

## Fibra dietaria: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. Revisión

*Fulgencio Vilcanqui-Pérez, Carlos Vilchez-Perales*

Departamento de Nutrición, Universidad Nacional Agraria la Molina, La Molina, Lima, Perú.  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Apurímac, Perú.

**RESUMEN.** En los últimos diez años hubo importantes modificaciones en la definición de la fibra dietaria bajo la dirección de la Comisión del CODEX Alimentarius. El más importante fue la inclusión de los carbohidratos no digeribles de 3 a 9 unidades de grado de polimerización dentro de la definición química, la que fue adoptada algunos países y en otras están en proceso de evaluación tal como los Estados Unidos; lo que hace que no exista un consenso global. Donde sí hay un consenso es en la definición fisiológica de la fibra dietaria, considerada como grupo de carbohidratos resistentes a la digestión por las enzimas del intestino delgado y fermentado en forma parcial o total en el colon, con efectos favorables en la salud. La Association of Official Analytical Chemist (siglas en Inglés: AOAC), en armonía con la nueva definición del CODEX Alimentarius, establecieron los métodos AOAC 2009.01 y 2011.25, diseñado para cuantificar la fibra dietaria solubles, fibra dietaria insoluble y la fibra dietaria total. En este contexto, se vienen desarrollando investigaciones in vitro e in vivo (en animales y humanos) para demostrar los efectos fisicoquímicos, funcionales y fisiológicos que van orientados hacia la prevención y tratamiento de algunas enfermedades no transmisibles (ENTs). La presente revisión, pretende informar de las nuevas definiciones y los métodos de análisis, las propiedades funcionales y fisiológicas de la fibra dietaria y sus efectos en la salud humana.

**Palabras clave:** Fibra dietaria. Definición. Propiedades funcionales. Propiedades fisiológicas. Sobrepeso y obesidad.

**SUMMARY. Dietary fiber: New definitions, functional properties and health benefits. Review.** In the last ten years there have been important changes in the definition of dietary fiber under the leadership of the CODEX Alimentarius Commission. The most important was the inclusion of non-digestible carbohydrates of 3 to 9 units of degree of polymerization within the chemical definition, which was adopted in some countries and in others are in the process of evaluation such as the United States which indicates that does not exist a global consensus. Where there is a consensus is in the physiological definition of dietary fiber, considered as a group of carbohydrates resistant to the digestion by enzymes of the small intestine and fermented partially or totally in the colon, with favorable health effects. The Association of Official Analytical Chemists (AOAC), in line with the new definition of CODEX Alimentarius, established the AOAC 2009.01 and 2011.25 methods, designed to quantify soluble dietary fiber, insoluble dietary fiber and total dietary fiber. In this context, In Vitro and In Vivo research (in animals and humans) are being carried out to demonstrate the physicochemical, functional and physiological effects that are directed towards the prevention and treatment of some non-communicable diseases (NCDs). This review aims to inform the new definitions and methods of analysis, the functional and physiological properties of dietary fiber and their effects on human health.

**Key words:** Dietary fiber. Definition. Functional properties. Physiology properties. Overweight and obesity.

### INTRODUCCIÓN

Hay un gran interés por conocer los conceptos, la clasificación, los métodos de análisis, las propiedades fisicoquímicas, funcionales, fisiológicas y sus efectos en la salud de la fibra dietaria, como una respuesta al incremento de las ENTs. Los organismos oficiales como el CODEX Alimentarius Commission (CAC), the United States Institute of Medicine (IOM), Health Canadá, European Food Safety Authority (EFSA), Food Stan-

dards Australia and New Zealand (FSANZ), y American Association of Cereal Chemists International (AACCI), entre otros, se han preocupado por uniformizar la definición de la fibra dietaria, basados en la composición química y el rol fisiológico que cumple a favor de la salud (1). En 2009, el CODEX Alimentarius ha incluido dentro de la definición de la fibra dietaria a moléculas de bajo peso molecular todas ellas con funciones importantes a favor de la salud humana. La clasificación y los métodos de análisis también han

experimentado modificaciones conforme a las definiciones que fueron adoptando a lo largo del tiempo, pero principalmente en el método enzimático-gravimétrico (2). Existen recientes investigaciones con nuevas fuentes de fibra dietaria bajo la luz de los conocimientos de su grado de solubilidad, capacidades de hidratación y fermentación y el tamaño del peso molecular; con efectos importantes sobre las propiedades fisiológicas. Al mismo tiempo se han identificado los diferentes mecanismos de regulación del sobrepeso y la obesidad, el índice glucémico y diabetes tipo II, cáncer en el colon, estreñimiento y enfermedad cardiovascular; en conjunto conocidos como ENTs.

### **FIBRA DIETARIA: DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y MÉTODOS DE ANÁLISIS**

#### **Definición**

La definición de la “fibra dietaria” se remonta al año 1953 realizada por Hipsley, refiriéndose al constituyente no digerible de las paredes celulares de los vegetales (3); desde entonces, el concepto ha sido objeto de varias revisiones. Más adelante (1960 a 1970), se propone la hipótesis de la relación entre el consumo inadecuado de la fibra dietaria y algunas enfermedades de los países desarrollados. En este mismo periodo, se define a la fibra dietaria como la suma de polisacáridos de origen vegetal constituidos por celulosa, hemicelulosa y lignina, que no son digeridas por las secreciones endógenas del tracto digestivo de los mamíferos (4) y Trowell en 1985, incluye a los oligosacáridos, pectinas, gomas y ceras (5). En 2000, la AACC define a la fibra dietaria como las partes comestibles de las plantas o análogos de los carbohidratos resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano y con fermentación parcial o completa en el intestino grueso, en cuya composición se incluyen a polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a las plantas (5). Desde el punto de vista de la salud, la fibra dietaria debe promover efectos atenuantes de los niveles de colesterol y glucosa, estos últimos relacionados con la diabetes tipo 2, obesidad, cáncer del colon y enfermedades cardiovasculares (6-9). Como se pudo evidenciar, la definición de la fibra dietaria ha sido abordada en diferentes periodos, sin encontrar un consenso. En el año 2009, después de dos décadas de discusión, el CODEX Alimentarius, a través de sus delegados científicos, pretende armonizar la definición. Entre los más

