

Aplicabilidade dos frutooligossacarídeos como alimento funcional

Applicability of fructooligosaccharides as functional food

LORENA PEREIRA DE SOUZA ROSA^{1,2} [LATTES]

DAIANY DE JESUS CRUZ¹ [LATTES]

CORRESPONDÊNCIA PARA:

daianslmb@hotmail.com

R. Agenor Vigário da Costa, Qd. 6, Lt.: 22, s/n, Goiânia, GO.

1. Pontifícia Universidade Católica de Goiás

2. Universidade Federal de Goiás

RESUMO

O setor alimentício busca desenvolver alimentos que, além de características nutricionais adequadas, apresentem componentes que exercem funções biológicas capazes de prevenir doenças e promover a saúde, como os alimentos funcionais. Dentre esses alimentos, destacam-se os frutooligossacarídeos. Assim, este trabalho teve o objetivo de caracterizar os frutooligossacarídeos quanto às suas propriedades físico-químicas, aplicação na indústria de alimentos, fontes naturais e função como prebiótico na saúde humana. Trata-se de um estudo descritivo, do tipo revisão bibliográfica, de abordagem qualitativa. Os resultados mostram a importância dos estudos que buscam assegurar as propriedades dos frutooligossacarídeos, evidenciando a sua importância como um componente promissor para a indústria alimentícia e para os indivíduos que buscam uma alimentação mais saudável, com diversas características funcionais.

Palavras-chave: frutooligossacarídeos, prebióticos, alimentos funcionais, oligofrutoses.

ABSTRACT

The food industry aims to develop foods that, beyond adequate nutritional characteristics, also present components which have biological functions in order to prevent disease and promote health, such as functional foods. Among these foods are fructooligosaccharides. Thus, this work aimed to characterize fructooligosaccharides and their physicochemical properties, its applications in the food industry, natural resources, and also their function as prebiotics in human health. This a descriptive study of literature review, of qualitative approach. The results show the importance of studies that seek to ensure the properties of fructooligosaccharides, emphasizing its importance as a promising component for the food industry and for individuals seeking a more healthy diet, with many functional characteristics.

Keywords: fructooligosaccharides, prebiotics, functional foods, oligofructose.

INTRODUÇÃO

As alterações na estrutura da dieta, associadas a mudanças econômicas, sociais e demográficas e suas repercussões na saúde populacional, foram observadas em diversos países em desenvolvimento (POPKIN, 2001).

Conforme Monteiro, Mondini e Costa (2000), no período entre 1988 e 1996, observou-se um aumento do consumo de ácidos graxos saturados, açúcares e refrigerantes, em detrimento da redução do consumo de carboidratos complexos, frutas, verduras e legumes, nas regiões metropolitanas do Brasil.

Dados sobre o consumo de ácidos graxos “trans”, encontrados principalmente nas margarinas, alimentos tipo fast-foods e outros produtos industrializados, ainda são escassos. Entretanto, entre 1962 e 1988 o consumo de margarina no Brasil subiu de 0,4 para 2,5% do total de calorias. Observou-se também, um incremento da densidade energética, favorecido pelo maior consumo de carnes, leite e derivados ricos em gorduras (MONTEIRO, MONIDNI, COSTA, 2000).

A crescente substituição dos alimentos in natura ricos em fibras, vitaminas e minerais, por produtos industrializados, associada a um estilo de vida sedentário, favorecido por mudanças na estrutura de trabalho e avanços tecnológicos, compõem um dos os principais fatores etiológicos das doenças crônicas não transmissíveis (BARRETO; CYRILLO, 2001; POPKIN, 2001).

No entanto, esse cenário de transição nutricional impôs a busca de novos conhecimentos científicos e tecnológicos, principalmente no campo da Nutrição, visando modificações importantes nesse estilo de vida adotado pelos indivíduos (SAAD, 2006).

O setor alimentício busca o desenvolvimento de alimentos que apresentam, além de características nutricionais adequadas, componentes que exercem funções biológicas no intuito de prevenir doenças e promover a saúde, como os alimentos funcionais (FUCHS *et al.*, 2005).

Dentre os alimentos funcionais destaca-se os frutooligosacarídeos (FOS).

O FOS pode ser encontrado em quantidades expressivas também em alimentos como

cebola, banana, alcachofra, alho, chicória, e na batata yacon (DA SILVA *et al.*, 2007; SANTOS; CANÇADO, 2009).

Os frutooligosacarídeos além de serem utilizados na elaboração de produtos são importantes devido aos inúmeros efeitos que vêm sendo comprovado pela literatura em relação ao benefício na saúde, como redução dos níveis de colesterol e do teor de glicose sanguínea, sendo indicado ainda um consumo regular como tratamento dessas doenças (PEREIRA, GIBSON, 2002; COUNDRAY *et al.*, 2003; DA SILVA *et al.*, 2007).

Portanto os frutooligosacarídeos são componentes promissores devido a crescente demanda do mercado mundial em busca de alimentos saudáveis e ainda são aliados na prevenção de doenças.

Nesse sentido essa revisão tem como objetivo caracterizar os frutooligosacarídeos quanto as suas propriedades físico-químicas, sua aplicação na indústria de alimentos, suas fontes naturais e ainda como prebióticos na saúde humana.

METODOLOGIA

A presente revisão bibliográfica foi obtida a partir de pesquisas realizadas na Biblioteca Virtual de Saúde nas bases de dados SCIELO, LILACS e MEDLINE. Para a obtenção dos periódicos foram utilizados os seguintes descritores, combinados ou não: “Frutooligosacarídeos”, “prébiotico”, “próbiotico”, “fibra alimentar”, “oligofruktoses”, “alimentos funcionais”, “frutanos”. Não houve estabelecimento de limites de tipo de estudo para obtenção dos artigos ou de data limite pela ausência de publicação específica do tema. Os idiomas selecionados foram o português, inglês e/ou espanhol.

RESULTADOS

Os alimentos funcionais são aqueles que participam da nutrição básica e promovem um efeito benéfico à saúde a ao bem estar de um indivíduo, fornecendo nutrientes que contribuem com o valor nutricional (SANTOS; CANÇADO, 2009).

