



Revista Chilena de Nutrición

ISSN: 0716-1549

sochinut@tie.cl

Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y  
Toxicología  
Chile

Falcón V., María del Refugio; Barrón H., Jesús Manuel; Romero B., Ana Lourdes; Domínguez S.,  
Milagros Francisca

EFFECTO ADVERSO EN LA CALIDAD PROTEICA DE LOS ALIMENTOS DE DIETAS CON ALTO  
CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA

Revista Chilena de Nutrición, vol. 38, núm. 3, septiembre, 2011, pp. 369-375

Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología  
Santiago, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46921378011>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## EFFECTO ADVERSO EN LA CALIDAD PROTEICA DE LOS ALIMENTOS DE DIETAS CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA

### ADVERSE EFFECT ON THE FOOD PROTEIN QUALITY OF DIETS HIGH IN DIETARY FIBER

María del Refugio Falcón V., Jesús Manuel Barrón H.,  
Ana Lourdes Romero B., Milagros Francisca Domínguez S.

Departamento de Investigación y Postgrado en Alimentos  
Universidad de Sonora, México.

#### ABSTRACT

*Modern diet tends to change eating habits and there is a tendency to consume more processed foods. These changes in eating habits towards more consumption of processed food, and the recognized benefic effects of dietary fiber by consumers, tend to increase the number of "high fiber" foods in the market. Although the beneficial effects of dietary fiber on human health is widely recognized, this increased consumption of dietary fiber may also have adverse effects on digestion, absorption and utilization of food proteins. Research in the past has shown that the consumption of high dietary fiber diets have an adverse effect on certain indicators of protein quality. Therefore it becomes very important to study the physicochemical properties of the various sources of dietary fiber, as well as the presence of other factors, associated to the fibrous fraction, in their possible negative influence on the protein quality of rich dietary fiber diets.*

**Key words:** dietary fiber; protein quality; digestibility; net protein ratio.

Este trabajo fue recibido el 18 de Enero de 2011 y aceptado para ser publicado el 1 de Agosto de 2011.

#### INTRODUCCIÓN

La dieta moderna ha cambiado los hábitos alimenticios y existe una clara tendencia al consumo de alimentos más procesados. Existen evidencias que el consumo de fibra dietaria en la vida moderna es insuficiente (1). Diversos estudios epidemiológicos han mostrado que un bajo consumo de fibra en la dieta puede ser un factor significativo que, conjuntamente con otros factores relacionados con la alimentación y estilo de vida, propicie el desarrollo de enfermedades más comunes de los países desarrollados (cáncer de colon, trastornos intestinales, diabetes, cardiovasculares) (2).

Las organizaciones internacionales de la salud han propuesto estrategias para reducir la incidencia de estas enfermedades, entre estas estrategias está la de adoptar un estilo de vida más saludable y el incluir una dieta rica en fibra dietaria (3). El reconocimiento de los efectos benéficos de fibra dietética ha incrementado la demanda de productos "altos en fibra", por parte de los consumidores, lo que ha obligado a la industria alimentaria a producir

una mayor variedad de productos altos en fibra (4). El consumo de fibra dietaria provee muchos beneficios a la salud. Un generoso consumo de fibra dietaria reduce los riesgos de desarrollar enfermedades como: hipertensión, diabetes, obesidad, cardiovasculares y ciertos desordenes gastrointestinales; además mejora las concentraciones lipídicas en suero, baja la presión sanguínea, mejora el control de la glucosa en diabetes, ayuda al control de peso y parece mejorar el sistema inmunológico (5).

En consecuencia se ha recomendado un incremento en el consumo diario de fibra, como complemento a una sana alimentación. El cambio de hábitos alimentarios hacia alimentos más procesados tiende a incrementar, algunas veces por propósitos publicitarios, aquellos alimentos procesados "altos en fibra". Sin embargo, aumentar la cantidad de fibra en la dieta puede también tener efectos adversos en la digestión, absorción y utilización de la proteína de los alimentos, afectando su calidad proteica.

Varios estudios han reportado que un alto consumo

de fibra dietética disminuye la utilización de nutrientes, incluyendo la proteína (6). Dietas altas en fibra han mostrado que incrementan la excreción de nitrógeno fecal, disminuyendo la digestibilidad de nitrógeno dietario en humanos y en animales de laboratorio (7-9). Varias investigaciones han analizado el efecto de fibra en la digestibilidad del nitrógeno y otros nutrientes; comprobando que tanto el nivel como las características físico-química de la fibra, como la solubilidad y la capacidad de absorción de agua influyen en la digestibilidad (10,11).

