



Propiedades funcionales y aplicaciones industriales de los fructo-oligosacáridos

P. Hernández-Carranza* y M. T. Jiménez-Munguía

*Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de las Américas, Puebla.
Sta. Catarina Mártir, Cholula, Puebla. 72810. México*

Resumen

El consumo de alimentos que proporcionen múltiples beneficios a la salud es una tendencia actual, debido a las enfermedades y/o padecimientos que se producen a causa de ciertas deficiencias nutricionales. En nuestros días los consumidores pueden seleccionar alimentos funcionales a partir de una amplia variedad de estos productos que contengan componentes como aminoácidos esenciales, antioxidantes, fibra dietética, probióticos y prebióticos. Los fructo-oligosacáridos son hidratos de carbono que poseen propiedades funcionales, aportan beneficios a la salud, sobre todo a nivel gastrointestinal, reducen la generación de enfermedades cardiovasculares, cancerígenas, entre otras. El objetivo de este trabajo es dar a conocer las propiedades funcionales de los fructo-oligosacáridos, así como sus aplicaciones a nivel industrial, lo cual podría permitir la generación de alimentos funcionales con beneficios adicionales para el consumidor.

Palabras claves: fructo-oligosacáridos, alimentos funcionales, prebiótico.

Abstract

Eating foods that provide multiple health benefits is a current trend, due to illness and / or conditions that occur because of nutritional deficiencies. These days consumers can select functional foods from a wide variety of these products containing components such as amino acids, antioxidants, fiber, probiotics and prebiotics. The fructo-oligosaccharides are carbohydrates that have functional properties, having benefits to health, especially in gastrointestinal functions, reducing the generation of cardiovascular disease and cancer. The aim of this paper is to show the functional properties of fructo-oligosaccharides and their application at industrial level, which could allow the generation of functional foods with added benefits for consumers.

Keywords: fructo-oligosaccharides, functional foods, prebiotic.

*Programa de Doctorado en Ciencia de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica: paola.hernandezca@udlap.mx

Introducción

Los productos alimenticios son elaborados por el gusto, apariencia, costo y conveniencia para el consumidor. El diseño de productos alimenticios que confieren beneficios a la salud es una tendencia relativamente nueva, intentando generar productos que permitan la prevención de enfermedades, otorgando múltiples beneficios al consumidor. Es así como surgen los alimentos funcionales, los cuales aportan beneficios superiores a los de los alimentos tradicionales.

En la producción de algunos alimentos funcionales se emplean dos términos: probiótico y prebiótico.

El probiótico se refiere a microorganismos vivos que se adicionan a un alimento, los cuales permanecen activos en el intestino, ejerciendo importantes beneficios fisiológicos. En cambio, los prebióticos son ingredientes no digeribles que estimulan el crecimiento de los probióticos y generalmente son hidratos de carbono. En esta categoría de alimentos prebióticos se encuentran los fructo-oligosacáridos (FOS).

Los FOS representan una importante tendencia industrial por sus aplicaciones nutricionales y funcionales, siendo así que contribuyen a la mejora de enfermedades gastrointestinales, permiten la absorción de ciertos minerales, son utilizados en la industria alimenticia como edulcorantes, sustitutos de grasa, modificadores de textura, entre otros y tienen la peculiaridad de encontrarse en una gran variedad de alimentos, sobre todo en los de origen vegetal.

El objetivo de esta revisión es dar a conocer las propiedades funcionales de los FOS, así como su aplicación a nivel industrial, lo cual permitirá que puedan ser aprovechados de manera potencial, para el desarrollo de nuevos productos.

Revisión bibliográfica

1. ¿Qué son los fructo-oligosacáridos?

Los FOS son hidratos de carbono compuestos principalmente por fructosa y algunos escasos residuos de glucosa (Chacón, 2006). Son también conocidos como fructanos, oligofructanos, glucofructosanos, inulinos u oligosacáridos resistentes, cuya estructura se encuentra formada por uniones repetitivas de disacáridos tales como sacarosa, inulobiosa y levanobiosa. La unión de grupos fructosilos a la sacarosa en diferentes posiciones genera cetosas, las cuales son la base de todos los fructanos naturales (Madrigal y Sangronis, 2007).