O trato gastrintestinal humano é um microecossistema cinético que possibilita o desempenho normal das funções fisiológicas do hospedeiro, a

menos que microrganismos prejudiciais e potencialmente patogênicos dominem. Destaca-se então, para manter um equilíbrio apropriado da microbiota, a suplementação sistemática da dieta com probióticos, prebióticos e simbióticos (BIELECKA; BIEDRZYCKA; MAJKOWSKA, 2002).

Os probióticos são suplementos alimentares adicionados aos alimentos em quantidades adequadas influenciando seu valor nutritivo e terapêutico. São representados pelas culturas de microrganismos vivos (bactérias benéficas e leveduras) que contribuem melhorando o sabor do produto final além de produzirem substâncias antimicrobianas (OLIVEIRA *et al.*, 2002).

A medicina humana utiliza os probióticos visando à prevenção e tratamento de doenças, regulação da microbiota intestinal, inibição de carcinogênese e em distúrbios do metabolismo gastrointestinal (COPPOLA; GIL-TURNES, 2004).

As principais bactérias empregadas em alimentos funcionais como probióticos são as pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacteriu* (FUCHS *et al.*, 2005).

Os prebióticos são definidos como ingredientes fermentáveis, porém não digeríveis, cujos efeitos beneficiam os hospedeiros por estimular o crescimento seletivo e ativar o metabolismo de bactérias promotoras da saúde no trato intestinal, principalmente as bifidobactérias (RENHE *et al.*, 2008).

A ação principal dos prebióticos é estimular o crescimento e/ou a ativação do metabolismo de muitos grupos de bactérias benéficas no trato intestinal (RENHE *et al.*, 2008).

A combinação de prebióticos e probióticos pode resultar em efeitos sinérgicos. Um produto no qual se encontram pré e probióticos é denominado simbiótico (RENHE *et al.*, 2008).

Entretanto, vários estudos têm chamado a atenção para o curto período de vida dos probióticos e para a contribuição dos prebióticos (oligofrutose, inulina, rafinose e estaquiase) no aumento da viabilidade dos microrganismos presentes no cólon (LOSADA; OLLEROS, 2002).

Outra vantagem dos prebióticos, em relação aos alimentos funcionais é a utilização ampla na indústria alimentícia, na fabricação de iogurtes,

leite, queijos, confeitados, cereais em barra e cereais infantis (RENHE *et al.*, 2008).

Dentre os prebióticos, destacam-se a oligofrutose, a inulina e os frutooligossacarídeos (FOS) (SAAD, 2006).

Frutooligossacarídeos: definição

Os frutooligossacarídeos (FOS) ou oligofrutoses pertence ao grupo das frutanas e são sintetizados por uma grande variedade de plantas. Eles são uma mistura de frutanos de diferentes tamanhos, e a diferença entre o FOS e a inulina está no número de moléculas de frutose que compõem essas cadeias. A inulina tem de 2 a 60 cadeias, enquanto na FOS são menores as quantidades, de 2 a 10 cadeias (NINNESS, 1999).

São mais solúveis que a sacarose e fornecem entre 30-50% da doçura desta, por isso são chamados de açúcares não-convencionais (SPIEGEL *et al.*, 1994).

Podem ser encontrada em quantidades expressivas na cebola, banana, alcachofra, alho, raízes de almeirão e beterraba (GIBSON; ROBERFROID, 1995), e também na raiz da batata yacon (GOTO *et al.*, 1995).

O FOS tem grande resistência às enzimas salivares e digestivas, pela sua configuração molecular, sendo não-digeridas pelo organismo humano, chegando ao intestino grosso intacto, podendo assim ser fermentado pelas bactérias anaeróbicas presentes no colón, chamadas de bifidobactérias, desempenhando um papel funcional no organismo (BURIGO *et al.*, 2007).

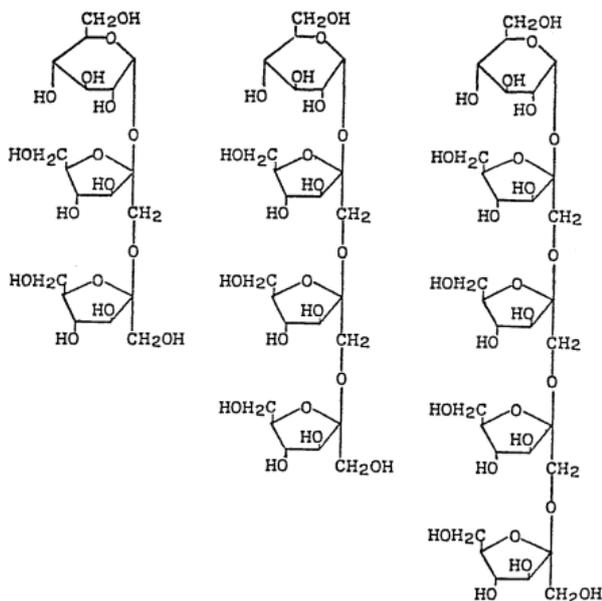
Estrutura química

Os FOS são formados por oligômeros de frutose que são compostos de 1 cestose, nistose e frutofuanosil nistose e em que as unidades de frutose são ligadas na posição $\beta(2 \rightarrow 1)$ da sacarose, o que os distingue de outros oligômeros (YUN, 1996). É esse tipo de ligação que lhe confere a resistência à digestão ou hidrólise digestiva (FAGUNDES; COSTA, 2003).

A síntese desses compostos nas plantas inicia-se a partir da transferência de uma unidade de frutose entre duas moléculas de sacarose, portanto alguns FOS possuem uma molécula

de glicose na extremidade da cadeia (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

Figura 1: Estrutura química dos principais FOS, adaptado de Passos e Park, 2003.



Propriedades físico-químicas

Os frutooligossacarídeos apresentam cadeias curtas e são muito higroscópicos. Sua capacidade de retenção de água é superior a da sacarose e não participa da reação de Maillard, por ser um carboidrato redutor (MULTON, 2007).

