de conceptos diferentes en la mente del botánico, químico, fisiólogo, nutriólogo o gastroenterólogo”.

Tras la definición de Trowel³ se han considerado fibras dietéticas a los polisacáridos vegetales y la lignina, que son resistentes a la hidrólisis por los enzimas digestivos del ser humano.

A medida que han ido aumentando los conocimientos sobre la fibra tanto a nivel estructural como en sus efectos fisiológicos, se han dado otras definiciones que amplían el concepto de fibra.

La American Association of Cereal Chemist (2001) define: “la fibra dietética es la parte comestible de las

plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúa los niveles de colesterol en sangre y/o atenúa la glucosa en sangre”.

Una definición más reciente⁴, añade a la definición previa de fibra dietética el concepto nuevo de fibra funcional o añadida que incluye otros hidratos de carbono absorbibles como el almidón resistente, la inulina, diversos oligosacáridos y disacáridos como la lactulosa. Hablaríamos entonces de fibra total como la suma de fibra dietética más fibra funcional.

Desde un punto de vista clínico, probablemente son los efectos fisiológicos o biológicos de la fibra y por tanto su aplicación preventiva o terapéutica los que van a tener mayor importancia.

Resumiríamos diciendo que son sustancias de origen vegetal, hidratos de carbono o derivados de los mismos excepto la lignina que resisten la hidrólisis por los enzimas digestivos humanos y llegan intactos al colon donde algunos pueden ser hidrolizados y fermentados por la flora colónica.

Componentes de la fibra

Con las nuevas definiciones, el número de sustancias que se incluyen en el concepto de fibra ha aumentado y

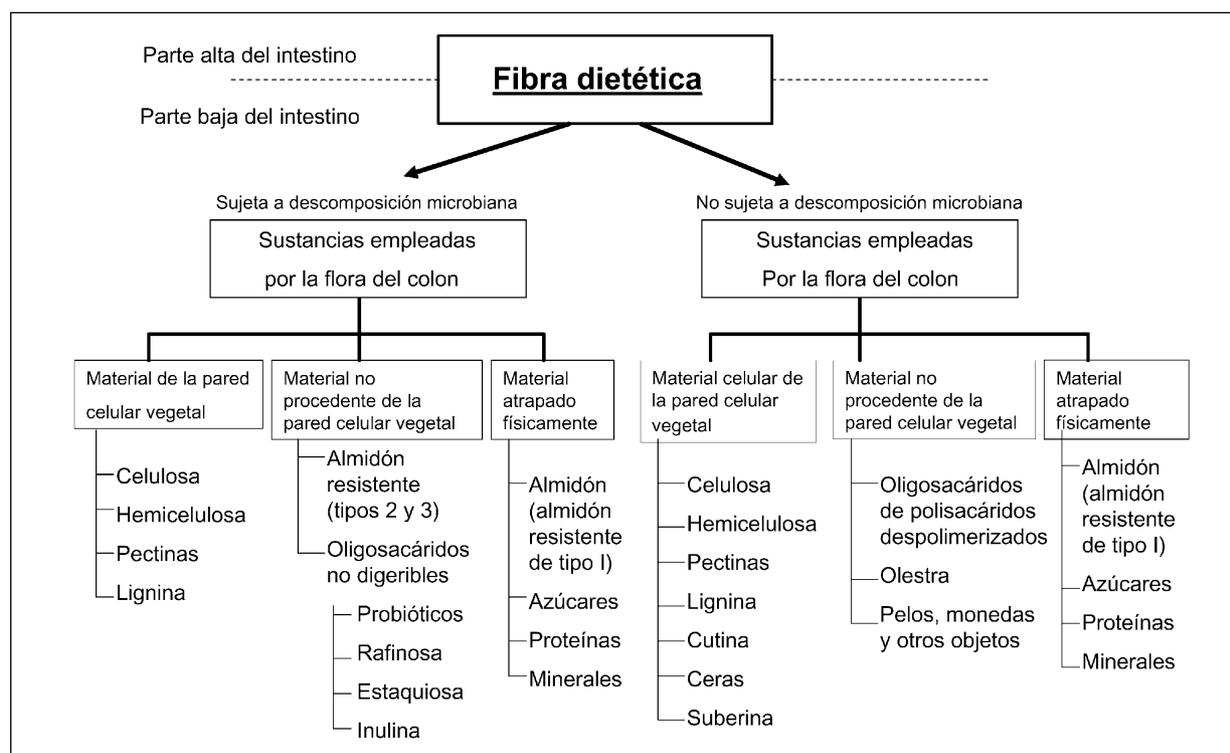


Fig. 1.—Clasificación de la fibra dietética. Ha MA (5).

es probable que la investigación que se está llevando a cabo en este campo permita que nuevos productos puedan ser incluidos en el concepto de fibra dietética.

La clasificación propuesta por Ha MA⁵ recoge de forma global los conocimientos actuales que permiten una ordenación conceptual (fig. 1).

Los principales componentes serían:

Polisacáridos no almidón

Los polisacáridos son todos los polímeros de carbohidratos que contienen al menos veinte residuos de monosacáridos. El almidón digerido y absorbido en el intestino delgado es un polisacárido, por ello se utiliza el término polisacáridos no almidón para aquellos que llegan al colon y poseen los efectos fisiológicos de la fibra. Podríamos clasificarlos en celulosa, β -glucanos, hemicelulosas, pectinas y análogos, gomas y mucílagos (tabla I).

Oligosacáridos resistentes

Hidratos de carbono con un nivel de polimerización menor, tienen de tres a diez moléculas de monosacáridos. Se dividen en fructooligosacáridos (FOS) e inulina, galactooligosacáridos (GOS), xilooligosacáridos (XOS), isomaltooligosacáridos (IMOS) (tabla II).

Ligninas

No es un polisacárido sino polímeros que resultan de la unión de varios alcoholes fenilpropiólicos; contribuyen a dar rigidez a la pared celular haciéndola resistente a impactos y flexiones. La lignificación de los tejidos también permite mayor resistencia al ataque de los microorganismos.

La lignina no se digiere ni se absorbe ni tampoco es atacada por la microflora bacteriana del colon.

Una de sus propiedades más interesantes es su capacidad de unirse a los ácidos biliares y al colesterol retrasando o disminuyendo su absorción en el intestino delgado.

Tabla II
Oligosacáridos resistentes

- *Fructooligosacáridos (FOS):*
 - Levanos. Fuente: producido por bacterias.
 - Inulina (contiene más de 10 monómeros)
Fuente: Achicón, cebolla, ajo, alcachofa.
- *Galactooligosacáridos (GOS):*
 - Fuente: leche de vaca, legumbres.
- *Xilooligosacáridos (XOS):*
 - Fuente: frutas, verduras, miel y leche.
- *Isomaltosoligosacáridos (IMOS):*
 - Fuente: salsa de soja, sake, miel.