importantes fue la inclusión de polímeros no digeribles de 3 a 9 grados de polimerización, tales como la inulina, FOS, GOS, maltodextrinas resistentes, rafinosa y otros. Al mismo tiempo, ha reconocido a la lignina y otros componentes menores (polifenoles, ceras, saponinas, fitatos, cutinas y fitoesteroles) como parte de la fibra dietaria, siempre en cuando estén asociados a los componentes de la pared celular vegetal (10-13). Sin embargo, el dilema persiste porque al final de la definición del CODEX Alimentarius, se hace notar de la libertad que tendrían las autoridades competentes de cada país respecto a la inclusión de carbohidratos de 3 a 9 unidades monoméricas. Los países como Canadá, Australia, Nueva Zelanda, Unión Europea, Brasil, Chile, China, Indonesia, Corea, Malasia, México y Tailandia adoptaron la sugerencias; sin embargo, países como los Estados Unidos de América están a la espera de la decisión de la autoridad competente (14,10,1). Por lo tanto, no existe una definición química generalizada de la fibra dietaria, más aún cuando existen sugerencias de la exclusión de estos polímeros de bajo peso molecular. Donde sí existe consenso es en la definición fisiológica considerada como grupo de polímeros y oligómeros de carbohidratos (incluyendo a lignina) que escapan a la digestión del intestino delgado y pasan al intestino grueso, donde son fermentados en forma parcial o completa por la microbiota intestinal. Además las fibras deben evidenciar efectos de laxación, atenuación de los niveles de glucosa en la sangre y la reducción del colesterol (5).

#### **2.2. Clasificación y métodos de análisis de la fibra dietaria**

La forma más sencilla de clasificar a la fibra dietaria es de acuerdo a su grado de hidratación con el agua: solubles e insolubles (15,8,10). Otro criterio de clasificación es de acuerdo al grado de fermentación por las enzimas del intestino humano (14). Existe una estrecha relación entre las propiedades de solubilidad y fermentación; por ejemplo, dentro de las fibras dietarias de bajo peso molecular (siglas en Inglés: LMWDF) de 3 a 9 grados de polimerización se encuentran la inulina, FOS, GOS que son solubles y altamente fermentables (10). En cambio, dentro de las fibras solubles de alto peso molecular (siglas en Inglés: HMWDF) mayores a 9 grados de polimerización se encuentran las altamente fermentables tales como los almidones resistentes en sus diferentes tipos, pectina, goma guar y otros. Dentro de las fibras HMWDF con

fermentación intermedia está la avena. Además, en el grupo HMWDF se encuentran las fibras insolubles con baja o escasa fermentación tales como salvado de trigo, frutas y verduras; finalmente, las HMWDF insolubles no fermentables están la celulosa, lignina y metilcelulosa (16,10). En la Tabla 1, se puede observar la distribución de la fibra dietaria de acuerdo al peso molecular, precisando que la inulina proveniente de las plantas puede tener desde 3 hasta 200 grados de polimerización y forman soluciones de baja viscosidad (17). Las fibras insolubles pueden ser convertidas en fibras solubles mediante tratamientos químicos, pero con modificaciones en el aspecto sensorial; sin embargo, tratamientos con trichoderma (organismo productor de enzimas celulolíticas) han sido probados con mucho éxito y se ha logrado el incremento en tres veces el contenido de fibra soluble, sin disminuir el contenido total de fibra dietaria (18). Algunos investigadores consideran que el criterio de clasificación de soluble e insoluble de la fibra debe quedar obsoleta y proponen su reemplazo por viscosos y no viscosos o fermentables y no fermentables, precisamente porque no todas las fibras solubles tienen la misma capacidad viscosa, tal como la inulina que forma solución de baja viscosidad (19); sin embargo, el criterio de clasificación por su grado de hidratación seguirá siendo pertinente y vigente, puesto que las propiedades fisicoquímicas, los efectos funcionales y fisiológicos dependen del grado de solubilidad.

Tan importante como la definición de fibra dietaria, es identificar los métodos apropiados para cuantificar su contenido, pues los alimentos tienen diferentes tipos de fibra; esto implica que las cantidades pueden sobre o sub estimarse cuando no hay una selección apropiada. Los métodos se pueden resumir en no enzimático-gravimétrico, enzimático-gravimétrico, enzimático-químico, enzimático-colorimétrico y enzimático-cromatográfico (2). El método no enzimático-gravimétrico fue el primero en su diseño por los años sesenta con cierta vigencia, pues en el análisis proximal de alimentos para animales y humanos aún es utilizado y conocido como la “fibra cruda” o “fibra bruta”; que viene a ser el residuo de la digestión ácida y alcalina. Entre otros métodos también están los tratamientos con bromuro de cetyl trimetil amonio conocido como fibra ácido detergente (FAD) y con lauril sulfato de sodio como fibra neutro detergente (FND), diseñados específicamente para cuantificar la celulosa, hemicelulosa y lignina (20-21,2). Los tratamientos con ácidos y detergentes han sido cuestionados debido al uso de reactivos muy agresivos puesto que durante la hidrólisis de proteínas y almidones también lo hacían con algunas fibras, dando como resultados la subestimación de una buena cantidad de fibra dietaria, por lo que no es recomendable para alimentos.