### Definición de fibra dietaria

El concepto de fibra puede tener varias definiciones, dependiendo del estudio específico. Muchos investigadores la definen en términos de los efectos en el tracto gastrointestinal humano y no sólo basado en la metodología analítica para su determinación (13). El término fibra dietaria fue usado por primera vez por Hipsley en 1953, quien discutió su significado diciendo que la fibra dietética es un término abreviado para los constituyentes no digeribles que componen la pared celular de las plantas. Desde entonces muchas definiciones de fibra dietaria han surgido por varios investigadores (14). Tradicionalmente la fibra dietaria fue definida como polisacáridos y ligninas de plantas, los cuales son resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del humano (15).

En 1998 se reunió un comité de la Asociación Americana de Químicos en Cereales (AACC) para revisar y desarrollar una definición de fibra dietaria y subsecuentemente en el año 2000 la definen como “las partes comestibles de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano con una fermentación parcial o completa en el intestino grueso”, incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina, y sustancias asociadas de la planta (16,17) y promueve efectos fisiológicos beneficiosos tales como laxante, y/o atenuación del colesterol y glucosa en sangre (18).

El concepto de fibra ha evolucionado y han surgido controversias al respecto. Dada la confusión generada por conflictos en las definiciones y el papel potencialmente importante de la fibra de proteger de un gran número de enfermedades, en la reunión de Sudáfrica del Codex Alimentarius Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses (CCNFSDU), se logró un importante consenso. En esta reunión la Organización Mundial de Salud y la Organización de Alimentos y Agricultura definieron fibra dietética como polímeros de carbohidratos con 10 o más unidades monoméricas, las cuales no son hidrolizadas por enzimas endógenas

en el intestino delgado de humanos y pertenecen a las siguientes categorías: Los polímeros de carbohidratos comestibles presentes naturalmente en el alimento; los polímeros de carbohidratos los cuales han sido obtenidos de los alimentos por medios físicos, enzimáticos o químicos y los polímeros de carbohidratos sintéticos, los cuales han mostrado tener un efecto fisiológico benéfico para la salud, demostrado por evidencia científica generalmente aceptada por autoridades competentes (19).

En esta reunión se estableció que la nueva definición Codex podría ser usada para el etiquetado de alimentos y para establecer referencias en los valores de nutrientes (20). Con las nuevas definiciones, el número de sustancias que se incluyen en el concepto de fibra ha aumentado y 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 dietaria.

### Clasificación de la fibra dietaria

En base a su fuente de origen la fibra dietaria puede clasificarse como polisacáridos de las plantas, polisacáridos de los animales y polisacáridos derivados de fuentes nativas o sintéticas. En base a su estructura, los polisacáridos pueden ser categorizados en polisacáridos con estructura molecular lineal o no lineal. En base a su solubilidad, pueden ser solubles o insolubles. Otras formas de clasificar a la fibra dietética pueden ser por sus propiedades, sus aplicaciones y de acuerdo a las bases de la química del polisacárido (21).

La fibra dietaria está compuesta por fibra dietaria total (FDT), la cual incluye la fibra dietaria insoluble (FDI) y la soluble (FDS) (22). Su solubilidad se refiere simplemente a las fibras que son dispersas en agua (23). Originalmente se pensó que esta categorización podría proveer un camino sencillo para predecir las funciones fisiológicas, pero esto no siempre ha sido el caso (24).

Las fibras no viscosas o estructurales (lignina, celulosa y algunas hemicelulosas) son insolubles en agua. Los vegetales y los granos de cereales son especialmente ricos en fibras insolubles en agua, encontrándose en cantidades mayores en trigo y maíz. La fibra insoluble en agua es capaz 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. Los componentes de este tipo de fibra son poco fermentables y resisten la acción de los microorganismos del intestino (25). Esto 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 carcinógenos con la mucosa del colon (26).