La lignina es un componente alimentario menor. Muchas verduras, hortalizas y frutas contienen un 0,3% de lignina, en especial en estado de maduración. El salvado de cereales puede llegar a un 3% de contenido en lignina.

Sustancias asociadas a polisacáridos no almidón

Poliésteres de ácidos grasos e hidroxiácidos de cadena larga y fenoles.

Los más importantes son la suberina y la cutina.

Se encuentran en la parte externa de los vegetales, junto con las ceras, como cubierta hidrófoba⁶.

Almidones resistentes

Son la suma del almidón y de sus productos de degradación que no son absorbidos en el intestino delgado de los individuos sanos⁷.

Se dividen en cuatro tipos:

- *Tipo 1 o AR1 (atrapado):* se encuentran en los granos de cereales y en las legumbres.
- *Tipo 2 o AR2 (cristalizado):* no puede ser atacado enzimáticamente si antes no se gelatiniza. Sus fuentes son las patatas crudas, plátano verde y la harina de maíz.

Tabla I
Polisacáridos no almidón

- *Celulosa:* Compuesto más abundante de las paredes vegetales.
Fuentes: verduras, frutas, frutos secos y cereales (salvado).
- *β -Glucanos:* Fuente: vegetales
- *Hemicelulosa:* Se encuentran asociados a la celulosa como constituyente de las paredes.
Fuente: Vegetales y salvado
- *Peptina y análogos:* Se encuentran en la laminilla media de la pared de las células vegetales
Fuente: Cítricos y la manzana.
- *Gomas:* Proviene de la transformación de polisacáridos de la pared celular (traumatismo).
Fuente: Arábigo, karaya, tragacanto, gelana.
Algarrobo y guar (conceptualmente no son gomas auténticas).
- *Mucílagos:* Constituyentes celulares normales y con capacidad de retención hídrica.
Fuente: Semillas del plátano, flores de malva, semillas de lino y algas.

- *Tipo 3 o AR3* (retrogradado): almidón que cambia su conformación ante fenómenos como el calor o el frío. Al calentar el almidón en presencia de agua se produce una distorsión de las cadenas polisacáridos adquiriendo una conformación al azar, este proceso se denomina gelatinización. Al enfriarse comienza un proceso de recrystalización, llamado retrogradación. Este fenómeno es responsable por ejemplo del endurecimiento del pan. Sus fuentes son pan, copos de cereales, patatas cocidas y enfriadas y alimentos precocinados.
- *Tipo 4 o AR4* (modificado): almidón modificado químicamente de forma industrial. Se encuentra en los alimentos procesados como pasteles, aliños industriales y alimentos infantiles. Estudios recientes señalan que la cantidad de almidón que alcanza el intestino grueso puede ser de 4 a 5 g/día, aunque en países donde la ingesta de hidratos de carbono es mayor, esta cantidad puede ser más elevada. Este almidón se comporta en el colon como un sustrato importante para la fermentación bacteriana colónica.

- Curdlan, Escleroglucano y análogos.
- Oligosacáridos sintéticos.

Fibras de origen animal

Sustancias análogos a los hidratos de carbono que se encuentran principalmente en alimentos de origen animal. Serían:

- Quitina y Quitosán: forman parte del esqueleto de los crustáceos y de la membrana celular de ciertos hongos.
- Colágeno.
- Condroitina.

Algunas sustancias que pueden ser incluidas como fibra dietética pero que todavía resultan controvertidas serían:

- polioles no absorbibles (manitol, sorbitol);
- algunos disacáridos y análogos no absorbibles;
- algunas sustancias vegetales (taninos, ácido fítico, saponinas).

Hidratos de carbono sintéticos

Son hidratos de carbono sintetizados artificialmente pero que tienen características de fibra dietética. Serían:

- Polidextrosa.
- Metilcelulosa, Carboximetilcelulosa, Hidroximetilpropilcelulosa y otros derivados de la celulosa.

Propiedades de la fibra dietética

Aunque se considera que deben desaparecer de la nomenclatura sobre fibra términos como soluble/insoluble, fermentable/no fermentable y viscosa/no viscosa, estas propiedades son la base de sus beneficios fisiológicos.

Fibra	Lignina		Insoluble en agua ("fibra insoluble")
	Polisacáridos no almidónicos	Celulosa	
		Hemicelulosa (tipo B)	
	Hemicelulosa (tipo A) Pectinas Gomas Mucílagos Otros Polisacáridos	Soluble en agua ("fibra soluble")	
Sustancias análogas a la fibra	Inulina Fructooligosacáridos		En su mayoría soluble en agua
	Almidón resistente		
	Azúcares no digestibles		

Fig. 2.—Clasificación de la fibra según grado de hidrosolubilidad.

FIBRA

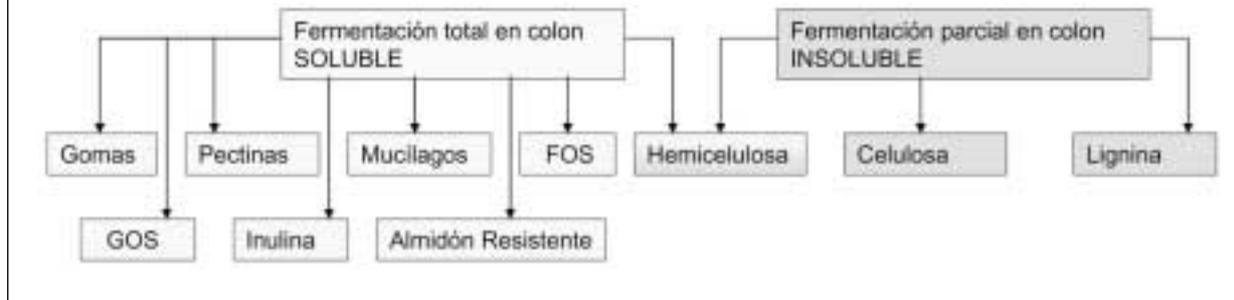


Fig. 3.—Clasificación de la fibra según grado de fermentabilidad. Tomada de García Peris. *Apuntes sobre fibra*.

cos por lo que desde un punto de vista práctico sería una clasificación apropiada, tal como lo plantea García Peris y cols., derivándose conceptos ampliamente aceptados como: fibra fermentable, soluble y viscosa y fibras escasamente fermentables, insolubles y no viscosas⁸.

Estas propiedades dependen de la composición de la fibra concreta que estemos administrando, no de la fibra en general.

El grado de solubilidad en agua es muy variable para las distintas fibras (fig. 2).

Las fibras solubles en contacto con el agua forman un retículo donde queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad. Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte su potencial anticarcinogénico.

Las fibras insolubles o poco solubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal. Es la base para utilizar la fibra insoluble en el tratamiento y prevención de la constipación crónica. Por otra parte también contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon⁹.