Los FOS son fructosilpolímeros que consisten en cadenas lineales de D-fructosa (aunque se pueden observar diferentes grados de ramificación según la complejidad), presentan un enlace β 2-1 y usualmente tienen una molécula de D-glucosa terminal unida a una fructosa por un enlace α 2-1. La naturaleza de estos enlaces tiene importantes implicaciones bioquímicas que se asocian a una baja digestibilidad de los mismos cuando son consumidos por seres humanos (Perrin *et al.*, 2001). La presencia del enlace β 2-1 hace que los FOS no sean digeribles como lo sería cualquier hidrato de carbono típico, lo que a su vez tiene como consecuencia que tengan un bajo valor calórico y una funcionalidad como fibra dietética (Niness, 1999). Debido a su estructura química, los FOS son solubles en agua (Chacón, 2006).

Los fructanos presentan algunas características químicas peculiares. Dependiendo de su origen (vegetal o microbiano) pueden ser lineales, cíclicos o ramificados, aunque en los FOS se presenta una estructura polimérica predominantemente lineal. Suelen definirse en términos del grado de polimerización promedio (GP prom) y grado de polimerización máxima (GP máx).

En los de origen vegetal, el GP máx no excede de 200 y puede ser tan alto como 100,000 en los de origen bacteriano. Sus pesos moleculares son muy variables según la fuente de obtención, pero en términos generales oscilan entre 1000 y 4500 Daltones (Madrigal y Sangronis, 2007).

Después del almidón, los FOS son los polisacáridos no estructurales más abundantes en la naturaleza; están presentes en muchas especies de plantas e inclusive en algunos mohos y bacterias (Franck, 2006).

1.1 Propiedades fisicoquímicas

Los FOS poseen un sabor entre neutro y ligeramente dulce. Así por ejemplo, los FOS de más bajo peso molecular pueden tener dulzuras equivalentes al 10% correspondiente a la sacarosa (Chacón, 2006). Presentan propiedades humectantes cuando se emplean como aditivos en la industria de alimentos. Las viscosidades de las disoluciones de FOS son generalmente más altas que las de las disoluciones de los demás hidratos de carbono a la misma concentración; estas disoluciones suelen ser de mayor estabilidad térmica.

Al ser consumidos, los FOS no son hidrolizados en el tracto digestivo dada la ausencia tanto de exoinulinasa como de exolevanasas, sufriendo posteriormente por ello una fermentación en el colon. Químicamente se hidrolizan por calentamiento en una disolución de ácido oxálico (Tita y Smeekens, 2003).

1.2 Fuentes de obtención

Los FOS son de origen vegetal y también microbiano, se encuentran en la dieta desde tiempos inmemoriales (A.A.C.C., 2001). Hasta 36 000 especies diferentes de plantas contienen entre sus hidratos de carbono de reserva a diversos tipos de fructanos; en algunas de estas plantas el contenido de

fructanos puede llegar a constituir hasta el 24% de la masa cruda (Tita y Smeekens, 2003).

Las principales familias de plantas que incluyen FOS en su composición son *Liliaceae*, *Amaryllidaceae*, *Gramineae*, *Poaceae*, *Solanaceae* y *Compositae* (Marquina y Santos, 2003). Es común encontrar FOS en alimentos tales como: trigo, ajo, cebolla, cebada, cacahuete, tomate, espárrago, puerro, plátano, entre otros. En estos alimentos los FOS aportan valores energéticos entre 1 y 1.5 kcal/g (Flickinger y Fahey, 2002).

No obstante, si de cantidades se trata, las principales fuentes de FOS son la achicoria (*Cichorium intybus*), alcachofa (*Cynara scolymus*), yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y dalia (*Dahlia pinnata*) (Chacón, 2006).