Desde 1985 el método oficial para medir la fibra total, fibra dietaria soluble e insoluble es el método AOAC 985.29 (enzimático-gravimétrico), que consiste

TABLA 1. Grado de polimerización de fibras dietarias

Oligosacáridos no disponibles de LMWDF ( $3 \leq GP \leq 9$ )	Polisacáridos ( $>9$ GP)	
	Homo-polisacáridos no Disponibles de HMWDF	Hetero-polisacáridos no Disponibles de HMWDF
Inulina	Almidones resistentes tipo I	Hemicelulosa
Fructo-oligosacáridos	Almidones resistentes tipo II	Pentosanos solubles
Galacto-oligosacáridos	Almidones resistentes tipo III	Pentosanos solubles
Polidextrosas	Almidones resistentes tipo IV	Goma guar (galactomananos)
Maltodextrinas resistentes	Celulosa	Goma arábiga (hidrocoloide)
Rafinosa	$\beta$ -glucanos solubles	Pectina soluble
Estaquiosa	$\beta$ -glucanos insolubles	Pectina insoluble
Nistosa		Carragenina
		Alginato
		Quitano
		Xantana
		Quitina
		Lignina

GP: Grado de polimerización, LMWDF: Fibra dietaria de bajo peso molecular y HMWDF: Fibra dietaria de alto peso molecular (10).

en la digestión de los carbohidratos y proteínas por las enzimas (13,22). Este método permite cuantificar a la fibra dietaria de alto peso molecular, lignina, algunos almidones resistentes, inulina; pero subestima por ejemplo a las maltodextrinas resistentes y algunos oligosacáridos (1). Así, se fueron diseñando varios métodos reconocidos por la AOAC, pero todos ellos con algunas limitaciones. Los métodos más recientes adoptados por la AOAC son la AOAC 2009.01 y AOAC 2011.25; métodos que tienen las mejores aproximaciones porque permite cuantificar a polisacáridos no almidonosos, lignina, almidones resistentes, inulina, oligosacáridos, povidexina y maltodextrinas resistentes, acorde con la nueva definición (1); razón por el cual, estos últimos son los más utilizados, tanto para trabajos de investigación y con fines de etiquetado de alimentos.

### PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS FIBRAS DIETARIAS

#### Solubilidad y viscosidad

Las propiedades de solubilidad y viscosidad tienen profundos efectos en la funcionalidad de fibra dietaria durante el procesamiento de alimentos y en el trayecto gastrointestinal (23). Si la estructura del polisacárido es tal que las moléculas forman una matriz cristalina (celulosa), es muy probable que sea energéticamente más estables, es decir insolubles; y por el contrario mientras sea mayor la ramificación (goma de acacia), con presencia de grupos iónicos (pectina metoxilada) incrementan la solubilidad. Las alteraciones en las unidades de monosacáridos y sus formas moleculares (goma xantana y goma de acacia) incrementan la solubilidad (5).

La viscosidad se describe como la resistencia al flujo cuando se aplica un esfuerzo de corte. En general, con el aumento del peso molecular y la longitud de la cadena (goma guar), incrementa la viscosidad de la solución de la fibra; sin embargo, dependen también de la concentración de la fibra dietaria en la solución, la temperatura, el pH y las condiciones del esfuerzo de corte. La formación de la viscosidad y geles del contenido estomacal juegan un rol importante en los efectos fisiológicos y bioquímicos, puesto que al formar una estructura tridimensional, reduce el contacto físico entre las enzimas digestivas y los nutrientes que son arrastrados por la materia fecal sin haber sido digeridos y absorbidos a través del intestino (5,24).

#### Fermentabilidad

La fermentación de la fibra dietaria varía de acuerdo al grado de solubilidad desde una fermentación completa (pectina), pasando por fermentación mediana (hemicelulosa) y hasta una fermentación nula (lignina). La fermentación es producida por la microbiota intestinal, principalmente por los microorganismos anaeróbicos distribuidos en dos phylus: Firmicutes (*Ruminococcus*, *Clostridium*, *Eubacterium*, *Lactobacillus*) con 60 %, Bacteroidetes (*Alistipes*, *Prevotella*, *Bacteroides*) con 15 % y con un número significativo de Actinobacteria (*Bifidobacterium*) y Protobacteria (25). La fermentación de la fibra dietaria juega un rol importante en los efectos fisiológicos y bioquímicos (regulación del sobrepeso y la obesidad) puesto que a partir de ella se producen los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) tales como el butirato, propionato y acetato; metabolitos que están involucrados con la promoción y/o inhibición de ciertas hormonas responsables de la estimulación de saciedad y apetito (26,27). La manzana con alto contenido de pectina, el plátano y los tubérculos con altos contenidos de almidón resistente, han demostrado una fermentación rápida y completa; sin embargo, todos ellos contribuyen escasamente con el aumento del volumen fecal. Por otro lado, el Psyllium y el salvado de trigo fermentan lentamente; y están más asociados al incremento de la masa y volumen fecal (23).

#### Capacidad de hidratación

Las propiedades de hidratación determinan en gran medida el destino de la fibra dietaria en el tracto digestivo y representan algunos de los efectos fisiológicos (5). Las fibras solubles como la pectina, los  $\beta$ -glucanos, algunas hemicelulosas, la goma de acacia y entre otros, forman con el agua un retículo, lo que origina soluciones de gran viscosidad que atrapan moléculas de grasa y evitan el contacto con las sales biliares resultando en modificación del metabolismo lipídico, disminución de lipoproteínas formadoras de placas, reducción del colesterol y disminución de glucosa postprandial. También es conocido de su potencial anticarcinógeno debido a que atrapan diversas sustancias tóxicas que se introducen a través de los alimentos, evitando que entren en contacto con la mucosa intestinal y favorece su eliminación a través de las heces (16). En varias investigaciones, se han reportado la propiedad de hidratación expresada en la capacidad de absorción del agua (CAA), capacidad de retención del agua (CRA) y la capacidad de hinchamiento (CH), propie-

dades que proveen información útil para las aplicaciones tecnológicas, funcionales y nutricionales (28). En la Tabla 2 se pueden observar que las fuentes de fibra de tipo soluble son las que tienen mejores propiedades de hidratación tal como el musgo (*Sphagnum magellanicum*), el albedo de maracuyá, éste último debido al alto contenido de pectina; sin embargo, no es el único factor que influye sobre esta propiedad, pues también dependen del área específica de superficie, porosidad, densidad, tamaño de partículas y la microestructura de la fibra (29).