Parece que también el tamaño de la partícula de la fibra puede influir en su capacidad de captar agua; serán factores influyentes el procesado del alimento, como por ejemplo la molienda de cereales, y la masticación.

Asimismo es interesante resaltar que la retención hídrica se ve también afectada por los procesos de fermentación que puede sufrir la fibra dietética en el intestino grueso¹⁰.

Es probablemente la fermentabilidad, la propiedad más importante de un gran número de fibras, ya que de ella derivan multitud de efectos tanto locales como sistémicos.

La fermentabilidad está bastante relacionada con la solubilidad de cada fibra (fig. 3).

La fibra dietética llega al intestino grueso de forma inalterada y aquí las bacterias del colon, con sus numerosas enzimas de gran actividad metabólica, pueden digerirla en mayor o menor medida dependiendo de su estructura. Este proceso de digestión se produce en condiciones anaerobias, por lo que se denomina fermentación¹¹. En el colon se dan fundamentalmente dos tipos de fermentación: fermentación sacarolítica y fermentación proteolítica.

Los principales productos de la fermentación de la fibra son: ácidos grasos de cadena corta (AGCC), gases (hidrógeno, anhídrido carbónico y metano) y energía.

Los polímeros de glucosa son hidrolizados a monómeros por acción de las enzimas extracelulares de las bacterias del colon. El metabolismo continúa en la bacteria hasta la obtención de piruvato, a partir de la glucosa, en la vía metabólica de Embden-Meyerhoff. Este piruvato es convertido en ácidos grasos de cadena corta (AGCC): acetato, propionato y butirato, en una proporción molar casi constante 60:25:15. En menor proporción también se producen: valerato, hexanoato, isobutirato e isovalerato. Se puede calcular por ejemplo que 64,5 moles de glúcidos fermentados producen 48 moles de acetato, 11 moles de propionato y 5 moles de butirato^{12,13} (fig. 4).

La fermentación proteolítica produce derivados nitrogenados como aminos, amonio y compuestos fenólicos algunos de los cuales son carcinogénicos.

Más del 50 por ciento de la fibra consumida es degradada en el colon, el resto es eliminado con las heces.

Todos los tipos de fibra, a excepción de la lignina, pueden ser fermentadas por las bacterias intestinales, aunque en general las solubles lo son en mayor cantidad que las insolubles. La celulosa tiene una capacidad de fermentación entre el 20 y el 80%; la hemicelulosa del 60 al 90%; la fibra guar, el almidón resistente y los fructooligosacáridos tienen una capacidad del 100%. El salvado de trigo sólo el 50%.

Fermentación bacteriana

Polisacáridos colónicos

Glucosa

Piruvato

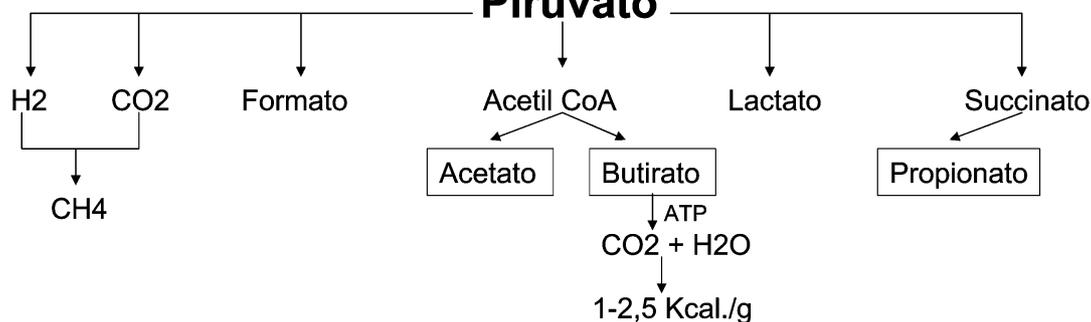


Fig. 4.—Fermentación bacteriana. García Peris¹³.

Por otra parte, la propia fibra, los gases y los AGCC generados durante su fermentación, son capaces de estimular el crecimiento del número de microorganismos del colon. Se estima que la ingesta regular de 20 gramos/día de goma guar (muy fermentable) incrementaría en un 20% el peso de las heces, con la ventaja del efecto masa y anticarcinogénico que esto supone.

La ingestión de fructooligosacáridos (fibra funcional) puede multiplicar por diez la representación numérica de las bifidobacterias¹⁴, en lo que se ha denominado *efecto prebiótico*: “componentes no digeribles de la dieta que resultan beneficiosos para el huésped porque producen el crecimiento selectivo y/o la actividad y/o de una o un número limitado de bacterias del colon”^{15,16}.

Ciertos géneros bacterianos como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* se han asociado con efectos beneficiosos para la salud¹⁷. Las bifidobacterias liberan grandes cantidades de ácido láctico que disminuye el pH colónico, controla el crecimiento de bacterias perjudiciales y ayuda al huésped a eliminar el amonio tóxico. También produce vitaminas, principalmente del grupo B.

Otras bacterias como *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Fusobacterium*, *Bacterioides* y *Clostridium* son potencialmente patógenos por ser proteolíticos y producir toxinas¹⁸.

Algunas fibras serían selectivamente metabolizadas por unas bacterias y no por otras, con lo que ejercerían un efecto trófico sobre las primeras.

En voluntarios sanos, la suplementación con 15 g/día de inulina o fructooligosacáridos (FOS) de una dieta controlada durante dos semanas, produjo un incremento significativo de bifidobacterias en heces, mientras disminuyó la producción de *Bacterioides*, *Clostridium* y *Fusobacterias*¹⁹.

Como ya se comentó, los ácidos grasos de cadena corta son los productos principales de la fermentación bacteriana

de carbohidratos y proteínas. Cuando llegan suficientes carbohidratos al colon, la fermentación proteica y de aminoácidos se reduce y la mayor parte de la proteína es utilizada por la biomasa bacteriana, reduciéndose así los productos de fermentación proteica (amonio, compuestos fenólicos, etc.), algunos de los cuales son tóxicos para el individuo.

Los ácidos grasos de cadena corta se absorben rápidamente en más del 90% por el colonocito (en su forma protonada) por lo que también se acompaña de una importante absorción de sodio y agua²⁰, lo que disminuye la diarrea que se asocia a la mala absorción de carbohidratos.

El orden de utilización de los AGCC por el colonocito es butirato > acetato > propionato²¹.

El butirato es rápidamente utilizado por los colonocitos, metabolizándose hasta CO₂, cuerpos cetónicos y agua. Es su principal fuente de energía, estimula la producción de moco, la absorción de iones y la formación de bicarbonato. Asimismo el butirato ejerce acciones antiinflamatorias específicas en el colon, disminuyendo la producción de algunas citoquinas proinflamatorias (TNF), modulando la actividad del factor de transcripción NF- κ B en células colónicas *in vitro*²².