2. Beneficios y desventajas de los FOS

Entre los FOS hay varios compuestos de interés, uno de los más importantes es la inulina, que es un hidrato de carbono no digerible que está presente en muchos vegetales, frutas y cereales. A nivel industrial, la inulina se obtiene de la raíz de la achicoria y se usa como ingrediente en los alimentos, ofreciendo ventajas tecnológicas importantes y beneficios a la salud. En la actualidad, la presencia de ciertas cantidades de inulina o sus derivados en la formulación de un producto alimenticio es condición suficiente para que dicho producto pueda ser considerado como alimento funcional. Tanto la inulina como los FOS se encuentran ampliamente presentes en la dieta de la mayoría de la población mundial, al punto que la ingesta suele ser de varios gramos diarios. Se ha estimado que la población de Estados Unidos consume un promedio de 1 a 4 g de FOS al día, mientras que los europeos ingieren entre 3 y 10 g diarios. Sin embargo se recomienda al menos una ingesta de 8 g de FOS en la dieta, de modo que sus funcionalidades nutricionales sean manifiestas en el organismo y no se presenten problemas de intolerancia (Sangeetha *et al.*, 2005).

Los FOS producen efectos benéficos en la salud, debido a que son parte de la fibra dietética, la cual se define como “aquella parte de plantas o bien hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y a la absorción en el intestino delgado humano y que experimentan una fermentación parcial o total en el intestino grueso; incluyéndose en esta definición polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas” (A.A.C.C., 2001).

Además de ser un aporte en fibra dietética, los FOS pueden favorecer selectivamente el crecimiento de las bacterias lácticas y *Bifidobacterium*. Esta capacidad de estimular el crecimiento en el colon de bacterias específicas consideradas beneficiosas, y de estimular y hasta anular el crecimiento de bacterias patógenas, se conoce como efecto prebiótico (Roberfroid, 2001).

En Japón se han reconocido las propiedades beneficiosas para la salud de los oligosacáridos en general y desde principios de los años 90 se han desarrollado productos, especialmente bebidas, que se están comercializando por su contenido de oligosacáridos. Se venden en Europa productos simbióticos como el yogurt

SymBalance® que contiene *Lactobacillus reuteri*, *L. acidophilus*, *L. casei*, bifidobacterias e inulina, producido por Tonilait® en Suiza y el producto holandés FysiQ® que contiene *Lactobacillus acidophilus*. Raftiline®, es un prebiótico registrado como marca comercial (Martí del Moral *et al.*, 2003, Marquina y Santos, 2003), es por ello que los FOS se consideran desde el punto de vista funcional como prebióticos. Los prebióticos se definieron en 1995 como ingredientes alimentarios no digeribles que afectan de manera beneficiosa al hospedador, estimulando el crecimiento o la actividad de una o varias bacterias del colon y, por tanto, contribuyen a la salud. Los prebióticos más que proporcionar bacterias exógenas como los probióticos, se dirigen a favorecer a las bacterias ya presentes en el colon como los *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Rao, 2001). En la Tabla I se presentan ejemplos de agentes prebióticos que cumplen dos criterios:

- 1) Deben escapar de la digestión de las hidrolasas provenientes de las secreciones pancreáticas e intestinales y, por tanto, se dice que son resistentes.
- 2) Son fermentados (selectivamente o no) por las bacterias sacarolíticas de la microflora colónica (Delzenne y Williams, 2002).

Tabla I. Selección de prebióticos añadidos o presentes en la dieta (Adaptado de Delzenne y Williams, 2002)

Clase de compuesto	Efecto sobre flora colónica	Efecto sobre AGCC/pH	Dosis del tratamiento
Fructanos (Inulina, oligofructosa)	Bifidobacteria y Lactobacilli	Sí	4-40g/día
Galacto-oligosacáridos (oligosacáridos de leche humana, dextranos, oligodextranos)	Bifidobacteria y Lactobacilli	Sí	3-10g/día
Xilo-oligosacáridos (rafínosa, estaquiosa)	Bifidobacteria y Bifidobacteria	Sí	3-10g/día
Otros oligosacáridos (arabinosilanos)	Bifidobacteria	lento	se desconoce

AGCC: ácidos grasos de cadena corta.