Las fibras viscosas, que forman geles de manera

natural (pectinas, gomas, mucilagos, polisacáridos de algas, algunos polisacáridos de almacenamiento y algunas hemicelulosas) son solubles en agua. Los alimentos ricos en fibra soluble son frijoles secos, avena, cebada y algunas frutas y vegetales (27). Además, existen sustancias análogas a la fibra que corresponden a la inulina, fructooligosacáridos, almidón resistente y azúcares no digestibles, las cuales en sus mayoría son solubles en agua (28).

Fermentabilidad de la fibra dietaria. La fermentación es el proceso de digestión que se lleva a cabo en condiciones anaerobias en el intestino grueso donde, la fibra llega inalterada, y las bacterias del colon, con sus numerosas enzimas de gran actividad metabólica, pueden digerirla en mayor o menor medida dependiendo de su estructura (26). En general, se acepta que la fibra soluble es viscosa y fermentable, en cambio la insoluble no es viscosa y es escasamente fermentable. Como resultado de esta fermentación bacteriana, se producen gases; hidrógeno, dióxido de carbono, metano; y ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como acetato, propionato y butirato (28, 29). Estos substratos tienen importantes efectos sobre el colonocito, ya que los AGCC inducen crecimiento y reparación de la mucosa colónica. El butirato es el substrato energético preferencial de los colonocitos.

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. Este proceso es fundamental, ya que gracias a él se produce el mantenimiento y el desarrollo de la flora bacteriana, como también de la integridad y fisiología de las células epiteliales, lo que es relevante para la absorción y metabolismo de los nutrientes (30). Tanto la fibra dietética soluble como la insoluble, se asocian con importantes beneficios a la salud (31).

#### Principales componentes de la fibra dietética

Los principales componentes de la fibra dietética han sido estudiados en sus características y propiedades, estos incluyen a los polisacáridos no almidonosos. 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 almidonosos para aquellos que llegan al colon y poseen los efectos fisiológicos de la fibra.

Se pueden clasificar en celulosa (32, 33),  $\beta$ -glucanos (34), hemicelulosas (35), pectinas y análogos (36), gomas (37) y mucilagos (32, 34). Los oligosacáridos resistentes son 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), e isomaltoligosacáridos (IMOS). Las ligninas no son un polisacárido, sino polímeros que resultan de la unión de varios alcoholes fenilpropiónicos (p-coumarilo, coniferilo y alcohol sinapílico).

Los almidones resistentes (RS) son incluidos en la definición de la fibra dietaria bajo el nombre de carbohidratos análogos. Esta fracción llamada almidón resistente se define fisiológicamente como la suma de almidón y de productos de la degradación del almidón no absorbidos en el intestino delgado de individuos sanos (38).

Los hidratos de carbono sintéticos son hidratos de carbono sintetizados artificialmente pero que tienen características de fibra dietaria: polidextrosa, metilcelulosa, carboximetilcelulosa, hidroximetilpropilcelulosos. Los oligosacáridos sintéticos son las fibras de origen animal, sustancias análogas a los hidratos de carbono que se encuentran principalmente en alimentos de origen animal: quitina y quitosán (39).

#### Recomendaciones de fibra dietaria

El consumo recomendado de fibra dietética depende de la edad y sexo de la persona y es aproximadamente de 25-38 gramos por día, el consumo de referencia dietética es de 14 gramos por 1000 Kilocalorías (40). Es deseable que la mitad derive de salvado de cereales, alimentos elaborados con granos integrales, semillas y la otra mitad de frutas y vegetales (41). En niños mayores de dos años de edad se sugiere consuman un total de fibra de acuerdo a: "edad+5" por día. Esto significa que niños de 3 años de edad necesitan 8 gramos de consumo de fibra dietaria, adolescentes de 18 años pudieran consumir 23 gramos de fibra (42, 43). Las recomendaciones del consumo de fibra dietaria no son las mismas en todos los países. El Reino Unido propone 18 g/d de fibra dietaria, expresada como polisacáridos no almidonosos, mientras que una cantidad de 30 g/d se ha propuesto en Alemania, en cambio la dieta en la India contiene cerca de 6 a 8.5 g de fibra (45). En Estados Unidos el consumo debería ser de 38 g/d para hombres y 26 g/d para mujeres (44), en promedio los americanos consumen entre 10 y 15 gramos de fibra por día. La Academia de Ciencias de Alimentos y Nutrición propuso un rango promedio del consumo de fibra de 30 y 38 g/d para hombres y de 21 a 26 g/d para mujeres.