Por otra parte se sabe que el butirato puede actuar como regulador de la expresión de genes involucrados en la proliferación y diferenciación del colonocito²³, siendo distinta esta estimulación según sean células normales o neoplásicas. El butirato inhibe específicamente la proliferación del compartimento superficial de las criptas colónicas, que es considerado un fenómeno paraneoplásico²⁴. Por tanto, el butirato podría ejercer un papel importante en los mecanismos de defensa en contra de la carcinogénesis en el intestino grueso.

El propionato no metabolizado por la mucosa colónica, junto con el acetato, llegan al hígado a través del sistema porta.

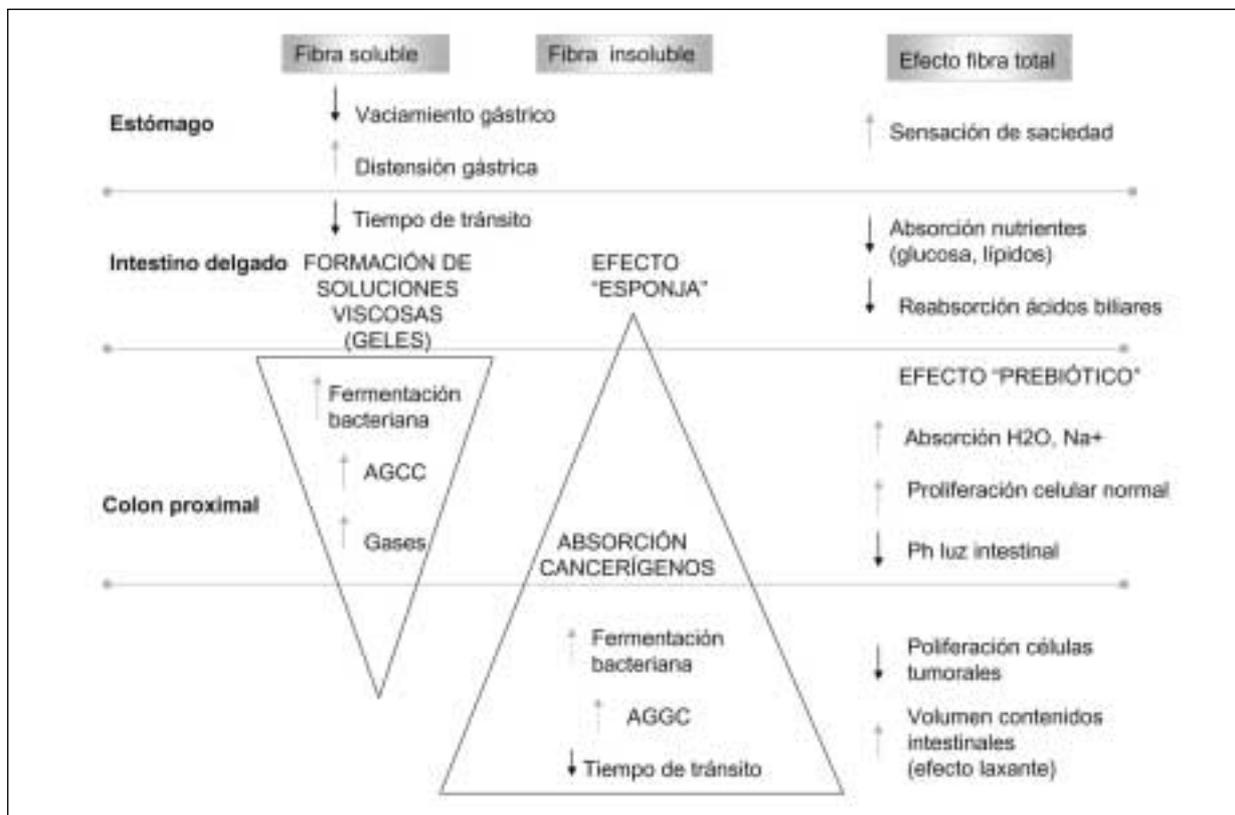


Fig. 5.—Efectos fisiológicos de la fibra. AGCC: ácidos grasos de cadena corta. Zarzuelo A¹¹.

El propionato es metabolizado en el hígado actuando de precursor en la gluconeogénesis y la lipogénesis.

El acetato es metabolizado dando glutamina y cuerpos cetónicos (acetoacetato y α -hidroxibutirato), que alcanzan el intestino delgado. La glutamina es el principal fuel respiratorio del intestino delgado²⁵.

Una parte del acetato puede ser metabolizado en los tejidos periféricos, esencialmente en el músculo, para obtener energía.

Por todo lo anteriormente señalado, la fibra también es considerada un sustrato energético, aceptándose por la FAO un valor promedio de 2 kcal/g.

Efectos fisiológicos de la fibra

La fibra va a jugar un papel en todas las funciones del sistema digestivo desde la masticación hasta la evacuación de las heces.

Las dietas con un contenido en fibra elevado requieren más tiempo de masticación por lo que enlentecen la velocidad de deglución y esto implica una mayor salivación que va a repercutir en la mejora de la higiene bucal.

A nivel del estómago las fibras solubles, como consecuencia de su viscosidad, enlentecen el vaciamiento gástrico y aumentan su distensión prolongando la sensación de saciedad.

En el intestino delgado la fibra soluble, nuevamente por la formación de soluciones viscosas, enlentece el tiempo

de tránsito. También aumenta el espesor de la capa de agua que han de traspasar los solutos para alcanzar la membrana del enterocito, lo que provoca una disminución en la absorción de glucosa, lípidos y aminoácidos²⁶. Asimismo, se producirá una disminución en la absorción de los ácidos biliares ya que estos se unen a los residuos fenólicos y urónicos en la matriz de los polisacáridos. Esto puede alterar la formación de micelas y la absorción de las grasas. Como consecuencia de la depleción de ácidos biliares pueden disminuir los niveles de colesterol, al utilizarse éste en la síntesis de novo de nuevos ácidos biliares²⁷.

La absorción de determinados minerales como el calcio, hierro, cobre y zinc pueden disminuir si se ingieren dietas muy ricas en fibra.

Algunos minerales pueden formar compuestos insolubles con elementos constitutivos de la fibra, como los fitatos de los cereales, los tanatos presentes en las espinacas, habas, lentejas y plátanos o los oxalatos de la coliflor y las espinacas. Pero los minerales pueden ser liberados por el metabolismo bacteriano de estos compuestos en el colon. Aunque la absorción de los minerales es más lenta en el colon que en el intestino delgado, se pueden llegar a absorber cantidades importantes.

La absorción del calcio ha sido ampliamente estudiada viéndose que el calcio atrapado y transportado hasta el colon se libera al hidrolizarse la fibra por efecto de las bacterias colónicas. Los ácidos grasos de cadena corta producidos facilitan la absorción de este calcio a través de las paredes del colon e incluso de las del recto²⁸.