La utilización de prebióticos por las bacterias colónicas conlleva, en numerosos casos, a la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Estos agentes poseen un gran impacto sobre el ambiente del intestino grueso, el metabolismo de macronutrientes y la prevención de enfermedades. Los SCFA se absorben rápidamente y pueden utilizarse como fuente de energía entre comidas. Contribuyen al pH de las heces e influyen de manera importante en la función colónica, de forma que pueden incluso disminuir el riesgo de cáncer (Martí del Moral *et al.*, 2003).

Curiosamente, numerosos trabajos también apuntan la posibilidad de que los prebióticos puedan ejercer acciones fisiológicas a nivel sistémico, relacionadas con efectos sobre el metabolismo lipídico y diversos factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares (Delzenne y Williams, 2002).

Algunos prebióticos parecen tener un efecto sobre la absorción de los triacilglicéridos, con consecuencias sobre los niveles hepáticos o séricos, los cuales van en función del modelo experimental. En ratas o hámsters alimentados con dietas ricas en hidratos de carbono, se observó una disminución de los triacilglicéridos hepáticos o séricos cuando fructanos tipo inulina, almidón de arroz resistente a la fermentación, almidón de papa o de maíz rico en amilosa y FOS, se añadieron a la dieta durante varias semanas (Delzenne y Kok, 2001).

En ratas alimentadas con una dieta rica en lípidos con un 10% de fructanos, también se observó una menor trigliceridemia sin cambio a nivel hepático, lo que sugiere un efecto periférico. En general, parece ser que la acción de los prebióticos sobre el contenido lipídico sérico, hepático o corporal no es única, sino que los efectos dependen de los estados nutricionales y fisiopatológicos (Williams y Jackson, 2002).

Debido a su proceso fermentativo, los FOS pueden afectar el epitelio intestinal favoreciendo el desarrollo de la mucosa y aumentando la resistencia a las enfermedades intestinales por un mecanismo de barrera. Por esta misma razón, el consumo de FOS reduce la no aparición de lesiones intestinales ulcerativas, siendo el tratamiento de corto tiempo basado en la ingesta de FOS y bifidobacterias, una de las mejores terapias para la inflamación asociada a la colitis ulcerativa activa (Cherbut, 2002).

Se atribuye a los FOS la capacidad de evitar el estreñimiento al permitir una mejor formación del bolo fecal y favorecer la movilidad intestinal. El consumo diario de 3 a 10 g de fructanos genera un efecto anticonstipante en períodos tan cortos como una semana, lo cual es atribuible a un incremento en la producción de ácidos grasos de cadena corta y a un aumento en la peristalsis producido por la alta población de bifidobacterias (Tokunaga, 2004).

Lee *et al.* (2004) reportan que la ingesta de inulina es de mucha utilidad en la reducción de los factores de riesgo asociados a la hiperglicemia en mujeres.

El consumo de FOS ha demostrado mejorar la absorción de minerales tales como el calcio, magnesio, zinc, hierro y cobre. La absorción de minerales generalmente se da en forma mayoritaria en el intestino delgado, aunque el intestino grueso puede también representar un sitio de absorción, gracias a la ayuda de los ácidos grasos de cadena corta derivados de la fermentación (Tokunaga, 2004).

Sin embargo, no existe evidencia experimental alguna que indique que los FOS presentan algún grado de toxicidad, sin importar la cantidad ingerida como parte de la dieta; aunque en algunas personas se ha detectado que ingestas por encima de los 10 g diarios pueden llegar a producir un ligero

malestar. Usualmente, la tolerancia a los FOS no aumenta si se expone al individuo a ingestas continuas prolongadas. Ingestas inusualmente altas de fructanos puros pueden causar diarrea debido a una retención osmótica de fluidos tanto en el intestino grueso como en el intestino delgado. Motivos como el anterior hacen que aún no se considere del todo seguros a los fructanos para su inclusión en alimentos dirigidos a infantes, durante los primeros meses de vida. La máxima dosis de FOS que no causa diarrea en humanos es 0.3 y 0.4 g/kg de peso corporal en hombres y mujeres, respectivamente (Sangeetha *et al.*, 2005).