Capacidad de adsorción de moléculas orgánicas

La capacidad de adsorción de grasa es otra de las propiedades importantes de la fibra dietaria con fines de estabilización de emulsiones en el procesamiento de alimentos con alto contenido de grasa, al igual que para observar los efectos fisiológicos en humanos (30). Las fibras dietarias ricas en ácidos urónicos y compuestos fenólicos, tienen la capacidad de secuestrar e incluso unirse químicamente a los ácidos biliares, mecanismo más sugerido de su acción hipocolesterolemizante. Sin embargo, las condiciones ambientales (tiempo de exposición, el pH), las formas físicas, químicas, las propiedades de superficie y la naturaleza de los ácidos biliares también influyen en la capacidad de adsorción (5). La capacidad de adsorción de grasa se cuantifica por la adición a la muestra seca de la fibra un exceso de aceite, homogenizado; luego por el centrifugado. Por diferencia de pesos se obtiene el valor de esta propiedad. Otra técnica para determinar la capacidad de adsorción de moléculas orgánicas es a tra-

vés de la medida del índice de retardo de la acción de ácido biliar simulado in vitro (28,31). La fibra dietaria, también tiene la capacidad de adsorber a la glucosa y reducir la digestibilidad del almidón, las que pueden ser evaluados mediante pruebas in vitro (28). Se han identificado que la lignina, pectina y galactomananos (goma guar) son las fibras dietarias con mayor capacidad para unirse a las moléculas orgánicas (32).

**FIBRA DIETARIA, SALUD Y CANTIDADES RECOMENDADAS**

Sobrepeso y obesidad

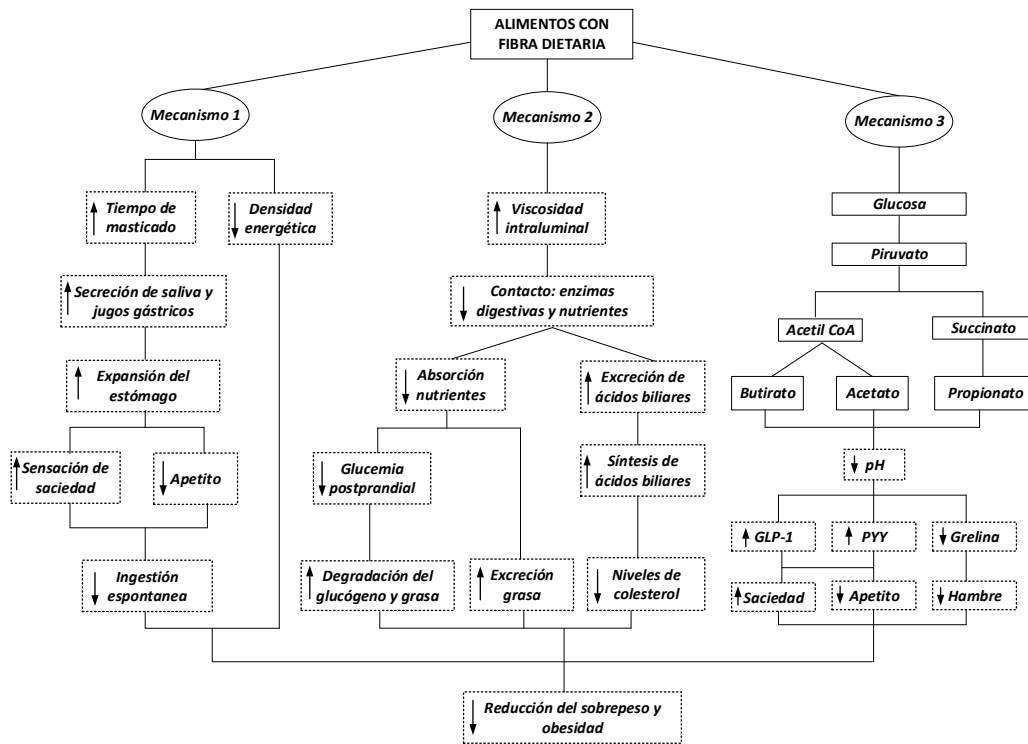
Se define como un factor de riesgo para las enfermedades como la diabetes, cardiopatía, hipertensión arterial, accidentes cerebrovasculares y algunas formas de cáncer (33,34). Este factor se caracteriza por una excesiva acumulación de la grasa que conducen a una composición cuyo contenido de grasa corporal supera un estándar prefijado según la altura, edad y sexo. El consumo de alimentos con bajo contenido de fibra dietaria, está relacionado con el sobrepeso y obesidad (35,36); considerada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una epidemia de escala mundial que afecta a las personas de todas las edades y de diferentes estratos sociales (37,38).

La regulación del sobrepeso y la obesidad a través de la ingesta de la fibra dietaria, puede ser explicado por tres mecanismos (Figura 1). El primero está relacionado con los efectos físicos de la fibra dietaria, que después de la ingesta de alimentos con alto contenido de fibra prolonga el tiempo de masticado y esto permite la secreción de una mayor cantidad de la saliva y los jugos gástricos, lo que resulta en una expansión del estómago y el incremento de la saciedad. Por otro lado, dietas con alto contenido de fibra dietaria, desplazan la disponibilidad de calorías y nutrientes de la dieta (40). El segundo mecanismo se refiere a los efectos fisicoquímicos de la fibra soluble, tal como los β-glucanos, psyllium, pectina, goma guar y otros; que forman soluciones viscosas; propiedad que impide parcialmente el con-

TABLA 2. Propiedades de hidratación y adsorción de aceite de diferentes fuentes de fibra dietaria

Fuente de fibra	CRA	CH	CAMO	Fuente
<i>Ulva lactuca</i> a 20°C	9,32	ND	1,08	(59)
<i>Ulva lactuca</i> a 80°C	10,30	ND	1,01	(59)
Naranja (cáscara, bagazo y semillas)	8,71	ND	3,50	(60)
Cáscara de naranja	9,63	ND	3,63	(60)
Fibra de comino (extracción alcalina)	3,30	3,75	5,17	(28)
Fibra de comino (hidrólisis enzimática)	5,48	3,49	5,76	(28)
Albedo de maracuyá	13,00	37,00	2,03	(29)
Pulpa y semilla de maracuyá	1,80	5,00	1,43	(29)
Musgo: <i>Sphagnum magellanicum</i>	34,00	8,00	27,68	(32)

CRA: capacidad de retención de agua, CH: capacidad de hinchamiento, CAMO: capacidad de adsorción de aceite y ND: dato no disponible, (\*) Tratada con 0,8 % de solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,8 MPa de presión y 7 min de tiempo.