São fibras estáveis, capazes de suportar temperatura superior a 140°C e ainda pH acima de 3. A solubilidade atingida na água a 25°C é de 80%, sendo solúvel em etanol a 80%, diferenciando-se de outros polissacarídeos (BORNET, 2007). E ainda resistem a processos térmicos, como a pasteurização, não são cariogênicos e nem deixam sabor residual (VAN LOO *et al.*, 1999).

Obtenção industrial

Comercialmente, os FOS são suplementos caros, custando em média cerca de U\$0,20 por grama (PASSOS; PARK, 2003).

Podem ser divididos em dois grupos, para fins comerciais.

O primeiro grupo é o preparado por hidrólise enzimática de inulina, e consiste em unidades lineares de frutossil com ou sem unidade final de glicose. Utiliza-se para hidrólise a

enzima inulinase e o produto final é chamado de Raftilose® (Orafti Ltda., da Bélgica), ou como Frutafit, produzido pela Imperial-Suikner Unie, da Holanda. O DP desses produtos varia de 1 a 7 unidades de frutossil (BORGES, 2001).

O segundo grupo é preparado por reação enzimática de transfrutossilacção em resíduos de sacarose, com grau de polimerização variando entre 1 e 5 unidades de frutossil. Esse produto é produzido no Japão e comercializado como Neosugar, Meiologo e Nutraflora (Meiji Seika Co.) Na Europa é produzido e comercializado o Actilight pela Beghin Meiji Industries (HARTEMINK; VANLAERE; ROMBOUTS, 1997).

Estima-se que no meio-oeste da Holanda consuma-se entre 2 a 12g de FOS por dia per capita (HARTEMINK; VANLAERE; ROMBOUTS, 1997). No Japão há um consumo diário estimado em 13,7mg por kg por dia (SPIEGEL *et al.*, 1994).

Como status legal, os FOS são considerados ingredientes e não aditivos alimentares, na maioria dos países. São fibras dietéticas, confirmado pelas autoridades legais em vários países, e nos Estados Unidos ainda possuem o status GRAS (Generally recognized as safe) (PASSOS; PARK, 2003).

Aplicação dos frutooligossacarídeos em indústrias alimentícias

Muitas preparações, como bebidas lácteas, doces, balas, sobremesas e geléias, principalmente as fabricadas no Japão, apresentam FOS em sua formulação (TANAKA; MATSUMOTO, 1998).

Os FOS são ingredientes alimentares ideais para a indústria de alimentos, por terem aplicação em várias áreas, sendo indicado o seu uso em formulações dietéticas como sorvetes, cremes vegetais, patês e sobremesas, adicionados em barras de cereais e biscoitos para elevar o conteúdo de fibras alimentares, e também em bebidas lácteas e leites fermentados (BORNET, 1994).

A utilização de FOS com sucesso na indústria de alimentos se deve ao fato de que são possuidores de inúmeras propriedades como já citadas anteriormente (4.3) como resistir a processos térmicos (pasteurização); ser considerado isento de calorias (1-1,5 Kcal por grama); não ser

cariogênico; não cristalizar e não precipitar ou deixar sabor residual (MOLIS, 1996; YUN, 1996).

Como fibras alimentares, são ideais, pois podem ser adicionados a qualquer tipo de alimento, não acrescentam sabores ou alteram a viscosidade do produto final, resistem à digestão, mas são rapidamente fermentadas pelas bactérias presentes no cólon, apresentam alta dispersão em água e atuam aumentando o bolo fecal e reduzindo a incidência de constipação (PROSKY; HOEBREGS, 1999; SCHNEEMAN, 1999).

Há também a possibilidade da suplementação de alimentos infantis com FOS de alto peso molecular com o intuito de facilitar o trânsito intestinal de recém-nascidos (MORO *et al.*, 2002).

Além da utilização direta do FOS na indústria, tem-se ainda a crescente utilização de alimentos in natura ricos em FOS como a batata Yacon. Estudo recente (HONDO; OKUMURA; YAMAKI, 2000) indica a possibilidade de produção de vinagre de yacon contendo FOS contidos na própria yacon.

Moscatto, Ferreira e Haully (2004) utilizaram a farinha de yacon e inulina como ingrediente na formulação de bolo de chocolate. O produto obtido teve vantagens como maciez e alto teor de fibra alimentar, com boa qualidade sensorial e nutricional atendendo as exigências do mercado consumidor, além dos benefícios adicionais para a saúde da batata yacon.

Em 2007, novas análises foram feitas para a aceitação do pão integral com batata yacon in natura. O pão apresentou características sensoriais satisfatórias, e boa aceitação, sendo mais uma alternativa de produto a ser produzido e comercializado pelas indústrias de panificação (DZAZIO *et al.*, 2007).

Alimentos fontes de frutooligossacarídeos

Os FOS são encontrados naturalmente em vegetais e plantas como alcachofra, raiz de chicória, dália, dente de leão, alho, cebola, banana e outras (RENHE *et al.*, 2008). É um alimento promissor que vem se destacando por ser fonte de FOS é a batata yacon.

A batata yacon

Smallanthus sonchifolius (yacon) é uma raiz tuberosa, oriunda da região Andina, que tem

sido considerada como alimento nutracêutico em decorrência de seus componentes designados, como fibras alimentares solúveis e prebióticos - devido a sua baixa digestibilidade pelas enzimas do trato gastrointestinal humano, estímulo seletivo do crescimento e atividade de bactérias intestinais promotoras da saúde. Além disso, tem efeito hipoglicemiante (SANTANA; CARDOSO, 2008).

Quantidades apreciáveis de frutooligossacarídeos (FOS) são armazenadas nas raízes tuberosas da Yacon, diferente de outras raízes que acumulam amido como carboidrato de reserva (DA SILVA *et al.*, 2006B).

Ainda pouco conhecida no Brasil foi introduzida na década de 90 por um agricultor brasileiro de origem japonesa (HERMANN; FREIRE; PAZZOS, 1997).