#### Efecto fisiológico de la fibra dietaria

Las dietas altas en fibra pueden maximizar la estimulación sensorial en la boca debido a la necesidad incrementada de masticación. También guían a un vaciamiento gástrico más lento y una velocidad más

lenta de absorción de nutrientes. Una dieta alta en fibra reduce la densidad de energía de toda la dieta. Por esto, incrementando el consumo de fibra dietética ayuda en el control de peso (46). La fibra dietética puede afectar la digestión o absorción de lípidos en el intestino delgado a través de una variedad de mecanismos fisicoquímicos (47): interacción directa con lipasas (48); formación de una membrana protectora alrededor de las gotas de lípidos (49); enlazando sales biliares (50); incrementando la viscosidad. La fibra dietaria incrementa la viscosidad de las soluciones acuosas, alrededor de las gotas de lípido, alterando la eficiencia de la ruptura de la gota en el estómago y en el intestino delgado (51).

El tipo, el origen y la cantidad de la fibra tienen influencia en la función intestinal en diferentes formas: En general las fibras que son resistentes a la fermentación colónica como el salvado de trigo, cereales integrales de trigo, arroz y centeno, incrementan el contenido del intestino principalmente y las fibras solubles, más importantes por su viscosidad, tienen efectos metabólicos (pectinas de las frutas y vegetales,  $\beta$ -glucanos de la avena y la cebada, las gomas de ciertas legumbres) ya que tienden a disminuir los niveles postprandiales sanguíneos de glucosa e insulina, así como el colesterol en suero, en relación con el incremento de la pérdida de ácidos biliares por las heces (52, 53).

La fibra es un factor protector importante, en la incidencia de cáncer colorectal (54). La fibra dietética puede reducir el riesgo de cáncer colorectal al incrementar la velocidad del tránsito del material alimenticio a través del intestino grueso, mediante la fermentación y la producción de grandes niveles de ácidos grasos de cadenas cortas (55).

El hecho de que la fibra pueda enlazar una gran cantidad de agua la hace altamente útil desde el punto de vista fisiológico, ya que ésta aumenta el volumen de la fase acuosa del bolo alimenticio y disminuye la absorción de nutrientes en el intestino (56). El concepto actual de fibra debe tener en cuenta que además de los compuestos incluidos en la definición, también escapan al proceso digestivo y llegan sin degradar al colon otros constituyentes de los alimentos y son principalmente proteínas resistentes, almidón resistente, compuestos fenólicos y compuestos de maillard (57).

#### **Efecto de la fibra dietaria en la utilización de nitrógeno proteico**

Algunos estudios han reportado que la fibra dietética disminuye la utilización de nutrientes, incluyendo proteína (6). Dietas altas en fibra han mostrado que incrementan la excreción en nitrógeno fecal, disminuyendo la digestibilidad de nitrógeno dietario en humanos y en

animales de laboratorio (7-9).

Estudios realizados por Frias y Sgarbieri (9), tuvieron como principal objetivo determinar la composición de la goma guar empleada comercialmente como aditivo en alimentos, para determinar en ratas normales, el tiempo de tránsito intestinal en las dietas conteniendo concentraciones iguales de goma guar y celulosa y comparar, en estas ratas normales, el efecto de estas fibras en los niveles de glucosa, triglicéridos, colesterol total y lipoproteínas de baja densidad (C-LDL, por sus siglas en inglés) y lipoproteínas de alta densidad (C-HDL, por sus siglas en inglés); así como determinar los efectos de estas dietas en los indicadores de absorción y de utilización de proteína. Las ratas alimentadas con goma guar mostraron niveles significativamente bajos de colesterol y triglicéridos en suero sanguíneo. Se incrementaron los niveles de C-HDL, con una sustancial elevación en la relación C-HDL/C-LDL. La goma guar disminuyó la glucosa en suero durante el primer mes del experimento. La goma guar en ambas concentraciones disminuyó significativamente el consumo de la dieta experimental, comparada con la celulosa y la dieta control. El peso corporal disminuyó proporcionalmente con el consumo de alimento. La celulosa al 20% no disminuyó el consumo de alimento pero disminuyó el crecimiento comparado con el control y fue idéntico el resultado de la goma guar al 10%. La goma guar al 20% causó el mas bajo crecimiento y fue diferente de la goma guar al 10% y la celulosa al 20%.