En algunas personas, la rápida fermentación de los fructanos provoca una alta concentración de hidrógeno a nivel estomacal, lo que promueve la peristalsis del colon, que desemboca en patologías similares a la intolerancia a la lactosa tales como las defecaciones irregulares, flatulencia e irritabilidad abdominal (Olesten y Gudmond-Hoyer, 2000).

3. Aplicaciones en la industria

Las principales aplicaciones de los FOS son en la industria de alimentos; éstos son utilizados como sustitutos no carcinogénicos e hipocalóricos de azúcares, generando productos de confitería, chocolatería y bebidas de aceptación sensorial en general admisible en comparación con los productos edulcorados de forma convencional (Golob *et al.*, 2004).

En alimentos de contenido de humedad muy elevado, especialmente en helados y otros derivados lácteos, así como en embutidos, los fructanos hidrolizados en concentraciones de 40-45% adoptan una textura y palatabilidad muy similar a la de la grasa, por lo cual se les puede emplear como sustitutos de ésta (Cherbut, 2002).

A diferencia de otras fibras, los FOS no dejan sabores residuales y pueden agregarse a la formulación de un producto convencional sin que esto involucre un incremento en la viscosidad de la matriz, por lo cual su uso permite aumentar el contenido de fibra sin que éste sea evidente.

En yogurt, experimentos efectuados por Guven *et al.* (2005) señalan que la suplementación de leche descremada con 1% de fructanos es capaz de generar un producto con atributos sensoriales parecidos a un yogurt fabricado con leche entera, aunque adiciones ligeramente mayores incrementaron la separación del suero.

Entre otras aplicaciones industriales de los FOS puede mencionarse: su uso como ingredientes de mayonesas ligeras, quesos bajos en calorías, productos de pastelería y panificación, y embutidos, contribuyendo a la reducción del contenido calórico y a la retención de agua de estos productos; su adición a las formulaciones de helado para evitar la formación de cristales de hielo; su empleo como emulgentes en la fabricación de margarinas; su utilización en los productos de panificación como sustitutos de azúcar; y en general su uso para modificar la textura o cremosidad de algunos alimentos son algunas de sus aplicaciones en esta área de investigación (Olesten y Gudmond-Hoyer, 2000).

A pesar de que la producción mundial de FOS está alcanzando alrededor de los 27 millones de kilogramos, éstos son prácticamente desconocidos en Estados Unidos. Lo anterior se debe primordialmente a las restricciones de la FDA, al temor de incursionar en terrenos desconocidos de muchas compañías y al poco o nulo etiquetado nutricional en idioma inglés para los productos importados. Esto explica el hecho de que los fructanos no se consuman masivamente, a

pesar de sus reconocidas cualidades funcionales (Cherbut, 2002).

Conclusiones

Los FOS son hidratos de carbono, que debido a su resistencia enzimática presentan un bajo contenido calórico y una funcionalidad como fibra dietética, la cual ejerce un efecto prebiótico para microorganismos probióticos, es debido a esta relación prebiótico-probiótico que se genera una funcionalidad para el organismo, el efecto de la combinación prebióticos-probióticos se ha definido como simbiótico, debido a que los prebióticos pueden estimular el crecimiento de cepas específicas y por tanto contribuir a la mejora de la microflora bacteriana intestinal con efectos benéficos a la salud, es por ello que se consideran a los FOS una alternativa como ingrediente para elaborar productos funcionales.

Además una ventaja de los FOS es que son muy fáciles de encontrar sobre todo en las fuentes vegetales, esto hace que puedan ser considerados una alternativa en la producción de alimentos.

Los beneficios que otorgan los FOS y que se mencionaron a lo largo de este trabajo permiten concluir que son compuestos con un gran potencial nutritivo y además que pueden ser aprovechados para la generación de nuevos productos.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) por el apoyo para la realización de este trabajo.