Pode ser consumido in natura, desidratado ou na forma de infusão de suas folhas e raízes. Além do consumo de inúmeros produtos que podem ser feitos a partir da batata yacon (SILVA *et al.*, 2004).

Quando recém colhidas, as raízes são insípidas e adquirem sabor doce e refrescante após 3-5 dias de exposição ao sol devido à hidrólise parcial dos oligofrutanos que se reduzem a moléculas de glicose, frutose e sacarose. O National Research Council descreve o sabor do yacon como semelhante à maçã fresca picada e que lembra melancia ou pêra.

O percentual de FOS encontrados na batata yacon situa-se em torno de 40 a 70% dos carboidratos (SPIEGEL *et al.*, 1994).

Ressaltando ainda mais as propriedades da batata yacon como alimento funcional, além de ser rica em frutooligossacarídeos, ela tem propriedades antioxidantes importantes, o que possibilita outros estudos e análises sobre esse alimento.

Os antioxidantes são compostos químicos com capacidade de reagir com os radicais livres e, assim, restringir os efeitos maléficos ao organismo. O corpo humano tem a capacidade de produzir alguns antioxidantes endógenos, mas a maioria vem pela ingestão dos alimentos.

Os radicais livres são formados, naturalmente, no metabolismo celular e, também, durante os exercícios físicos e exposição da pele aos raios

solares. A superprodução destes radicais pode ocorrer em pessoas fumantes ou com inflamações crônicas, expostas a poluição ambiental. As moléculas que formam os radicais livres são instáveis e reativas e para se estabilizarem seqüestram elétrons de outras moléculas, levando a danos biológicos potenciais como a oxidação do LDL, o que pode aumentar o risco de aterosclerose; promoção de adesão plaquetária, o que pode acarretar trombose, aumentando o risco de AVC (acidente cardiovascular) e enfarte; dano ao DNA, proteínas e outros componentes da membrana celular, originando aberrações cromossômicas e neoplasias e potencialização da inflamação e desequilíbrio da função imune (SANTANA; CARDOSO, 2008).

As características químicas dos antioxidantes incluem sua solubilidade, habilidade regenerativa, relação estrutura/atividade e biodisponibilidade, que são fatores importantes quando se considera o papel destes compostos na saúde humana (SANTANA; CARDOSO, 2008).

Por essas propriedades funcionais e principalmente pela alta concentração de frutooligosacarídeos modelos experimentais de ratos diabéticos vêm sendo desenvolvidos na tentativa de avaliar a glicemia desses animais que consomem a dieta que contenha yacon.

Reis, Pardal e Baldissera (2006) investigaram o uso dos extratos foliares da Yacon como coadjuvante no tratamento do diabetes em ratos diabéticos aloxanos induzidos, e apontou-se um efeito mediador da glicemia sanguínea dos grupos de ratos que consumiram o yacon.

A oferta de solução aquosa da raiz de yacon para ratos diabéticos e não diabéticos foi avaliada de acordo com a resposta glicêmica dos ratos. Essa solução teve efeito hipoglicemiante nos ratos machos e fêmeas do estudo (OLIVEIRA *et al.*, 2002).

Volpato *et al.* (2007) também avaliou o efeito do extrato aquoso de yacon em ratas diabéticas e não diabéticas, porém não obtiveram diferenças significativas relacionadas a glicemia, sugerindo utilizar doses maiores que 32,4mg/kg do extrato.

E sem dúvidas inúmeras pesquisas ainda serão desenvolvidas na tentativa de comprovar os efeitos positivos desse tubérculo promissor.

Figura 2: Raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius*).



FOS e efeitos como prebióticos

Existem vários estudos que comprovam os efeitos benéficos da ingestão de FOS. Esses açúcares não convencionais foram classificados como assistentes da “flora amiga” do trato intestinal, como *Lactobacillus* e *Bifidobacteria*. Eles melhoraram o metabolismo de *Bifidobacteria* e diminuíam o pH do intestino grosso, destruindo bactérias putrefativas. A ingestão diária desses carboidratos pode resultar num aumento de bifidobactérias no trato intestinal (HARTEMINK *et al.*, 1997).

Os FOS são conhecidos como prebióticos, desde que promovem o crescimento de probióticos, como *Acidophilus*, *Bifidus* e *Faecium*, promovendo, estabilizando e aumentando a proliferação dessas bactérias benéficas no trato gastrointestinal do hospedeiro. A incorporação de FOS na dieta ou uma suplementação intensificam a viabilidade e adesão dessas bactérias benéficas no trato gastrointestinal, mudando a composição de sua microbiota. Ao mesmo tempo, bactérias patogênicas incluindo *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* e outras têm sido inibidas, concomitantemente (YAMASHITA *et al.*, 1984, WANG; GIBSON, 1993, SPIEGEL *et al.*, 1994, GIBSON; ROBERFROID, 1995).

No tocante à dose bifidogênica de FOS, autores como Roberfroid, Van Loo e Gibson (1998) afirmaram que cerca de 4 g por dia seriam suficientes para um adulto.

Bouhnik (1996) demonstrou que a ingestão de FOS, em doses de 12,5 g/dia durante três dias

(doses clinicamente toleradas), produz decréscimo na contagem de anaeróbios totais nas fezes e diminuição de pH, da atividade de nitrorredutases, das concentrações de bile ácida e dos níveis séricos de colesterol total e lipídios.

O equilíbrio produzido na flora gastrointestinal pelo consumo de FOS estimula outros benefícios no metabolismo humano, como a redução da pressão sanguínea em pessoas hipertensas, alteração do metabolismo de ácidos gástricos, redução da absorção de carboidratos e lipídeos, normalizando a pressão sanguínea e lipídeos séricos e melhoria do metabolismo de diabéticos (YAMASHITA *et al.*, 1984, SPIEGEL *et al.*, 1994).

FOS e efeitos benéficos para a saúde

A literatura tem comprovado propriedades importantes dos FOS no metabolismo humano.

Muitos modelos *in vivo* envolvendo ratos têm demonstrado por exemplo, uma significativa influência favorável dos FOS na inibição da carcinogênese do cólon.