1

FIGURA 1. Mecanismo de regulación de sobrepeso y obesidad.

1: efectos físicos de la fibra; 2: efectos fisicoquímicos y bioquímicos y 3: efectos colónico-hormonales.

tacto entre las enzimas digestivas y los nutrientes, tal como los ácidos biliares y la grasa (23). Este mecanismo disminuye la digestión y absorción de los nutrientes en el intestino delgado, obligando a movilizar glucógeno y grasa como fuentes de energía y para mantener los niveles adecuados de glucosa en la sangre. En este proceso, también existen depleción de los ácidos biliares, puesto que son atrapados por las fibras y excretado por las heces, obligando a la síntesis de nuevos ácidos biliares a partir del colesterol hepático disponible, lo que explica la reducción del colesterol y los niveles de lipoproteínas de baja densidad en la sangre (41,16).

El tercer mecanismo, también llamado efectos colónico-hormonales, se produce cuando la fibra dietaria es fermentada por las bacterias del colon hasta convertir en glucosa, siguiendo éste último la ruta de la glicólisis hasta convertirse en piruvato. Luego es convertido en AGCC, tales como el acetato (2 carbonos), propionato (3 carbonos) y butirato (4 carbonos) en proporciones de 60:25:15 (28). Los AGCC son potentes mediadores en células enteroendocrinas secretoras de hormonas péptido similar al glucagon (siglas en Inglés: GLP-1), péptido tirosina-tirosina (siglas en Inglés:

PYY), grelina y leptina reguladoras del apetito y saciedad (42,9). El incremento de la concentración de GLP-1 y PYY en la sangre, ejercen efectos anorexigénicos a nivel del sistema nervioso central, teniendo como resultado el incremento de la saciedad y la disminución del apetito (42). Por el contrario, la grelina reduce su concentración y como consecuencia la disminución del apetito (33,43). En estudios realizados con ratas adultas, la inclusión en la dieta del 10 % de pectina, tuvo el incremento de las concentraciones plasmáticas de PYY y GLP-1 en 168 y 15 %, respectivamente; en cambio la leptina se redujo en un 62 % (44). Por otro lado, la inclusión de 3,4 g y 6,8 g de Psyllium (fibra soluble) en personas voluntarias y sanas, por dos y tres días antes del desayuno y antes de la comida del medio día; concluyeron que la fibra soluble contribuye en gran medida a la sensación de satisfacción y reducción del hambre (45).

Índice glucémico y diabetes tipos II

En países desarrollados y en vías de desarrollo, la diabetes tipo 2 es reconocida como un problema importante para la salud; fisiopatología que ocasiona la disminución de la sensibilidad de insulina y la alteración de la función de las células β del páncreas que

conduce a la hiperglicemia (46). En la actualidad, la ingesta de alimentos ricos en fibra dietaria ya sea en forma natural (cereales y leguminosas integrales), enriquecidos con fibra dietaria o como fibras purificadas; son consideradas como una terapia médica y es una buena estrategia para reducir la hiperglucemia postprandial en pacientes con diabetes tipo 2. Los mecanismos están basados en la reducción de la densidad en calorías de los alimentos, tiempo prolongado de masticación, aumento de la saciedad, retraso en el vaciamiento gástrico y atenuación de la velocidad de absorción de la glucosa en el intestino delgado debido a que la fibra tiene la capacidad de adsorber y retener moléculas orgánicas tal como la glucosa y grasa (46,47).

Estudios en humanos, han demostrado que el consumo de 15 g/día de fibra reduce significativamente la diabetes (41). Estudios específicos mediante la administración de 6 g de goma guar parcialmente hidrolizada (fibra soluble) en cada comida por 12 meses, redujo significativamente los niveles de glucosa postprandial en el plasma y los triglicéridos; reducción del colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (siglas en Inglés: cLDL) y el incremento significativo del colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (siglas en Inglés: cHDL), atribuidos principalmente a la formación de la viscosidad del contenido del lumen (48) que atrapa a los ácidos biliares y son excretados junto a las heces; de este modo se interrumpe la circulación entero hepática de estos compuestos. Por otro lado, la Asociación Americana de Diabetes (sigla en Inglés: ADA) recomienda el consumo de fibra entre 20 a 25 g/día (soluble e insoluble) en personas saludables para mantener un mejor control glicémico e insulínico y en pacientes con diabetes tipo 2, hasta 50 g/día de fibra; aunque esta cantidad puede presentar limitaciones en la palatabilidad y problemas gastrointestinales secundarios (1).

#### Cáncer

El cáncer del colon y del recto representa una causa muy importante de morbilidad y mortalidad en todo el mundo, especialmente en los Estados Unidos de Norteamérica, Europa y en algunos países del Asia (49). En un principio, se habían afirmado que alimentos con alto contenido de fibra dietaria estarían asociados con la disminución significativa de 40 a 45 % de riesgo de desarrollar cáncer y es más, alimentos como los granos, cereales y frutas fueron atribuidos como los que

más reducen el cáncer colorectal (50). Los posibles mecanismos anticancerígenos serían el incremento de la masa fecal y la reducción del tiempo de tránsito intestinal, la reducción de la producción del ácido biliar secundaria, la formación de los ácidos grasos de cadena corta fruto de la fermentación de las bacterias del colon, reducción del pH del colon, adsorción de los carcinógenos fecales por la fibra y la reducción a la resistencia a la insulina (51,52). Sin embargo, en estudios epidemiológicos, la afirmación anterior fue cuestionada, puesto que se encontraron resultados contradictorios, sin detectar evidencias visibles sobre el efecto protector de la fibra dietética contra el cáncer colorectal (49). Debido a estas inconsistencias, en el año 2011, el Fondo Mundial para la Investigación del Cáncer (siglas en Inglés: WCRF), ha publicado un informe en cuyas conclusiones señalan que no hay “probable” efecto protector de los alimentos con alto contenido de fibra dietética sobre el riesgo de padecer de cáncer colorectal (49); por lo que en la actualidad, los investigadores están empeñados en identificar otros factores que podrían estar involucrados tales como la edad, la dependencia genética del cáncer, la etnia y la etapa de vida; siendo necesario realizar futuras investigaciones y ajustar posibles covariables (50).