De acuerdo a Krotkiewky (58), las fibras solubles son muy viscosas y pueden reducir el consumo de alimento, debido principalmente a sus efectos en el tiempo de vaciado gástrico. La viscosidad incrementada en el contenido gástrico producido por el carácter hidrofílico de algunas gomas, baja la velocidad del vaciado gástrico incrementando la saciedad y consecuentemente la disminución del consumo de alimento. Los dos niveles de goma guar no influyeron en la excreción fecal comparada con celulosa, la cual promovió la producción de heces mas grandes. La dieta de celulosa al 20% causó una excreción de 4 a 5 veces más que la dieta de goma guar y la dieta control. El tránsito intestinal se retrasó significativamente (25%) por la goma guar y no fue afectado por la celulosa. Los animales alimentados con la dieta de celulosa al 20% y goma guar al 20% mostraron valores de % de Digestibilidad Aparente y Razón de Eficiencia Proteica, significativamente mas bajos que los animales control. Los resultados demostraron que la goma guar en la dieta no afectó la retención de nitrógeno por el cuerpo del animal. Las dietas de celulosa afectaron negativamente la retención de nitrógeno, resultando en valores de utilización neta de proteína, significativamente bajos. Algunos investigadores han reportado una reducción en

la digestibilidad de la proteína en animales alimentados con dietas conteniendo fibras solubles e insolubles (56, 59). Aunque se ha observado que la mayoría de las fibras promueven una gran excreción de nitrógeno fecal, el balance de nitrógeno total permanece positivo (7, 60).

Otras investigaciones determinaron los efectos de los componentes de la fibra purificada y salvado de trigo en varios indicadores de la utilización de proteína en el crecimiento de la rata. Los componentes de la fibra empleados en las dietas fueron celulosa, pectina, lignina, goma guar y salvado de trigo, a niveles de 3% y 20% de fibra. Todas las fibras excepto la celulosa causaron una reducción en la Razón Neta de Proteína (RNP) comparada con el control de la dieta de caseína, esta reducción en RNP fue mayor a medida que los niveles de fibra aumentaron. El % de Digestibilidad de Nitrógeno Aparente (DNA) y % de digestibilidad de N verdadero (DNV) también disminuyeron con todas las fibras en todos los niveles.

Al nivel más alto de fibra (20%) la disminución mayor fue para goma guar y salvado de trigo y la de menor fue para celulosa. Cuando se dividió la RNP entre la digestibilidad (análogo al Valor Biológico) disminuyó con pectina, lignina y salvado de trigo (todos los niveles) y goma guar (nivel 20%), pero no con celulosa (7).

Investigaciones realizadas en humanos para ver el efecto de la goma guar sobre la utilización de nitrógeno de la dieta, muestran que la adición de una goma viscosa puede bajar la excreción urinaria endógena inmediatamente después de un alimento proteico, probablemente, a través de una elevación primaria en el dispositivo intestinal de urea endógena. Esto parece no afectar la bio-disponibilidad y la utilización postprandial de nitrógeno dietario y puede ser de valor significativo para individuos que consumen dietas con un contenido marginal de proteína, ya sea espontáneamente o por razones terapéuticas. Estos datos deberían estimular estudios adicionales para determinar la influencia de la perturbación luminal inducida por la fibra en la cinética periférica de urea y otros metabolitos de importancia clínica (8).

La fuente y el nivel de fibra en las dietas pueden afectar negativamente la utilización de la proteína por reducir la actividad intestinal de las enzimas digestivas. Estos aspectos necesitan ser estudiados en la alimentación, así como la influencia de la fibra dietética y sus fracciones en el tiempo de tránsito intestinal, según el tipo de fibra.

## RESUMEN

La dieta moderna cambia los hábitos alimenticios y existe una tendencia al consumo de alimentos más procesados. El cambio de hábito alimentario hacia alimentos

más procesados tiende a incrementar, algunas veces por propósitos publicitarios, aquellos alimentos procesados "altos en fibra". Si bien los efectos benéficos de la fibra dietética a la salud humana son ampliamente reconocidos, este aumento en el consumo de fibra dietética puede también tener efectos adversos en la digestión, absorción y utilización de la proteína de los alimentos. En las investigaciones revisadas se obtuvo que el consumo de dietas altas en fibra dietética tiene efecto adverso en ciertos indicadores de calidad proteica, por lo que la inclusión de fuentes proteicas con altos contenidos de fibra impone la necesidad de estudiar las características físico-químicas de la fibra dietética, así como la presencia de factores que pudieran unirse a la fracción fibrosa e influir negativamente en la calidad proteica.