Reddy, Hamid e Rao (1997) induziram lesões pré-cancerosas em ratos usando azozimetano e, em seguida, alimentaram os ratos com dietas contendo 10% de FOS. Como resultado, houve uma redução significativa das lesões.

Taper e Roberfroid (1999) implantaram células tumorais de dois tipos (hepáticas e mamárias) em ratos e, na seqüência, os trataram com 150 g/kg de FOS. Os resultados demonstraram uma redução no crescimento dos tumores, quando comparados com um placebo. Outro mecanismo de ação dos FOS na inibição do crescimento tumoral ocorreria via formação de ácidos graxos de cadeia curta, mais precisamente pelo aumento da formação do butirato, que é considerado um agente antineoplásico em potencial (GAMET *et al.*, 1992).

Pierre *et al.* (1995) mostraram uma redução na taxa de formação de tumores no intestino delgado e no cólon depois de consumir FOS junto com a dieta, resultados confirmados recentemente por Buddington, Donahoo e Buddington (2002).

Há evidências em estudos com animais que os probióticos têm um efeito regulador no

sistema imunológico (ERICKSON; HUBBARD, 2000; WOLD, 2001).

Os FOS têm ação de imunomoduladores via bifidobactérias, auxiliando no ataque imunológico contra células malignas ou bactérias putrefativas resistência adquirida do hospedeiro contra fungos patogênicos (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

Testes de laboratórios vem sendo desenvolvidos também no sentido de demonstrar a relação dos FOS com a maior absorção de minerais como o cálcio, magnésio e fósforo mediante sua ingestão.

Lopez, Coudray e Levrat-Verny (2000), estudaram a administração de diferentes dietas em ratos e verificaram que a dieta com FOS aumentou a absorção de Ca e Mg no intestino.

Outras pesquisas apontam para uma maior absorção de cálcio em humanos, acompanhado de um aumento da densidade da massa óssea, o que pode indicar que o consumo de FOS reduz o risco de osteopenia e osteoporose (VAN LOO *et al.*, 1999).

Van Den Heuvel *et al.* (1999) conduziram estudos *in vivo* com jovens que receberam 15 g por dia de inulina e observaram um aumento na absorção de cálcio. O aumento da absorção mineral parece estar relacionado com o tipo e a quantidade de FOS e minerais presentes na dieta. Os autores concluem que há necessidade de outros estudos que confirmem esse efeito.

Em relação ao metabolismo de lipídios, Delzenne *et al.* (1993) relataram o decréscimo dos triacilgliceróis no sangue de ratos alimentados com dietas contendo 20% de FOS e 10% de inulina do total da dieta diária, corroborando resultados propostos por Fiordaliso *et al.* (1995), que observaram uma redução de 15% nas taxas de colesterol total, 15% dos fosfolipídios e 25% nos triacilgliceróis em ratos após a ingestão de 10% de FOS.

Os efeitos hipolipidêmicos dos FOS foram observados também em humanos. Davidson *et al.* (1998) conduziram um experimento em sujeitos com níveis de lipídios levemente alterados no sangue e verificaram uma diminuição de 8,7% na concentração de colesterol total e de 14,4% na

concentração de LDL-colesterol após a ingestão de 18 g por dia de inulina.

No tratamento de anemia, Sakai *et al.* (2000) mostraram que os FOS de cadeia curta tem efeitos mais fortes que o da inulina.

A adição de FOS na dieta de ratos também foi capaz de reduzir em 20 a 30% o nível de uréia no sangue e nos rins, indicando a potencialidade em terapias de doenças renais crônicas (YOUNES *et al.*, 1996).

Estudos conduzidos por Wolf *et al.* (1997) com hamsters fêmeas acometidas de infecção por *Clostridium difficile* demonstraram que a suplementação com FOS em suas dietas aumentou o seu tempo de sobrevivência. Essa suplementação pode ser benéfica a pacientes com longo tempo de internação hospitalar, que possuam risco de infecção por *C. difficile*.

Há evidências bem fundamentadas da relação entre a qualidade da alimentação e os riscos de desenvolver o diabetes mellitus. Tem sido demonstrada uma correlação positiva entre a prevalência do diabetes e o alto consumo de gorduras saturadas e ao baixo teor de fibras da dieta (QUINTEROS, 2000).

O fato do FOS não ser metabolizado pelo aparelho digestivo, devido à incapacidade das enzimas em hidrolisar suas ligações, melhora o controle glicêmico, já que apresentam o efeito de fibras dietéticas, controlando a velocidade de absorção da glicose, evitando os picos glicêmicos pós-prandiais e ainda a curva glicêmica diária, confirmando mais um efeito benéfico a saúde humana, principalmente aos diabéticos (QUINTEROS, 2000).

Toxicidade

Numerosos estudos têm sido conduzidos para avaliar a toxicidade dos FOS; *in vitro* e *in vivo*, tanto em animais quanto em humanos (TOKUNAGA; OKU; HOSOYA, 1986).

Estudos com indivíduos de diferentes idades têm fornecido resultados que garantem a inocuidade da inulina e olifrutoses (ROBERFROID, 1993).

Os estudos *in vitro* para determinar o potencial tóxico em animais incluíram o teste de mutação microbiana reversa, o teste de mutação de genes

e o teste de síntese não programada de DNA. Os testes não evidenciaram qualquer potencial genotóxico ou carcinogenético, nem toxicidade subcrônica (CLEVENGER *et al.*, 1988).

Porém, Alles *et al.* (1999) e Davidson *et al.* (1998) observaram sintomas de flatulência em sujeitos que consumiram dietas contendo 15 g por dia e 18 g por dia, respectivamente.

A sua ingestão pode estar associada à flatulência, o que se torna mais flagrante em indivíduos que possuem intolerância à lactose. A gravidade desse tipo de sintoma está associada à dose de FOS consumida, isto é, quanto menos FOS, menos sintomas. A ingestão de 20-30 g por dia geralmente desencadeia o início de um desconforto severo no indivíduo, sendo o ideal seguir as doses recomendadas (10 g/dia). Somente pessoas muito sensíveis (1% a 2% da população) sofrem diarreia ou intolerância gastrointestinal com doses de 10 g/dia (COUSSEMENT, 1999).