#### Enfermedad cardiovascular

Recientes estudios demuestran en forma consistente una asociación inversa entre la ingesta de alimentos ricos en fibra dietética y el riesgo de enfermedad coronaria; por consiguiente, la disminución de la enfermedad cardiovascular. Los mecanismos propuestos apuntan básicamente a las fibras solubles que forman altas viscosidades para la reducción de las concentraciones del cLDL, sin afectar las concentraciones del cHDL (41). Las alteraciones en la absorción del colesterol, ácidos biliares y el metabolismo hepático del colesterol debido a la formación de la viscosidad por la presencia de la fibra soluble es otro mecanismo que explica la reducción de la enfermedad cardiovascular (23).

El consumo de 14 g de fibra dietaria por cada 1000 kcal de energía protege de las enfermedades cardiovasculares, específicamente el consumo de fibras solubles y específicamente el consumo de 3 o más gramos de  $\beta$ -glucanos al día, disminuye el colesterol total y el cLDL entre 0,25 y 0,30 mol/L, sin variar la cantidad de cHDL o triglicéridos en la sangre (41). Por otra parte, el consumo de 2 a 10 g de semilla de *Plantago psyllium* al día, disminuye los niveles de colesterol

total en 1,55 mg/dL por cada g de semilla consumido, en tanto que el cLDL disminuye en 2,7 mg/dL (53).

#### Estreñimiento

La Asociación Americana de Gastroenterología describe al estreñimiento como un trastorno basado en los síntomas de defecación insatisfactoria, caracterizado por el movimiento poco frecuente del intestino, dificultades en el paso de las heces, sensación incompleta, heces duras y voluminosas y tiempos prologados (54). La ingesta de alimentos con bajo contenido en fibra dietaria ha sido relacionada con el estreñimiento, problema clínico común que afecta a los niños y adultos. En la mayor parte de los casos se presentan como un efecto secundario por el uso de medicamentos para el tratamiento de varias enfermedades (55,56). La ingesta de la fibra dietaria se traduce en el incremento de la masa, volumen fecal y la velocidad de tránsito intestinal; como consecuencia de la ingesta de alimentos que contienen celulosa, hemicelulosa y lignina (fibras insolubles) gracias a la capacidad de retención de agua y formación de mezclas de baja viscosidad (40, 41). El salvado de trigo, con 45,6 % de fibra insoluble y 2,4 % de fibra soluble, ha demostrado tener una gran capacidad para el incremento de la masa y volumen fecal, por consiguiente en la reducción del tiempo de tránsito intestinal; debido a la estimulación mecánica, promoción de los movimientos regulares y al peristaltismo (57,16). Por el contrario, las fibras solubles como la pectina, no tienen efectos significativos sobre la masa y el volumen fecal; aunque en algunas investigaciones señalan que pueden contribuir al incremento de la masa microbiana fruto de la fermentación; pues los microorganismos del colon tienen un contenido del 80 % de agua (58). La producción de los gases debido a la fermentación de las fibras solubles, formación de masa viscosa y al atrapamiento en el colon puede tener efectos en el volumen de las heces y una disminución del tiempo de tránsito intestinal (23).

#### Cantidades recomendadas

Las recomendaciones para la ingesta de la fibra dietaria están en función a la edad, género y la cantidad de energía ingerida. En términos generales el consumo diario de la fibra dietaria debe estar en el rango de 18 a 38 g/día para personas adultas. Específicamente para los Estados Unidos y Canadá, la Academia Nacional de Ciencias y el Instituto de Medicina de USA, recomiendan el consumo de 25 y 38 g/día para mujeres y hombres respectivamente (1). Para los niños, una reco-

mendación sencilla es la efectuada por la Academia Americana de Pediatría (siglas en Ingles: AAP), que consiste en la suma de la edad del niño (años) con 5 g de fibra/día; es decir un niño de cinco años debería de consumir 10 g/día de fibra (54). En cambio para las personas de 9 a 13 años de edad, la Academia de Nutrición y Dietética recomienda el consumo de 26 y 38 g/día de fibra para mujeres y varones respectivamente (61). Los valores actuales en el consumo de fibra dietaria están muy por debajo de los niveles recomendados, por ejemplo en los Estados Unidos la ingesta media es de 12-15 y 16,5-19,4 g/día para mujeres y hombres respectivamente (1); siendo los adolescentes los más propensos en cumplir las recomendaciones.

### CONCLUSIONES

Existe un consenso universal en la definición fisiológica de la fibra dietaria como un grupo de polímeros y oligómeros de carbohidratos que escapan a la digestión en el intestino delgado y pasan al intestino grueso, donde son fermentados en forma parcial o completa por la microbiota intestinal, con evidencias a favor de la salud. Sin embargo, desde el punto de vista químico; aún existen controversias relacionados con aquellas moléculas de 3 a 9 grados de polimerización, cuya inclusión fue propuesta por el CODEX Alimentarius y sin haber sido adoptado por la totalidad de sus países miembros. El método enzimático-gravimétrico adoptados por la AOAC con códigos de 2009.01 y 2011.25, son los que mejor se adaptan a la definición establecida por el CODEX Alimentarius.