Palabras clave: Fibra dietaria; calidad proteica; digestibilidad; razón neta de proteína.

Dirigir la correspondencia a:

Dr. Jesus Manuel Barrón Hoyos  
Departamento de Investigación y  
Postgrado en Alimentos.  
Universidad de Sonora,  
Hermosillo,  
Sonora, México  
Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n Col.  
Centro. A.P. 83000  
Teléfono: (662)2-592207  
Fax: (662)2- 592208  
E-mail: jbarron@guaymas.uson.mx

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chawla R. and Patil G.R. Soluble Dietary Fiber, *Compr Rev Food Sci Food Safety* 2010; 9: 178-96.
2. Saura-Calixto F. Evolución del concepto de fibra. En *Carbohidratos en Alimentos Regionales Iberoamericanos*. Sao Paulo: Editora de Universidad de de Sao Paulo. p. 237-53, 2006.
3. De la Plaza M. Bendersky S. Cáceres G.A. Llanos P. y Zugasti B. *Terapéutica Nutricional en Diabetes Mellitus, Parte I. Actualizaciones Nutr* 2008; 9 (2): 98-104.
4. Pérez-Alvarez J.A. Los alimentos del bienestar. *Alimentación del siglo XXI, Alimentos* 2008; 3: 54.
5. Anderson J.W. Baird P. Davis R.H. Ferreri S. Knudtson M. Koraym A. Waters V. and Williams CL. Health benefits of dietary fiber, *Nut Rev* 2009; 67(4): 188-205.
6. Wong K.H. and Cheung P.C.K. Effect of fiber-rich brown seaweeds on protein bioavailability of casein in growing rats, *Int J Food Sci Nutr* 2003; 54 (4): 269-79.