Um comitê de especialistas, baseado em uma revisão de estudos, conclui que não há razão para admitir-se a inulina ou ao FOS e seus metabolitos quaisquer efeito tóxico. Ao contrário, ressaltam os efeitos benéficos destes no metabolismo humano (KOLBYE *et al.*, 1992).

Legislação

Os alimentos que apresentarem em seus dizeres de rotulagem e/ou material publicitário, a alegação a seguir, devem ser registrados na categoria de “Alimentos com Alegações de Propriedade Funcional e ou de Saúde”. Assim, devem ter registro prévio à comercialização, conforme anexo II da Resolução RDC nº. 278/2005. O registro de alimentos com alegações e a avaliação de novas alegações serão realizados mediante a comprovação científica da eficácia das mesmas, atendendo aos critérios estabelecidos nas Resoluções nº. 18/99 e 19/99 (ANVISA, 2008).

As alegações aprovadas relacionam a propriedade funcional e/ou de saúde a um nutriente ou não nutriente do alimento, conforme item 3.3 da Resolução nº. 18/99. No entanto, a eficácia da alegação no alimento deve ser avaliada caso a caso, tendo em vista que podem ocorrer variações na ação do nutriente ou não nutriente

em função da matriz ou formulação do produto (ANVISA, 2008).

As porções dos alimentos devem ser aquelas previstas na Resolução RDC 359/03 calculadas com base nos grupos de alimentos previstos na referida resolução (ANVISA, 2008). O Quadro I especifica os critérios exigidos para um alimento conter FOS e ser considerado funcional e o que deve ser acrescentado no rótulo do produto.

Quadro 1: "Alimentos com Alegações de Propriedade Funcional e/ou de Saúde" frutooligosacarídeo – FOS

Alegação
"Os frutooligosacarídeos – FOS contribuem para o equilíbrio da flora intestinal. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis".
Requisitos específicos
Esta alegação pode ser utilizada desde que a porção do produto pronto para consumo forneça no mínimo 3 g de FOS se o alimento for sólido ou 1,5 g se o alimento for líquido. No caso de produtos nas formas de cápsulas, tabletes, comprimidos e similares, os requisitos acima devem ser atendidos na recomendação diária do produto pronto para o consumo, conforme indicação do fabricante. Na tabela de informação nutricional deve ser declarada a quantidade de frutooligosacarídeo, abaixo de fibras alimentares. O uso do ingrediente não deve ultrapassar 30g na recomendação diária do produto pronto para consumo, conforme indicação do fabricante. Quando apresentada isolada em cápsulas, tabletes, comprimidos, pós e similares, a seguinte informação, em destaque e em negrito, deve constar no rótulo do produto: "O consumo deste produto deve ser acompanhado da ingestão de líquidos".

Valor calórico

Os FOS apresentam cerca de um terço do poder adoçante da sacarose e não são calóricos; não podem ser considerados carboidratos ou açúcares, nem fonte de energia, mas podem ser usados de modo seguro por diabéticos.

Flamm *et al.* (2001) avaliaram o valor calórico e encontraram que o rendimento de energia para o hospedeiro estaria na faixa de 1,5 Kcal/g a 2,0 Kcal/g. Usando outra metodologia, baseada no balanço da lipogênese, Roberfroid, (1993) concluiu que o valor calórico dos FOS está em torno de 1 Kcal/g a 1,5 Kcal/g.

CONCLUSÃO

O setor alimentício está envolto em um ambiente dinâmico com constantes mudanças dos padrões de consumo alimentar. A exigência por alimentos que apresentem qualidade sensorial e nutricional, e benefícios a saúde aumentam e faz surgir à necessidade de pesquisas com alimentos funcionais.

Nesse contexto é evidente após as análises dos estudos, a comprovação das propriedades funcionais atribuídas aos frutooligosacarídeos.

Os FOS são ingredientes alimentares que podem ser amplamente explorados pela indústria, e a diversidade de alimentos in natura que são ricos em FOS aumentam ainda mais as possíveis aplicações.

A ingestão diária de frutooligosacarídeos como alimento ou como ingrediente é benéfica a saúde, principalmente por suas características funcionais.

É possível observar inúmeros estudos em ratos que comprovam esses efeitos funcionais e ainda efeitos de controle metabólico atuando como fibra alimentar. No entanto estudos em humanos devem ser feitos e pesquisas devem ser incentivadas na tentativa de determinar doses mais exatas para consumo diário específicas para cada tipo de tratamento de doenças, principalmente as doenças crônicas não transmissíveis como diabetes.

E ainda, por meio dessas pesquisas específicas será possível determinar métodos e doses que reduzam possíveis desconfortos abdominais/intestinais após a utilização dos frutooligosacarídeos já que esse aspecto é o único possível ponto negativo dos frutooligosacarídeos.

Outro fator que deve ser ressaltado é a legislação existente sobre os alimentos funcionais, e especificamente os frutooligosacarídeos. Devendo assim a indústria alimentícia atentar-se a produção de alimentos com rótulos específicos, valorizando as informações e usá-las ainda como incentivo e informação aos consumidores.

Afinal, os consumidores estão cada vez mais em busca de padrões alimentares melhores, com benefícios múltiplos quanto a aparência, ao sabor e aos benefícios.