Las fibras solubles tienen mejores propiedades de hidratación que conducen a la formación de viscosidad, fermentación, y producción de AGCC que estimulan la producción de GLP1, PYY; hormonas que regulan el apetito y la saciedad; mecanismo importantes para la modulación del sobrepeso y la obesidad. En cambio las fibras insolubles están relacionadas con el incremento de la masa y el volumen fecal, reducción del tiempo de tránsito intestinal con posibilidades del control del estreñimiento y el cáncer en el colon.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica – FONDECYT, Convenio de Subvención N° 275-2015-FONDECYT.



## REFERENCIAS

1. Miller J. CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the “fiber gap”. *Nutr J.* 2014; 13(1):1-10.
2. Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H. Dietary fibre and fibre rich by-product of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications. *Food Chem.* 2011; 124(2):411-421.
3. Hipsley HB. Dietary “Fibre” and pregnancy Toxaemia. *Br Med J.* 1953; 2(4833):420-422.
4. Burkitt DP, Walker ARP, Painter NS. Effect of dietary fibre on stools and transit times, and its role in the causation of disease. *Lancet II.* 1972; 300(7792):1408-1411.
5. Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil RT. Dietary fibre in foods: a review. *J Food Sci Technol.* 2012; 49(3):255-266.
6. DeVriers JW. On defining dietary fibre. *Proc Nutr Soc.* 2003; 62:37-43.
7. Cherbut C. Inulin and oligofructose in the dietary fibre concept. *Br J Nutr.* 2002; 87(2):S159-S162.
8. Escudero E, González P. La fibra dietética. *Nutr Hosp.* 2006; 21(2):61-72.
9. Lattimer JM, Haud MD. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients.* 2010; 12(2):1266-1289.
10. Westenbrink S, Brunt K, van der Kamp JW. Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. *Food Chem.* 2013; 140(3):562-567.
11. CODEX Alimentarius Commission. 2009. Report on the 30th session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Appendix II, p. 46. In: Codex Alimentarius Commission, ALINORM 09/32/26 Rome, Italy. 83 p.
12. De Menezes EW, Giuntini EB, Dan MCT, Sardá FAH, Lajolo FM. Codex dietary fibre definition-justification for inclusion of carbohydrates from 3 to 9 degrees of polymerisation. *Food Chem.* 2013; 140(3):581-585.
13. McCleary BV, De Vries JW, Rader JI, Cohen G, Prosky L, Mugford DC, Champ M, Okuma K. Determination of total dietary fiber (CODEX definition) by enzymatic-gravimetric method and liquid chromatography: Collaborative study. *J AOAC Int.* 2010; 93(1): 221-233.
14. Fuller S, Beck E, Salman H, Tapsell L. New Horizons for the study of dietary fiber and health: A review. *Plant Foods Hum Nutr.* 2016; 71(1):1-12.
15. Papathanasopoulos A, Camilleri M. Dietary fiber supplements: effects in obesity and metabolic syndrome and relationship to gastrointestinal functions. *Gastroenterol.* 2010; 138 (1):65-72.
16. Eswaran S, Muir J, Chey WD. Fiber and functional gastrointestinal disorders. *Am J Gastroenterol.* 2013; 108(5):718-727.
17. Shoaib M, Shehzad A, Omar M, Rakha A, Raza H, Sharif HR, et al. Inulin: properties, health benefits and food applications. *Carbohydr Polym.* 2016; 147:444-454.
18. Chawla R, Patil GR. Soluble fiber dietary. *Food Sci Food Saf.* 2010; 9(2):178-196.
19. Slavin J. Dietary fiber and body weight. *Nutrition.* 2005; 21(3):411-418.
20. Mertens DR. Challenges in measuring insoluble dietary fiber. *J Anim Sci.* 2003; 81(12):3233-3249.
21. Southgate DAT, Hudson GJ, Englyst H. The analysis of dietary fibre the choices for the analyst. *J Sci Food Agric.* 1978; 29(11):979-989.
22. Prosky L. Determination of total dietary fiber in foods products and total diet. *J Assoc Off Chem.* 1984; 67:1044-1052.
23. Mudgil D, Barak S. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber. A review. *Int J Biol Macromolec.* 2013; 61:1-6.
24. Isken F, Susanne K, Osterhoff M, Pfeiffer A, Weickert M. Effects of long-term soluble vs. insoluble dietary fiber intake on high-fat diet-induced obesity in C57BL/6J mice. *J Nutr Biochem.* 2010; 21(4):278-248.
25. Lopez - Legarrea P, Fuller NR, Zulet MA, Martinez JA, Caterson ID. The influence of mediterranean, carbohydrate and high protein diets on gut microbiota composition in the treatment of obesity and associated inflammatory states. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2014; 23(3):360-368.
26. Romo-Vaquero M, Selma MV, Larrosa M, Obiol M, Garcia-Villalba R, González L, et al. Rosemary extract rich in carnosic acid selectively modulates caecum microbiota and inhibits  $\beta$ -glucosidase activity, altering fiber and short chain fatty acids fecal excretion in lean and obese female rats. *PloS one.* 2014; 9(4): e94687.
27. Layden BT, Angueira AR, Brodsky M, Durai V, Lowe WL. Short chain fatty acids and their receptors: new metabolic targets. *Transl Res.* 2013; 161(3):131-140.
28. Ma MM, Mu TH. Effects of extraction methods and particle size distribution on the structural, physicochemical, and functional properties of dietary fiber from deoiled cumin. *Food Chem.* 2016; 194:237-246.
29. Lopez JH, Fernandez J, Pérez JA, Viuda M. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. *Food Res Int.* 2013; 51(2):756-763.