Se han realizado estudios tanto en chicos adolescentes como en chicas próximas a la menarquia y se ha visto que al enriquecer su dieta con fructooligosacáridos en un caso y con inulina y fructooligosacáridos en el otro se incrementaba la absorción de calcio^{29,30}.

También se han realizado estudios en mujeres menopáusicas enriqueciendo la dieta con lactulosa y con galactooligosacáridos, observándose un aumento en la absorción de calcio sin dar lugar simultáneamente a un incremento en la excreción urinaria. Esto sugiere que estos compuestos pueden incrementar la captación de calcio por el hueso o bien pueden haber inhibido la resorción ósea^{31,32}.

Los resultados de estos estudios son prometedores en cuanto a la biodisponibilidad del calcio observada tras la suplementación con prebióticos, sobre todo en etapas de mayor requerimiento como la adolescencia y la posmenopáusea.

Son necesarios más estudios en personas con requerimientos elevados de minerales (hierro, magnesio, calcio) para confirmar estos esperanzadores resultados. Es necesario poder comparar entre sí los distintos prebióticos y la posible asociación de probióticos-prebióticos que pudieran tener un efecto sinérgico respecto a la biodisponibilidad de los minerales y de los oligoelementos.

Los efectos fisiológicos de la fibra a nivel del colon están estrechamente relacionados con su propiedad de fermentabilidad y efecto prebiótico, como ya se comentó anteriormente resumiéndose en la figura 5.

Efectos adversos de la fibra

La fermentación de la fibra por las bacterias anaerobias en el colon, puede producir: flatulencia, distensión abdominal, meteorismo y dolor abdominal. Estos efectos son especialmente acusados con los FOS y GOS. Se recomienda que el consumo de fibra se realice de forma gradual para que el tracto gastrointestinal se vaya adaptando.

Se han descrito algunos casos de obstrucción intestinal y de formación de fitobezoares con la ingestión de dosis altas de fibra no fermentable, especialmente cuando existe un escaso aporte hídrico.

Efectos de la fibra dietética en las enfermedades gastrointestinales y sistémicas

Desde la publicación de los trabajos de Burkitt y Trowell, diversos estudios epidemiológicos, han llamado la atención sobre los beneficios que el consumo habitual de fibra tiene sobre distintas enfermedades.

Estreñimiento

El consumo de fibra mejora el estreñimiento leve y moderado, debido al incremento de la masa fecal. Esto

es así tanto con la fibra soluble como con la insoluble.

La fibra insoluble, poco fermentable, es la que aumenta en mayor grado la masa fecal debido a los restos de fibra no digeridos y a su capacidad para retener agua.

La fibra soluble, y en general fermentable, aumenta la biomasa bacteriana y la retención de agua.

El aumento del volumen fecal y el consiguiente estiramiento de la pared intestinal, estimulan los mecanoreceptores y se producen los reflejos de propulsión y evacuación.

Las sales biliares y los ácidos grasos de cadena corta también estimulan la motilidad y aceleran el tiempo de tránsito intestinal.

Los gases producidos en la fermentación aumentan la masa fecal al quedar atrapados en el contenido intestinal e impulsan la masa fecal al actuar como bomba de propulsión.

En caso de estreñimiento severo la fibra puede ser a veces contraproducente, como en pacientes con lesiones de médula espinal o tránsito especialmente lento.

Según recientes estudios la recomendación de la fibra para el estreñimiento sería un Nivel de recomendación: A³³.

Diarrea

La fibra altamente fermentable, con la producción de AGCC, implica que al ser absorbidos se arrastre también sodio y agua. Esto se ha demostrado útil en los casos de diarrea, contribuyendo así mismo al mantenimiento de la función de barrera intestinal.

En ocasiones, con la toma de antibióticos, se rompe el equilibrio entre los diferentes tipos de bacterias del intestino causando un descenso de los lactobacilos y bifidobacterias. Éstos son los que protegen de la colonización por patógenos, produciéndose infecciones por gérmenes oportunistas (fundamentalmente *Clostridium difficile*) provocando diarrea. Parece que el asociar a la dieta fibra fermentable, esencialmente FOS e inulina, juega un papel importante a la hora de controlar este tipo de diarrea³⁴.

Asimismo, tanto en este tipo de diarrea como en las provocadas por virus y esencialmente la producida por rotavirus en niños, el uso de *probióticos*, microorganismos vivos no patógenos, que tienen un impacto significativo en la composición de la microflora intestinal tanto cualitativa como cuantitativamente y que pueden inhibir el crecimiento de la flora patógena, han demostrado efectos tanto preventivos como terapéuticos^{35,36}.

Hablaríamos de un nivel de recomendación A³³, no obstante, se hacen necesarios más estudios de larga duración para poder conocer su verdadero papel.

Colitis ulcerosa

La colitis ulcerosa es una enfermedad inflamatoria del intestino que afecta a la capa mucosa del colon.

Cursa con brotes repetidos de diarrea sanguinolenta, dolor abdominal y fiebre. Es de etiología desconocida aunque probablemente multifactorial. Roediger³⁷ fue el primero en proponer que en la colitis ulcerosa existía un defecto en la oxidación de los AGCC por parte del colonocito.

Dado que es el colon distal la zona que más se afecta en la colitis ulcerosa y es allí donde el colon es más dependiente del butirato, parece razonable esta asociación. Estudios realizados *in vitro*, han demostrado que la fermentación por la flora bacteriana colónica de semillas de Plátano ovata producen un aumento de AGCC, especialmente de butirato. Este tipo de fibra es fermentado lentamente a lo largo de todo el colon, manteniendo niveles elevados de butirato incluso en el colon distal.

Fernández-Bañares³⁸ realiza un estudio sobre 102 pacientes con colitis ulcerosa en remisión, comparando la eficacia de las semillas de Plátano ovata con la de la mesalamina. El estudio demostró que la administración de 10 g de esta fibra, tenía una eficacia similar en el mantenimiento de la remisión que el tratamiento con el derivado de 5-ASA. Este efecto beneficioso se asoció con un incremento en la concentración de butirato en el colon distal.

En estudios llevados a cabo en enfermedad activa, se ha visto que cuando se asocia fibra procedente de cebada germinada a derivados del 5-ASA o corticoides, los pacientes experimentan una mejoría en los parámetros clínicos analizados y se prolonga el tiempo de remisión³⁹.

Los resultados de los estudios han sido más alentadores al emplear la fibra en la dieta que en forma de enemas, ya que los beneficios probablemente dependen de que el butirato esté más tiempo en contacto con la mucosa.

Se necesitan más estudios para confirmarse estos efectos beneficiosos, estando actualmente en un nivel de recomendación B³³.