REFERÊNCIAS

- ALLES, M.S. *et al.* Consumption of fructooligosaccharides does not favorably affect blood glucose and serum lipid concentrations in patients with type 2 diabetes. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, p.64-69, 1999.
- ANVISA, 2008. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm Acesso: 02/04/2010.
- BARRETTO, S.A.J.; CYRILLO, D.C. Análise da composição dos gastos com alimentação no município de São Paulo (Brasil) na década de 1990. **Revista de Saúde Pública**, v. 35, n. 1, p. 52-59, 2001.
- BIELECKA, M.; BIEDRZYCKA, E.; MAJKOWSKA, A. Selection of probiotics and prebiotics for synbiotics and confirmation of their in vivo effectiveness. **Food Research International**, Amsterdam, v.35, n.3, p.125-131, 2002.
- BORNET, F.R.J. Non digestible sugars in food products. In: SILVA, A.S.S. *et al.* Frutooligosaccharídeos: Fibras Alimentares Ativas. **B.CEPPA**, Curitiba, v.25, n.2, pág. 295-304, 2007.
- BORNET, F. R. J. Undigestible sugars in food products. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59, p. 7635-7695, 1994.
- BORGES, V. C. Impactos dos alimentos para a saúde. **Nutrição em Pauta**, São Paulo, n. 48. 2001.
- BOUHNİK, Y. Effects of fructo-oligosaccharides ingestion on fecal bifidobacteria and selected metabolic indexes of colon carcinogenesis in healthy humans. **Nutrition of Cancer**, Paris, v.26, n.1, p.21-29, 1996
- BUDDINGTON, K.K.; DONAHOO, J.B.; BUDDINGTON, R.K. Dietary oligofructose and inulin protect mice from enteric and systemic pathogens and tumor inducers. **The Journal of Nutrition**, v.132, n.3, p.472-477, 2002.
- BURIGO, T. *et al.* Efeito bifidogênico do frutooligosaccharídeos na microbiota intestinal de pacientes com neoplasia hematológica. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.20, n.5, p.491-497, 2007.
- CLEVENGER, M.A. *et al.* Toxicological evaluation of neosugar: genotoxicity, carcinogenicity and chronic toxicity. **Journal of American College of Toxicology**, v.7, p.643-662, 1988.
- COPPOLA, M. M.; GIL-TURNES, C. Probióticos e resposta imune. **Revista de Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1-12, 2004.
- COUNDRAY, C. *et al.* Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 51, p.375-380, 2003.
- COUSSEMENT, P.A.A. Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status. **Journal of Nutrition**, v.129, p.14125- 14175, 1999.
- DA SILVA, A. S. S. *et al.* Frutoligosaccharídeos: fibras alimentares ativas. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.25, n.2, p.295-304, 2007.
- DA SILVA, A. S. S. *et al.* Avaliação da resposta glicêmica em mulheres saudáveis após ingestão de Yacon (SMALLANTUS sonchifollius) in natura, cultivadas no estado de Santa Catarina – Brasil. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.2, p.137-142, 2006.b
- DAVIDSON, M.H. *et al.* Effects of dietary inulin in serum lipids in men and woman with hypercholesterolemia. **Nutrition Research**, v.18, n.3, p. 503-517, 1998.
- DELZENNE, N.M. *et al.* Dietary fructooligosaccharides modify lipid metabolism. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 57, n.5, p.820S, 1993.
- DZAZIO, C. H. *et al.* Análise da aceitação da elaboração de pão integral com batata yacon in natura. **Informativo da Universidade de Tecnologia do Paraná**, Ponta Grossa, v.02, n.01, 2007.
- ERICKSON, K.L.; HUBBARD, N.E. Probiotic immunomodulation in health and disease. **Journal of Nutrition**, v.130, p.403S-409S, 2000.
- FAGUNDES, R.L.M.; COSTA, Y.R. Uso de alimentos funcionais na alimentação. **Higiene alimentar**. v.17, n. 47, 2003.
- FIORDALISO, M. *et al.* Dietary oligofructose lower triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. **Lipids**, v.30, n.2, p.163-167, 1995.
- FLAMM, G. *et al.* Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Ohio, v.41, n.5, p. 353-362, 2001.

- FUCHS, R. H. B. *et al.* logurte de soja suplementado com oligofrutose e inulina. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.1, p.175-181, 2005.
- GAMET, L. *et al.* Effects of short-chain fatty acids on growth and differentiation of the human colon cancer cell line HT 29. **Int. J. Cancer**, v.52, p. 286-289, 1992.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, Cambridge, v.125, n.6, p.1401-1412, 1995.
- GOTO, K. *et al.* Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymia sonchifolius*). **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v.59, n.12, p.2346-2347, 1995.
- HARTEMINK, R.; VANLAERE, K. M. J.; ROMBOUTS, F. M. Growth of enterobacteria on fructooligosaccharides, Wageningen, Holanda. **Journal of Applied Microbiology** v.383, p.367-374, 1997.
- HERMANN, M.; FREIRE, I.; PAZOS, C. Compositional diversity of the yacon storage root. **CIP Program Report**, p.425-432, 1997.
- HONDO, M.; OKUMURA, Y.; YAMAKI, T. A preparation of yacon vinegar containing natural fructooligosaccharides. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology**-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, Hokkaido, v.47, n.10, p. 803-807, 2000.
- KOLBYE, A. C. *et al.* Evaluation of the food safety aspects of inulin and oligofrutose—GRAS determination. **Orafti internal report**. Tienen, Belgium, 1992.
- LOSADA, M. A.; OLLEROS, T. Towards a healthier diet for the colon: the influence of fructooligosaccharides and lactobacilli on intestinal health. **Nutrition Research**, v.22, p.71-84, 2002.
- LOPEZ, H.W.; COUDRAY, C.; LEVRAT-VERNY, M.A. Fructooligosaccharides enhance mineral apparent absorption and counteract the deleterious effects of phytic acid on mineral homeostasis in rats. **J. Nutr. Biochem.**, v.11. p.500-508, 2000.
- MONTEIRO, C. A.; MONDINI, L.; COSTA, R. L. Mudanças na composição e adequação nutricional da dieta familiar nas áreas metropolitanas do Brasil (1988-1996). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, p. 251-258, 2000.
- MOLIS, C. *et al.* Digestion, excretion and energy value of fructooligosaccharides in health humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.64, p. 324-328, 1996.
- MORO, G. *et al.* Dosage-related effects of galacto and fructooligosaccharides in formula-fed term infants. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, Milão, v.34, n.3, p.291-295, 2002.
- MOSCATTO, J. A.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 634-640, out./dez. 2004.
- MULTON, J.L. Le sucre, les sucres, les edulcorants et les glucides de charges dans les IAA. In: SILVA, A.S.S.; HAAS, P.; SARTORI, N.T.; ANTON, A.A.; FRANCISCO, A.. Fructooligosaccharides: Fibras Alimentares Ativas. **B.CEPPA**, Curitiba, v.25, n.2, pág. 295-304. 2007.
- NINESS, K. R. Inulin and oligofrutose: what are they? **The Journal of Nutrition**, v.129, suppl., p.1402-1406, 1999.
- OLIVEIRA, M. N. *et al.* Aspectos tecnológicos de alimentos funcionais contendo probióticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 38, n.1,p.1-21, 2002.
- PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Fructooligosaccharides: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciências Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.385-390, 2003.
- PEREIRA, D. I; GIBSON, G. R. Effects of consumption of probiotics and prebiotics on serum lipid levels in humans. **Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology**, v.37, p.259-281, 2002.
- PIERRE, F. *et al.* Short-chain fructo-oligosaccharides reduce the occurrence of colon tumours and develop gut-associated lymphoid tissue in min mice. **Cancer Research**, v.57, p.225-228. 1995.
- POPKIN, B. M. The nutrition transition and obesity in the developing world. **Journal of Nutrition**, v.131, p. 871-873, 2001.
- PROSKY, L.; HOEBREGS, H. Methods to determine food inulin and oligofrutose. **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 14185-14235, 1999.
- QUINTEROS, E. T. T. **Produção com tratamento enzimático e avaliação do suco de yacon**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 146p, 2000.
- REDDY, B.S.; HAMID, R.; RAO, C.V. Effect of dietary oligofrutose and inulin on colonic preneoplastic