7. Shah N. Atallah M.T. Mahoney R.R. and Pellett P.L. Effect of dietary fiber components on fecal nitrogen excretion and protein utilization in growing rats, *J Nutr* 1982; 112: 658-66.
8. Mariotti F. Pueyo M.E. Tomé D. Benamouzig R. and Mahé S. Guar gum does not impair the absorption and utilization of dietary nitrogen but affects early endogenous urea kinetics in humans, *Am J Clin Nutr* 2001; 74: 487-93.
9. Frias A.C.D. and Sgarbieri V.C. Guar gum effects on food intake, blood serum lipids and glucose levels of Wistar rats. *Plant Foods Humans Nutr* 1998; 53: 15-28.
10. Larduet R. y Savón L. Predicción de la calidad de la proteína a partir de un modelo de digestión y metabolismo del nitrógeno en raciones no convencionales, *Rev Cubana Cie Agric* 1995; 29: 1-10.
11. Sauer W.C. Mosethin R. Abrens F. and Den Hartog L.A. The effect of source of fibre on ileal and faecal aminoacid digestibility and bacterial nitrogen excretion in growing pigs, *J Anim Sci* 1991; 69: 4070-77.
12. Rodríguez M. y Figueroa V. Evaluación de la fracción nitrogenada de diferentes alimentos fibrosos y su efecto en la digestibilidad in Vitro. *Rev Computadorizada Producción Porcina* 1995; 2: 45-9.
13. García-Ochoa O.E. Infante R.B. y Rivera C.J. Hacia una definición de fibra alimentaria. *An Venezolanos Nutr* 2008; 21 (1):25-30.
14. Viuda-Martos M. López-Marcos M.C. Fernández-López J. Sendra E. López-Vargas J.H. and Pérez-Álvarez J.A. Role of fiber in cardiovascular diseases: A review, *Compr Rev Food Sci Food Safety* 2010; 9: 240-58.
15. Trowell H.C. Southgate D.A.T. Wolever T.M.S. Leeds A.R. Gassull M.A. and Jenkis D.J.A. Dietary fiber redefined, *The Lancet*. 1976; 1: 96.
16. Tungland B.C. and Meyer D. Non-digestible oligo and polysaccharides (Dietary Fiber): Their physiology and role in human health and food, *Compr Rev Food Sci Food Safety* 2002; 3: 73-7.
17. Van der Kamp J.W. Asp N.G. Millar J.J. and Schaafsma. Dietary fibre bio-active carbohydrates for food and feed. Ed. Wageningen Academia Publishers. Netherlands. 2004.
18. American Association of Cereal Chemists. (AACC). Dietary Fiber Definition Committee report. The definition of dietary fiber, *Cereal Food World* 2001; 46 (3): 112-26.
19. Codex Alimentarius Commission. Report of the 30th Session of the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses (CNFSDU and WHO/FAO). ALINORM 09/32/26. 27-54. p. 49 and appendix II. 2008.
20. Cummings J.H. Mann J. Nishida C. and Vorster H. Dietary fibre: an agreed definition, *The Lancet* 2009; 373: 365-6.
21. BeMiller J.N. Classification, structure and chemistry of polysaccharides of foods. In: Cho S.S. Dreher M.L. Editors. *Handbook of dietary fiber*. New York: Marcel Dekker, Inc. 2001, p. 603-11.
22. Wang J. Rosell C.C. and Benedito de Barber C. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality, *Food Chem* 2002; 79: 221-26.
23. Figuerola F. Hurtado M.L. Estévez A.M. Chiffelle I. and Asenjo F. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potencial fibre sources for food enrichment, *Food Chem* 2005; 91: 395-401.
24. Gallaher D. and Schneeman B.O. Dietary fiber. In: Bowman, B., Russel, R., editors. *Present knowledge in nutrition*. 8th ed. Washington, D.C.: ILSI. 2001, p. 83-91.
25. Serra L. Aranceta J. Mataix V. Uauy R. *Nutrición y Salud Pública: Métodos, bases científicas y aplicaciones*. 2º Edición. 2006; 1: 10-11.
26. Escudero E. y Gonzalez P. La fibra dietética. *Unidad de Dietética y Nutrición*. Hospital La Fuenfria. Madrid. 2006; 21 (supl 2): 61-72.
27. Grigelmo-Miguel N. Gorinstein S. and Martín-Belloso O. Characterization of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient, *Food Chem* 1999; 65: 175-181.
28. Grabitske H. and Slavin J. Gastrointestinal Effects of Low-Digestible Carbohydrates, *Critical Rev Food Sci Nutr* 2009; 49: 327-30.
29. Cummings J.H. The effect of dietary fiber on fecal weight and composition. In Spiller, G.A. editors. *CRC handbook of dietary fiber in human nutrition*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2001, p. 183-252.
30. Valenzuela A. y Maíz A. El rol de la fibra dietaria en la nutrición enteral, *Rev Chil Nutr* 2006; 33 (Suplemento N°2): 342-51.
31. Gajula H. Alavi S. Adhikari K. and Herald T. Pre-cooked bran-enriched wheat flour using extrusion: Dietary fiber profile and sensory characteristics, *J Food Sci* 2008; 73: 173-9.
32. Wardlaw G.M. *Perspectivas en Nutrición*. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. México. 2005.
33. Paster M. Pellegrino J.L. Carole TM. *Industrial bioproducts: today and tomorrow*. Report prepared for the U.S. Dept. of Energy, Wshington D.C. 2003.
34. Carbonell L.A. Fernández J.M. Sayas-Babrá M.E. y Pérez-álvarez J.A. La fibra dietética en la alimentación. *División de Tecnología de Alimentos de*