Referencias

- A.A.C.C. American Association Of Cereal Chemists. 2001. The definition of dietary fiber. *Cereals Food World*. 46(3):112-129.
- Chacón, V. A. 2006. Perspectivas agroindustriales actuales de los oligofructosacáridos (FOS). *Agronomía Mesoamericana*. 17(2):265-286.
- Cherbut, C. 2002. Inulin and oligofructose in the dietary fiber concept. *British Journal of Nutrition*. 87(2):S159-S162.
- Delzenne, N. M. y Kok, N. 2001. Effects of fructans type prebiotics on lipid metabolism. *Journal Clinical Nutrition*. 73(2 Suppl):456S-458S.
- Delzenne, N. M. y Williams, C. M. 2002. Prebiotics and lipid metabolism. *Curr Opin Lipidol*. 13:61-67.
- Flickinger, E. A. y Fahey, G. C. 2002. Pet food applications of inulin, oligofructose and other oligosaccharides. *British Journal of Nutrition*. 87(2):297-300.
- Franck, A. 2006. Inulin. En: Stephen A. (Editor). Marcel Dekker. *Food Polysaccharides and their Applications*. Segunda Edición. New York, EE.UU: pp 733-746.
- Golob, T., Micovic, E., Bertoneclj, J., y Jaminik, M. 2004. Sensory acceptability of chocolate with inulin. *Acta Agriculturae Slovenica*. 83(2):221-231.
- Güven, M., Yasar, K., Karaca, O. B. y Hayaloglu, A. A. 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology*. 58(3): 180-184.
- Lee, E. Y., Kim, Y. Y., Jang, K. H., Kang, S. y Choue, R. 2004. The effect of inulin supplementation on blood lipid levels, and fecal excretion of bile acid and neutral sterol in Korean postmenopausal women. *Korean Journal of Nutrition*. 37(5):352-363.
- Madrigal, L. y Sangronis, E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 57(4):387-389.
- Marquina, D. y Santos, A. 2003. Probióticos, prebióticos y salud. *Revista Actualidad*. 32:24-27.
- Martí del Moral, A., Moreno-Aliaga, Ma. J. y Martínez, H. A. 2003. Efecto de los prebióticos sobre el

- metabolismo lipídico. *Nutrición Hospitalaria*. (4):181-188.
- Niness, K. 1999. Breakfast foods and the health benefits of inulin and oligofructose. *Cereal Foods World*. 44(2):79-81.
- Olesten, M. y Gudmond-Hoyer, E. 2000. Efficacy, safety and tolerability of oligofructosaccharides in the treatment of irritable bowel syndrome. *American Journal of Clinical Nutrition*. 72:1570-1575.
- Perrin, S., Warchol, M., Grill, J. P. y Schneider, F. 2001. Fermentations of fructooligosaccharides and their components by *Bifidobacterium infants* ATCC 15697 on batch culture in semi synthetic medium. *Journal of Applied Microbiology*. 90(6):859-865.
- Rao, V. A. 2001. The prebiotic properties of oligofructose at low intake levels. *Nutrition Research*. 21:843-848.
- Roberfroid, M. B. 2001. Prebiotics: preferential substrates for specific germs. *American Journal of Clinical Nutrition*. 65(5):405-408.
- Sangeetha, P. T., Ramesh, M. N. y Prapulla, S. G. 2005. Recent trends in the microbial production, analysis and application of fructooligosaccharides. *Trends in Food Science & Technology*. 16:442-457.
- Tita, R. y Smeekens, S. 2003. Fructans: beneficial for plants and humans. *Current Opinion in Plant Biology*. 6(3): 223-230.
- Tokunaga, T. 2004. Novel physiological function of fructooligosaccharides. *BioFactors*. 21(1/4):89-94.
- Williams, C. M. y Jackson K. G. 2002. Inulin and oligofructose: effects on lipid metabolism from human studies. *British Journal of Nutrition*. 87(2 Suppl):261-264.