Diverticulosis

La enfermedad diverticular es muy frecuente en los países occidentales y esto se ha asociado con una baja ingestión de fibra.

Cuando existe un residuo insuficiente, el colon responde con la generación de contracciones más fuertes para poder propulsar distalmente el pequeño volumen de contenido intestinal. La fibra ayudaría a disminuir la presión intraluminal del colon, evitando la formación sacular a través de la pared intestinal.

La fibra insoluble más útil en la enfermedad diverticular parece ser la proveniente de frutas y verduras y en menor grado la procedente de los cereales integrales⁴⁰.

Cáncer colorrectal

Burkitt describió una asociación inversa entre el consumo de fibra y el riesgo de cáncer de colon al comparar

los patrones de alimentación en Inglaterra y África oriental⁴¹. Desde esa época se han realizado múltiples estudios con resultados a veces contradictorios⁴².

En el Nurses Health Study, con 88.757 mujeres de 34 a 59 años seguidas durante dieciséis años, no se encontró asociación entre la ingesta de fibra dietética y el riesgo de cáncer colorrectal. Aunque, si con el elevado consumo de carnes y grasa.

El European Propective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC), estudio de ámbito mundial que incluyó casi 520.000 personas con un seguimiento durante seis años, relacionó inversamente la toma de fibra en dosis alta con la incidencia de cáncer de intestino grueso, donde el mayor efecto correspondía al colon izquierdo y el menor al recto.

En una reciente revisión de Cochrane, se analizan cinco estudios con 4.349 pacientes no encontrándose pruebas que sugieran que una mayor ingesta de fibra dietética reduzca la incidencia o recurrencia de pólipos adenomatosos en un periodo de dos a cuatro años⁴³.

Inicialmente se consideró que los efectos sobre el bolo fecal y la velocidad de tránsito intestinal que provocaba la fibra, podían ser la causa de su beneficio. Pero actualmente, existen cada vez más pruebas de que los AGCC y en especial el butirato, son los que pueden tener una función protectora por sus efectos sobre la proliferación celular, la apoptosis y la expresión genética. Por otra parte, la fibra se sabe que tiene capacidad de fijar los ácidos biliares evitando su conversión en ácidos biliares secundarios, algunos de los cuales se considera procarcinógenos. También es conocido el hecho de que al disminuir el pH del colon se inhibe la actividad del enzima 7- α -hidroxilasa que convierte los ácidos biliares primarios en secundarios.

A pesar de que no existen todavía datos concluyentes, sí existe acuerdo para recomendar, desde una edad temprana, incorporar a la dieta cantidades de fibra de 30-35 g diarios, especialmente procedente de fruta y cereales junto a otras medidas de carácter general como las propuestas por la Sociedad Americana contra el Cáncer con la finalidad de prevenir el cáncer colorrectal.

Enfermedad cardiovascular

El efecto de la fibra soluble sobre la reducción de los lípidos es probablemente el mejor conocido. Lo que no está claramente establecido es el tipo de fibra más recomendable.

El National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel (NCEP ATP III), recomienda el aumento de la ingesta de fibra viscosa para disminuir el colesterol sérico y reducir el riesgo de cardiopatía⁴⁴. Establecen una cantidad de fibra soluble de 10-25 g y 2 g/día de fitoesteroles.

El consumo regular de 20-30 g/día de fibra total, reduciría el riesgo de enfermedad cardiovascular entre un 12 y un 20%.

El informe más amplio sobre fibra dietética y enfermedad coronaria, consiste en un análisis que agrupa

once importantes estudios. Se observó que el efecto era mayor para la fibra soluble/viscosa que para la insoluble. La fuente de fibra era la fruta (pectina). Se asoció una reducción del 30% del riesgo de enfermedad coronaria por cada 10 g/día que se aumenta el consumo de la fibra de fruta⁴⁵.

La ingesta regular de fibra viscosa, tiene efectos beneficiosos sobre el control de colesterol con un nivel de recomendación A³³, pero la fibra es solo un factor de los muchos que están implicados en la enfermedad cardiovascular.

Los mecanismos propuestos para explicar los beneficios de la fibra estarían en relación con la capacidad de limitar la absorción del colesterol intestinal y con la acción quelante sobre las sales biliares. Asimismo, se ha visto que el propionato, tras ser absorbido desde el colon a la circulación portal, puede actuar inhibiendo la HMG-CoA reductasa, disminuyendo así la síntesis endógena de colesterol.

Diabetes

En los últimos treinta años múltiples estudios han demostrado que la administración de fibra dietética podía reducir los niveles de glucemia en pacientes con diabetes tanto tipo 1 como tipo 2.

La Asociación Americana de Diabetes (ADA) sigue recomendando un consumo de fibra entre 20-35 g/día tanto soluble como insoluble para mantener un mejor control glucémico e insulínico.

Parece que la fracción soluble es la más eficaz en el control de la glucemia. Los mecanismos que se proponen son:

- retraso en el vaciamiento gástrico;
- disminución en la absorción de glucosa al quedar atrapada por la viscosidad de la fibra y ser entonces menos accesible a la acción de la amilasa pancreática;
- producción de AGCC: el propionato influiría en la neoglucogénesis reduciendo la producción hepática de glucosa. El butirato podría actuar reduciendo la resistencia periférica a la insulina al reducir la producción de TNF α . Como es bien sabido, la resistencia a la insulina es uno de los factores más importantes implicados en el síndrome metabólico⁴⁶. Es importante también tener en cuenta que la insulina tiene, además de su acción metabólica, un efecto sobre el endotelio vascular que facilita la progresión de la aterogénesis.

Recomendaciones de ingesta de fibra dietética

No se han establecido unas recomendaciones específicas del consumo de fibra dietética.

Para los adultos se sugiere un aporte entre 20-35g/día o bien aproximadamente de 10-14 g de fibra dietética por cada 1.000 kcal.

En los niños mayores de dos años y hasta los dieciocho, se recomienda el consumo de la cantidad que resulte de sumar 5 g/día a su edad (ejemplo: un niño de cuatro años debería ingerir aproximadamente 9 g de fibra al día). De esta manera, a partir de los 18 años alcanzaría el consumo adecuado de un adulto.

Actualmente no disponemos de estudios que definan las cantidades idóneas de consumo de fibra en niños menores de dos años ni en ancianos.

De forma general, la fibra consumida debe tener una proporción de 3/1 entre insoluble y soluble.

Son alimentos ricos en fibra insoluble la harina de trigo, el salvado, guisantes, repollo, vegetales de raíz, cereales y frutas maduras.

Son ricos en fibra soluble la avena, las ciruelas, la zanahoria, los cítricos, judías secas y otras legumbres.

Siempre debe aconsejarse que las fuentes de fibra sean variadas y que se realice una ingestión hídrica adecuada.

En España el consumo diario de fibra es aproximadamente de 20 g/día.