30. Yaich H, Garna H, Bchir B, Besbes S, Paquot M, Richel A, et al. Chemical composition and functional properties of dietary fibre extracted by Englyst and Prosky methods from the alga *Ulva lactuca* collected in Tunisia. *Algal Res.* 2015; 9:65-73.
31. Alarcón MA, López JH, Restrepo DA. Characterization of technological functionality of dietary fiber rich source obtained from plantain peel. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellin.* 2013; 66(1): 6959-6968.
32. Villarroel M, Acevedo C, Yañez E, Biolley E. Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación en productos de panadería. *Arch Latinoam Nutr.* 2003; 53(4):1-14.
33. López – Jiménez F, Cortés – Bergoderi M. Obesidad y corazón. *Rev Esp Cardiol.* 2011; 64(2):140-149.
34. Valdés S, García-Torres F, Maldonado-Araque C, Goday A, Calle-Pascual A, Soriguer et al. Prevalencia de obesidad, diabetes mellitus y otros factores de riesgo cardiovascular en Andalucía. Comparación con datos de prevalencia nacionales. *Rev Esp Cardiol.* 2014; 67(6):442-448.
35. Frost G, Sleeth ML, Sahuri-Arisoylu M, Lizarbe B, Cerdan S, Brody L, et al. The short-chain fatty acid acetate reduces appetite via a central homeostatic mechanism. *Nat commun.* 2014; 5:1-11.
36. Flegal KM, Carroll MD, Kit BK, Ogden CL. Prevalence of obesity and trends in the distribution of body mass index among US adults, 1999-2010. *JAMA.* 2012; 307(5): 491-497.
37. Barczynska R, Bandurska K, Slizewska K, Litwin M, Szalecki M, Libudzisz Z, et al. Intestinal microbiota, obesity and prebiotec. *Pol J Microbiol.* 2015; 64(2):93-100.
38. Devaux M, Sassi F. Social inequalities in obesity and overweight in 11 OECD countries. *Eur J Public Health.* 2011; 23(3): 464-469.
39. Sánchez FJ. 2016. La obesidad un grave problema de salud pública. En: III Curso avanzado sobre obesidad. (Eds). Real Academia Nacional de Farmacia: España, pp. 11-41.
40. Slavin J, Green H. Dietary fibre and satiety. *Nutr Bull.* 2007; 32(suppl 1):32-42.
41. Slavin J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients.* 2013; 5:1417-1435.
42. Devaraj S, Hemarajata P, Versalovic J. La microbiota intestinal humana y el metabolismo corporal: implicaciones con la obesidad y la diabetes. *Acta Bioquim Clín Latinoam.* 2013; 47(2):421-434.
43. Druart C, Alligier M, Salazar N, Neyrinck AM, Delzenne N. Modulation of the gut microbiota by nutrients with prebiotic and probiotic properties. *Adv Nutr.* 2014; 5(5):624S-633S.
44. Adam CL, Gratz SW, Peinado DI, Thomson LM, Garden KE, Williams PA, et al. Effects of dietary fibre (Pectin) and/or increased protein (Casein or Pea) on satiety, body weight, adiposity and ceecal fermentation in high fat diet-induced obese rats. *PloS one.* 2016; 11(5):e0155871.
45. Brum JM, Gibb RD, Peters JC, Mattes RD. satiety effects of psyllium in healthy volunteers. *Appetite.* 2016; 105:27-36.
46. Kim EK, Oh TJ, Kim LK, Cho YM. Improving effect of the acute administration of dietary fiber-enriched cereals on blood glucose levels and gut hormone secretion. *J Korean Med Sci.* 2016; 31(29):222-230.
47. Bae IY, Jun Y, Lee S, Lee HG. Characterization of apple dietary fibers influencing the in vitro starch digestibility of wheat flour gel. *LWT-Food Sci Technol.* 2016; 65:158-163.
48. Kapoor MP, Ishihara N, Okubo T. Soluble fibre partially hydrolysed guar gum markedly impacts on postprandial hyperglycaemia, hyperlipidaemia and incretins metabolic hormones over time in healthy and glucose intolerant subjects. *J Funct Foods.* 2016; 24:207-220.
49. Huxley RR, Woodward M, Clifton P. The epidemiologic evidence and potential biological mechanism for a protective effect of dietary fiber on the risk of colorectal cancer. *Curr Nutr Rep.* 2013; 2(1):63-70.
50. Kendall CW, Esfahani A, Jenkis DJ. The link between dietary and human health. *Food Hydrocoll.* 2010; 24(1):42-48.
51. Murphy N, Norat T, Ferrari P, Jenab M, Bueno de Mesquita B, Skeie G, et al. Dietary Fibre intake and risks of cancers of the colon and rectum in the European prospective investigation into cancer and nutrition. *PloS one.* 2012; 7(6):e39361.
52. Fuchs CS, Giovannucci EL, Colditz GA, Hunter DJ, Stampfer MJ, Rosner B et al. Dietary fiber and the risk of colorectal cancer and adenoma in woman. *N Engl J Med.* 1999; 340(3):169-176.
53. Bernstein AM, Titgemeier B, Kirkpatrick K, Golubic M, Roizen MF. Major cereal grain fibers and psyllium in relation to cardiovascular health. *Nutrients.* 2013; 5(5):1471-1487.
54. Kranz S, Brauchla M, Slavin JL & Miller KB. What do we know about dietary fiber intake in children and health? The effects of fiber intake on constipation, obesity, and diabetes in children. *Adv Nutr.* 2012; 3(1), 47-53.
55. Anderson J, Baird P, Davis RH, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, et al. Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev.* 2009; 64(4):188-205.
56. Ueberall MA, Muller-Lissner S, Buschmann-Kramm C, Bosse B. The bowel function index for evaluating

- constipation in pain patients: definition of a reference range for a non-constipated population of pain patients. *J Int Med Res.* 2011; 39(1):41-50.
57. Robin F, Schuchmann HP, Palzer S. Dietary fiber in extruded cereals: limitations and opportunities. *Trends Food Sci Tech.* 2012; 28(1):23-32.
  58. Tunland BC, Meyer D. Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2002; 1(3):90-109.
  59. Yaich H, Garna H, Besbes H, Paquot M, Blecker C, Attia H. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chemistry.* 2011; 128(4):895-901.
  60. De Moraes CT, Jablonski A, De Oliveira A, Rech R, Flores SH. Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *LWT-Food Sci Tech.* 2013; 53(1):9-14.
  61. Dahl WJ, Stewart ML. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: health implications of dietary fiber. *J Acad Nutr Diet.* 2015; 115(11):1861-1870.

Recibido: 30-10-2016

Aceptado: 21-03-2017