- aberrant crypt foci inhibition. **Carcinogenesis**, v.18, n.7, p.1371-1374, 1997.
- REIS, D. M.; PARDAL, D. P.; BALDISSERA, J. Estudo Experimental Sobre o uso do *Smallanthus Sonchifolius* na Redução Da Hiperglicemia: Uma Contribuição Para a Qualidade de Vida e Saúde dos Diabéticos. **Revista Científica**, Curitiba, v. 1, n.5, p. 1-64, 2006.
- RENHE, I. R. T. *et al.* Prebióticos e os benefícios de seu consumo na saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v.23, n.2, p.119-126, 2008.
- ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin, and oligosaccharides: a review comparin their physiological effects. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, Cambridge, Inglaterra, v.33, n.2, p.103-108, 1993.
- ROBERFROID, M.B.; VAN LOO, J.A.E.; GIBSON, G.R. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. **Journal of Nutrition**, v.128, p.11-19, 1998.
- SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v.42, n.1, p.1-16, 2006.
- SAKAI, K. *et al.* The effect of short chain fructooligosaccharides in promoting recovery from postgastrectomy anemia is stronger than that of inulin. **Nutrition Research**, Sakado, v.20, n.3, p.403-412, 2000.
- SANTANA, I.; CARDOSO, M. H.; Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.898-905, 2008.
- SANTOS, L. C.; CANÇADO, I. A. C. Probióticos e prebióticos: vale a pena incluí-los em nossa alimentação! **SynThesis Revista Digital FAPAM**, Pará de Minas, n.1, 2009.
- SILVA, E. B. *et al.* Composição química da raiz e das folhas desidratadas do yacon. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.6, n.8, p.48-52, 2004.
- SCHNEEMAN, B.O. Fiber, inulin and oligofructose: similarities and differences. **Journal of Nutrition**; v.129, p. 1424S-1427S.1999.
- SPIEGEL, J.E. *et al.* Safety and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. **Food Technology**, Boston, v.48, p.85-89, 1994.
- TANAKA, R.; MATSUMOTO, K. Recent progress on prebiotcs in Japan, including galactooligosaccharides as food ingredients. **Food Technology**, v.336. p. 1488s-1491s. 1998
- TAPER, H.S.; ROBERFROID, M.B. Influence of inulin and oligofructose on breast cancer and tumor growth. **Journal of Nutrition**, v. 129, p.1488s-1489s, 1999.
- TOKUNAGA, T.; OKU, T.; HOSOYA, N. Influence of chronic intake of new sweetener fructooligosaccharide (neosugar) on growth and gastrointestinal function of rat. **Journal of Nutrition Science and Vitamilogy**, v.32, p. 111-121, 1986.
- VAN DEN HEUVEL, E.G.H.M. *et al.* Oligofructose stimulates calcium absorption in adolescents. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, p.544-548, 1999.
- VAN LOO, J. *et.al.* Funcional food properties of non-digestible oligosaccharides: a consensus report from the ENDO project (DGXII – CT94-1094). **British Journal of Nutrition**. v. 81, pág. 121-132, 1999.
- VOLPATO, G.T. *et al.* Efeito do extrato aquoso de folhas de *Polymnia sonchifolia* (yacon) em ratas diabéticas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botucatu, v.9, n.2, n. 88-93, 2007.
- WANG, X.; GIBSON, G.R. Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. **Journal of Bacteriology**, Cambridge, v.74, n.4, p.373. 380, 1993.
- WOLD, A.E. Imunne effects of probiotics. **Scandinavian Journal of Nutrition**, v. 129, p. 76-85, 2001.
- WOLF, B.W. *et al.* Dietary supplementation with fructooligosaccharides increase survival time in a hamster model of *Clostridium difficile*-Colites. **Bioscience Microflora**, Columbus, v.16, n.2, p.59-64, 1997.
- YAMASHITA, K.; KAWAI, K.; ITAKAMURA, M. Effects of fructooligosaccharids on blood-glucose and serum lipids in diabetic subjects. **Nutrition Research**, Fukuoka, v.4, p.961-966, 1984.
- YOUNES H. *et al.* A blend of dietary fibers increases urea disposal in the large intestine and lowers urinary nitrogen excretion in rats fed a low protein diet. **Nutritional Biochemistry**, v.7, p.474-480, 1996.
- YUN, J. W. Fructooligosaccharides: occurrence, preparation and application. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 19, p. 107-117, 1996.

RECEBIDO EM 7-MAR-2016
ACEITO EM 31-MAR-2017