No parece tampoco que ingestas superiores a 50 g/día aporten beneficios adicionales y sí podrían provocar problemas de tolerancia.

Como recomendaciones prácticas, para el consumo de alimentos ricos en fibra, podríamos establecer:

- Diariamente 3 raciones de verdura.
- Diariamente 2 raciones de fruta. Mejor completas que en zumo.
- Diariamente 6 raciones de cereales en forma de pan, cereales de desayuno, arroz o pasta. Preferiblemente integrales dado el mayor aporte de fibra.
- Semanalmente 4-5 raciones de legumbres.

Nutrición enteral

La nutrición enteral ha ido ganando importancia en los últimos años tanto a nivel hospitalario como en tratamientos domiciliarios. Actualmente contamos con un amplio número de fórmulas de nutrición enteral, estando enriquecidas con fibra de distintos tipos.

A medida que han aumentado los conocimientos sobre las funciones de la fibra, se han ido modificando las fórmulas enterales disponibles. Así desde el inicio de la década de los noventa, cuando la fibra que se aportaba era exclusivamente polisacáridos de soja con una indicación mayoritaria en casos de estreñimiento. En el momento actual, se utilizan mezclas de fibras de distintas fuentes, en proporciones variables y con indicaciones clínicas diferentes.

A pesar de todo esto, no existe suficiente evidencia científica que demuestre que la fibra en nutrición enteral tiene igual efecto que en la alimentación natural. Tampoco existe actualmente consenso entre los expertos sobre el uso razonable de la fibra en nutrición enteral.

Sin embargo, la influencia de la fibra es múltiple, ya que como se ha comentado, produce AGCC, modifica

el Ph colónico, mantiene la microflora, estimula la producción de hormonas gastrointestinales, mejora las defensas de la barrera intestinal y controla la traslocación bacteriana. Parece por todo ello que la nutrición enteral con fibra debería indicarse a todos los pacientes excepto en aquellos caso en que exista alguna contraindicación⁴⁷.

En aquellas patologías que cuentan con fórmulas enterales específicas, como puede ser el caso de la diabetes, al disponer de fibra fermentable/viscosa estarían indicadas por sus potenciales beneficios sobre el control glucémico y el perfil lipídico⁴⁷.

Recientemente y con el objetivo de establecer la posible evidencia científica sobre el beneficio de emplear fórmulas enterales con fibra comparándolas con fórmulas sin fibra, Del Olmo y cols., hacen una revisión de la literatura donde identifican 286 trabajos entre los que seleccionan 25 ensayos prospectivos aleatorizados. Los agrupan según el tipo de paciente en cuatro grupos: voluntarios sanos, pacientes críticos, pacientes con nutrición enteral a largo plazo (ACVA, coma, retraso mental) y pacientes quirúrgicos. Las variables analizadas en todos los casos fueron la frecuencia de deposiciones y la incidencia de diarrea.

Los autores concluyen que aunque faltan trabajos que permitan establecer conclusiones definitivas, se puede afirmar con un nivel de evidencia II que la fibra parece disminuir la incidencia de diarrea en pacientes críticos y posquirúrgicos.

En pacientes con nutrición enteral a largo plazo es posible que la fibra insoluble aumente el volumen de las heces y disminuya la necesidad de utilizar laxantes⁴⁹.

Estudios recientes parecen mostrar que la influencia de la nutrición enteral es más marcada en su papel inmunológico que en los parámetros nutricionales⁵⁰.

Si tenemos en cuenta que casi el 80 por ciento del sistema inmunológico se localiza en el colon es totalmente lógico el plantear la nutrición como una vía de "alimentación específica" del colonocito que permita potenciar su papel inmunomodulador.

Las soluciones de nutrición enteral deberían aportar sustratos para la fermentación colónica (prebióticos), así como preservar la flora comensal con aporte de bacterias ácido lácticas en aquellos casos en que pudieran estar disminuidas^{51,52}.

En ausencia de estudios más definitivos, las recomendaciones serían usar fibra de múltiples fuentes (soluble/fermentable/viscosa e insoluble/escasamente fermentable/no viscosa) a la que se podría añadir fructooligosacáridos e inulina, que son especialmente importantes para el desarrollo de la flora intestinal sana, auténtico "fortín" para la defensa de nuestro organismo.

Referencias

- Burkitt DP, Walker ARP, Painter NS: Dietary fibre and disease. *JAMA* 1974; 229:1068-1074.
- Rojas Hidalgo E: La fibra dietética. Rojas Hidalgo E, editor. Los carbohidratos en nutrición humana. Madrid. *Aula Médica*, 1994; 121-137.
- Trowell H, Southgate DA, Wolever TMS, Lead SAR, Gassull MA y Jenkins DJA: Dietary fibre redefined. *Lancet* 1976; i:967 (letter).
- Dietary Reference Intakes. Proposed definition of dietary fibre. Washington, DC: National Academy Press; 2001.
- Ha MA, Jarvis MC, Mann JL: A definition for dietary fibre. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54:861-864.
- Mateu de Antocio X: La fibra en la alimentación. *Farmacia hospitalaria* 2004 n° 3.
- Englyst HN, Cummings JH: Non-starch polysaccharides (dietary fibre) and resistant starch. *Adv Exp Med Biol* 1990; 270:205-225.
- García Peris P, Álvarez de Frutos V: Fibra y salud. *Nutrición y obesidad* 2000; 3:127-135.
- Kin Y-I: A technical review: Impacto of dietary fiber on colon cancer occurrence. *Gastroenterology* 2000; 118:1235-1257.
- Mataix J, Gassull MA: Fibra alimentaria. Mataix J (ed.): Nutrición y alimentación humana. Ergon. Madrid, 2002: 119-137.
- Zaruelo A, Gálvez J: Fibra dietética. Gil Hernández A (ed.) Tratado de Nutrición. *Acción Médica* 2005: 336-368.
- Sastre Gallego A: Fibra y prebióticos: conceptos y perspectivas. *Gastroenterol Hepatol* 2003; 26(Supl.):6-12.
- García Peris P, Bretón Lesmes I, De la Cuerda Compes C, Cambor Álvarez M: Metabolismo colónico de la fibra. *Nutr Hosp* 2002; 17(Supl. 2):11-16.
- Bouhnik Y, Flourie B, Rottot M: Effects of fructooligosaccharides ingestion on fecal bifidobacteria and selected metabolic indexes of colon carcinogenesis in healthy humans. *Nutr Cancer* 1996; 26:21-29.
- Gibson GR, Roberfroid MB: Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 1995; 125:1401-1412.
- Gibson GR: Fibre and effects on probiotics (the prebiotic concept). *Clin Nutr* 2004; 23(Supl. 2).
- Hartemink R, Van Laere KMJ, Rombouts FM: Growth of enterobacteria on fructo-oligosaccharides. *J Appl Microbiol* 1997; 83:367-374.
- Nelson JL, Alexander JN, Gianotti L, Chalk CL y Pilas T: Influence of dietary fiber on microbial growth *in vitro* and bacterial translocation after burn injury in mice. *Nutrition* 1994; 10:32-36.
- Gibson GR, Beatty ER, Wang X, Cumming JH: Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology* 1995; 108:975-982.
- Musch MW, Bookstein C, Xie Y: SCFA increase interfinal Na absorption by induction of NHE3 in rat colon and human intestinal C2/bbe cells. *Am J Physiol* 2001; 280:G687-693.
- Roediger We: The effect of bacterial metabolites on nutrition and function of the colonic mucosa symbiosis between man and bacteria. Kasper H, Goebell H: Falk Symposium 32 (eds). Colon and nutrition. Lancaster: MTP Press Limited, 1982: 11-24.
- Inan HS, Rasoulpour RJ, Yin L, Hubbard A, Rosenberg DM, Giordina C: The luminal short-chain fatty acid butyrate modulates NF-KB activity in a human colonic epithelial cell line. *Gastroenterology* 2000; 118:724-734.
- Velázquez OC, Lederer HM, Rombeau JL: Butyrate and the colonocyte. Implications for neoplasia. *Dig Dis Sci* 1996; 41:727-739.
- Velázquez OC, Zhon D, Seto RW: *In vivo* crypt surface hyperproliferation is decreased by butyrate and increased by deoxycholate in normal rat colon: associated *in vivo* effects on C-Fos and C-Jun expression. *JPEN* 1996; 20:243-250.
- Souba W, Smith R, Wilmore D: Glutamine metabolism by the intestinal tract. *JPEN* 1985; 9:608-617.
- Cherbut CH: Fibres alimentaires: que deviant l'hypothèse de Burkitt? *Cah Nutrition Diététique* 1998; 33:95-104.
- Trantwein EA, Kunath-Ran A, Erbersdobler HF: Increased fecal bile acid excretion and changes in the circulating bile acid