- la Universidad Miguel Hernández, Alimentación, Equipos y Tecnología 2002; 169: 83-90.
35. Reddy N. and Yang Y. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications, Trends Biotechnol 2005; 23 (1): 22-7.
  36. García M. Serra N. Pujolá M. y García J. Análisis de la fibra alimentaria y sus fracciones por el método de Englyst. Alimentaria 1995; 95: 45-50.
  37. Theuvsen E and Mensink RP: Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. Phys Behav 2008; 94: 285-92.
  38. DeVries J.W. Validating official methodology commensurate with dietary fibre research and definitions in: Dietary fibre new definitions for food and health. Wageningen Academic Publishers. 2010, p. 38-9.
  39. Sebtí I. Martial-Gros A. Carnet-Pantiez A. Grelier S. Coma V. Chitosan polymer as bioactive coating and film against *Aspergillus niger* contamination, J Food Sci 2005; 72: 100-4.
  40. Position of the American Dietetic Association: Health Implications of dietary Fiber. J Am Diet Assoc 2008; 108 (10): 1716-31.
  41. Nayak S.K. Pattnaik P. and Mohanty A.K. Dietary fiber: a low-calorie dairy adjunct. Indian Food Ind 2000; 19(4): 268-74.
  42. Albertson A.M. Anderson G.H. Crockett S.J. and Goebel M.T. Ready -to-eat cereal consumption: Its relationship with BMI and nutrient intake of children aged 4 to 12 years, J Am Diet Assoc 2003; 103 (12): 1613-9.
  43. Zarzuelo Zurita A. y Galisteo Moya M. La fibra dietética en la prevención y tratamiento del síndrome metabólico. Nutr Clín Med 2007; 1 (1): 54-72.
  44. BeMiller JN: Dietary fiber intake, disease prevention, and health promotion: an overview with emphasis on evidence from epidemiology. In Van-der Kamp, J.M. Asp, N.G., Miller, J. Schaasma, G. editors. Dietary fiber. The Netherlands: Wageningen, Academic Publishers, 2004, p. 143-64.
  45. Mehta K. and Kaur A. Reviews: dietary fiber, Int J Diabetes Dev Ctries 1992; 12: 12-8.
  46. Hill J.O. and Peters J.C. Biomarkers and functional foods for obesity and diabetes. Br J Nutr 2002; 88 (2): 213-8.
  47. Lairon D. Play B. and Jourdeheil-Rahmani D. Digestible and indigestible carbohydrates: interactions with postprandial lipid metabolism, J Nutr Biochem 2007; 18 (4): 217-27.
  48. Klinkesorn U. and McClements D.J. Influence of chitosan on stability and lipase digestibility of lecithin-stabilized tuna oil-water emulsions, Food Chem 2009; 114 (4): 1308-15.
  49. Mun S. Decker E.A. Park Y. Weiss J. and McClements D.J. Influence of interfacial composition on in vitro digestibility of emulsified lipids: potential mechanism for chitosan's ability to inhibit fat digestion, Food Biophys 2006; 1 (1): 21-9.
  50. Thongngam M. and McClements J.D. Isothermal titration calorimetry study of the interactions between chitosan and a bile salt (sodium taurocholate), Food Hydrocoll 2005; 19 (5): 813-9.
  51. Gallaher D. y Schneeman B.O. Fibra alimentaria. In: Bowman B. Russell R. editors, conocimientos actuales sobre nutrición. Organización Panamericana de la salud. Publicación Técnica No. 59, 2003.
  52. Borderías A.J. Sánchez-Alonso I. and Pérez-Mateos M. New applications of fibres in foods: addition to fishery products, Trends Food Sci Technol 2005; 16: 458-65.
  53. Verdú JM. Tratado de Nutrición y Alimentación. Vol I. Ed. Océano/Ergon. Barcelona. 2009.
  54. Topping D.L. Bjka B.H. Bird A.R. Clarke J.M. Cobiac L. Conlon M.A. Morrell M.K. and Toden S. Resistant starches as a vehicle for delivering health benefits to the human large bowel, Microb Ecol Health Dis 2008; 20 (2): 103-8.
  55. Sharma A. Yadav B.S. and Ritika B. Resistant Starch: physiological roles and food applications, Food Rev Int 2008. 24:193-234.
  56. Gallaher D. and Schneeman B.O. Intestinal interaction of bile acids, phospholipids, dietary fibers and cholestyramine. Am J Physiol 1986; 250: 420-26.
  57. Cummings J.H. Dietary fibre and fermentation concluding remarks. En Dietary fibre and fermentation in the colon. Eds. Malkki Y. Cummings J.H. COST Action 92. European Commission, Brussels, 1996, p.393-4.
  58. Krotkiewski M. Effect of guar gum on body-weight hunger ratings and metabolism in obese subjects. Br J Nutr 1984; 52: 97-105.
  59. Mongeau R. Sarwar G. Peace R.H. and Brassard R. Relationship between dietary fiber levels and protein digestibility in selected foods as determined rats. Plant Foods Hum Nutr 1989; 39: 45-51.
  60. Viola S. Zimmerman G. and Mokady S. Effect of pectin and algin upon protein utilization, digestibility of nutrients, and energy in young rats, Nutr Rep Int 1970; 1: 367-75.