- pool are involved in the hypocholesterolemic and gallstone-preventive actions of psyllium in hamsters. *J Nutr* 1999; 129:896-902.
28. Gordon DT: Total dietary fibre and mineral absorption. Kritchevsky D, Bonfield C, Aderson JW (ed) *Dietary fiber: chemistry, phybiology and health effects*. New York: Plenum Press, 1990: 105-128.
 29. Van den Heuvel EGHM, Muys T, Van Dokkum W, Schaafsma G: Oligofructose stimulates calcium absorption in adolescents. *Am J Clin Nutr* 1999; 69:544-548.
 30. Griffin IJ, Dávila PM, Abrams SA: Non-digestible oligosaccharides and calcium absorption in girls with adequate calcium intakes. *Br J Nutr* 2002; 87(Supl. 2): 187-191.
 31. Van den Heuvel EGHM, Muijs T, Van Dokkum W, Sehaafsma G: Lactulose stimulates calcium absorption in postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 1999; 14:1211-1216.
 32. Van den Heuvel EGHM, Schotermen MHC, Muijs T: Trans-galectooligosaccharides stimulate calcium absorption in postmenopausal women. *J Nutr* 2000; 130:2938-2942.
 33. Meier R, Gassull MA: Consensus recommendations on the effects and benefits of fibre in clinical practice. *Clinical Nutrition Supplements* 2004; 1:73-80.
 34. Zopf D, Roth S: Oligosaccharides anti-infective agents. *Lancet* 1996; 347:1017-1021.
 35. Szajewska H, Kotowska M, Arukowicz JZ, Armarska M, Mikotajczyk W: Efficacy of *Lactobacillus GG* in prevention of nosocomial diarrhea in infants. *J Pediatr* 2001; 138:361-365.
 36. D'Sousa AL, Rajkumar CH, Cooke J, Bulpitt ChJ: Probiotics in prevention of antibiotic associated diarrhoea: meta-analysis. *BMJ* 2002; 324:1361-1370.
 37. Roediger WE: The colonic epithelium in ulcerative colitis: an energy deficient disease? *Lancet* 1980; 2:712-715.
 38. Fernández-Bañares F, Hinojosa J, Sánchez-Lombráña JL: Randomized clinical trial of plantago ovata seeds (dietary fiber) as compared with mesalamine in maintaining remission in ulcerative colitis. *Am J Gastroenterol* 1999; 94:427-433.
 39. Kanauchi O, Suga T, Tochilara M: Treatment of ulcerative colitis by feeding with germinated barley foodstuff: first report of a multicenter open control trial. *J Gastroenterol* 2002; 37(Supl. 14):67-72.
 40. Aldoori W: A prospective study of dietary fiber types and symptomatic diverticular disease in men. *J Nutr* 1998; 128:714-719.
 41. Burkitt DP: Epidemiology of cancer of the colon and rectum. *Cancer* 1971; 28:3-13.
 42. Rubio MA: Implicaciones de la fibra en distintas patologías. *Nutr Hosp* 2002; 17(Supl. 2):17-29.
 43. Asano TK, Mateod RS: Fibra dietética para la prevención de carcinomas y adenomas colorrectales. *Biblioteca Cochrane Plus*, número 4, 2005.
 44. Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive Summary of the Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP). Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (adult treatment Panel III). *JAMA* 2001; 285:2486-2497.
 45. Pereira MA, O'Reilly E, Augustsson K y cols.: Dietary fibre and risk of coronary heart disease; a pooled analysis of cohort studies. *Arch Intern Med* 2004; 164:370-376.
 46. Eckel RA, Grundy SM, Zimmet PZ: The metabolic syndrome. *Lancet* 2005; 365:1415-1428.
 47. Gómez Candela C, De Cos AI, Iglesias C: Fibra y nutrición enteral. *Nutr Hosp* 2002; 17(Supl. 20): 30-40.
 48. Hofman Z, Van Drunen JDE, De Later C, Kuipers H: The effect of different nutritional feeds on the postprandial glucose response in healthy volunteers and patients with type II diabetes. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58:1553-1556.
 49. Del Olmo D, López del Val T., Martínez de Icaya P y cols.: La Fibra en nutrición enteral: revisión sistemática de la literatura. *Nutr Hosp* 2004; 19(3):167-174.
 50. Shirabe K, Matsuma T, Shimada M Y: A corporation of parenteral hyperalimentation and early enteral feeding regarding systemic immunity after major hepatic resection- the results of a randomized prospective study. *Hepato-Gastroenterology* 1997; 44:205-209.
 51. Bengmark S: Gut microbial ecology in critical illness: is there a role for pre-, pro-, and synbiotics. *Current Opinion in Clinical Nutrition and metabolic Care* 2002; 8:145-151.
 52. Bengmark S, Ortiz de Urbina JJ: Nutrición enteral: pasado y futuro. *Nutr Hosp* 2004; 19(2):110-120.