

Frutooligosacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos

Fructooligosaccharides: implications in human health being and use in foods

Luciana Maria Liboni Passos¹ Yong Kun Park²

- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

RESUMO

Os frutooligosacarídeos (FOS) são açúcares não convencionais, não metabolizados pelo organismo humano e não calóricos. São considerados prebióticos uma vez que promovem seletivamente o crescimento de probióticos como *Acidophilus* e *Bifidus*. Essa característica faz com que os FOS promovam uma série de benefícios à saúde humana, desde a redução de colesterol sérico até o auxílio na prevenção de alguns tipos de câncer. Esta revisão aborda principalmente os efeitos da ingestão de FOS na saúde humana, e algumas de suas aplicações, principalmente na indústria de alimentos.

Palavras-chave: frutooligosacarídeos, prebiótico, açúcar não convencional, efeitos benéficos.

ABSTRACT

Fructooligosaccharides (FOS) are digestible by human metabolism and non caloric. They are recognized as prebiotics: non digestible food ingredient that have a selective stimulation of the growth of probiotics like *Acidophilus* and *Bifidus*. These microorganisms promote healthy benefits, since decrease in blood cholesterol until decrease of the potential for several human pathologies like cancer. This review is about FOS health effects, and some FOS applications, specially in food industry.

Key words: fructooligosaccharides, non conventional sugar, prebiotic, health benefits.

INTRODUÇÃO

Há atualmente uma grande preocupação em todo o mundo com a qualidade de vida e a saúde, aumentando o cuidado da população com os alimentos que consome. Em resposta à grande demanda dos consumidores por estes alimentos mais saudáveis (alimentos funcionais) e de calorias controladas, um grande número de adoçantes alternativos tem surgido desde os anos 80 e, entre eles, diversos oligossacarídeos. Destes oligossacarídeos pode-se destacar os frutooligosacarídeos (FOS), que são importantes principalmente por suas propriedades funcionais, mais do que pela sua doçura.

Dentre todos os produtos introduzidos desde então, os FOS, principalmente de origem microbiana da fermentação de sacarose, têm atraído atenção especial. A eles atribui-se a expansão do

Engenheiro de Alimentos, MsC, Doutor, Laboratório de Bioquímica, Departamento de Ciência de Alimentos (DCA), Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), CP 6121, 13083-970, Campinas, SP. E-mail: lliboni@bol.com.br Autor para correspondência.

²Médico, Professor titular, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.

mercado de açúcar deste tipo por principalmente dois fatores: primeiro, a produção em massa não é complicada. Segundo, o seu sabor doce é muito similar ao da sacarose, o nosso adoçante tradicional (YUN, 1996). À sua ingestão atribuem-se diversos efeitos benéficos à saúde, como por exemplo, prevenção de cáries dentárias, redução nos níveis séricos de colesterol total e lipídeos, estímulo do crescimento de bifidobactérias no trato digestivo

FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS: CONCEITOS E PRODUÇÃO

Frutooligossacarídeos (FOS) são oligossacarídeos de ocorrência natural em, principalmente, produtos de origem vegetal, segundo HARTEMINK et al. (1997). São chamados açúcares não convencionais e têm tido impacto na indústria do açúcar devido às suas excelentes características funcionais em alimentos, além de seus aspectos fisiológicos e físicos (SPIEGEL et al., 1994). Atualmente FOS é o nome comum dado apenas a oligômeros de frutose que são compostos de 1-kestose (GF_2), nistose (GF_3) e frutofuranosil nistose (GF_4) (Figura 1), em que as unidades de frutosil (F) são ligadas na posição beta-2,1 da sacarose, o que os distingue de outros oligômeros (YUN, 1996).

Os FOS podem ser divididos em dois grupos do ponto de vista comercial: o 1º grupo é o preparado

por hidrólise enzimática de inulina, e consiste de unidades lineares de frutosil com ou sem uma unidade final de glicose. Este produto é comercializado como “Raftilose”, produzido pela Orafti Ltda, da Bélgica, ou como “Frutafit”, produzido pela Imperial-Suikner Unie, da Holanda. O grau de polimerização desses FOS varia entre 1 e 7 unidades de frutosil. Este processo ocorre amplamente na natureza, e esses oligossacarídeos podem ser encontrados em uma grande variedade de plantas (mais de 36 mil) (ROBERFROID, 1993), mas principalmente em alcachofras, aspargos, beterraba, chicória, banana, alho, cebola, trigo, tomate, segundo discussão de YAMASHITA et al. (1984), SPIEGEL et al. (1994) e YUN (1996). Também podem ser encontrados no mel (STEYN, 1973) e açúcar mascavo, em tubérculos, como o yacon (OHYAMA et al., 1990, FUKAI et al., 1993, GOTO et al., 1995), e em bulbos, como os de lírios vermelhos (UCHIYAMA et al., 1985).

O 2º grupo é preparado por reação enzimática de transfrutossilacção em resíduos de sacarose, e consiste tanto de cadeias lineares como de cadeias ramificadas de oligossacarídeos, com grau de polimerização variando entre 1 e 5 unidades de frutosil. Esse produto é produzido pela Meiji Seika Ltd (Tóquio, Japão), e comercializado como “Neosugar”, “Profeed”, “Meiologo”, ou “Nutraflora”. O “Actilight” é produzido e comercializado na Europa pela Béghin Meiji Industries (HIDAKA et al., 1986, HARTEMINK et al., 1997).

Estima-se que no meio-oeste da Holanda consuma-se entre 2 a 12g de FOS por dia per capta

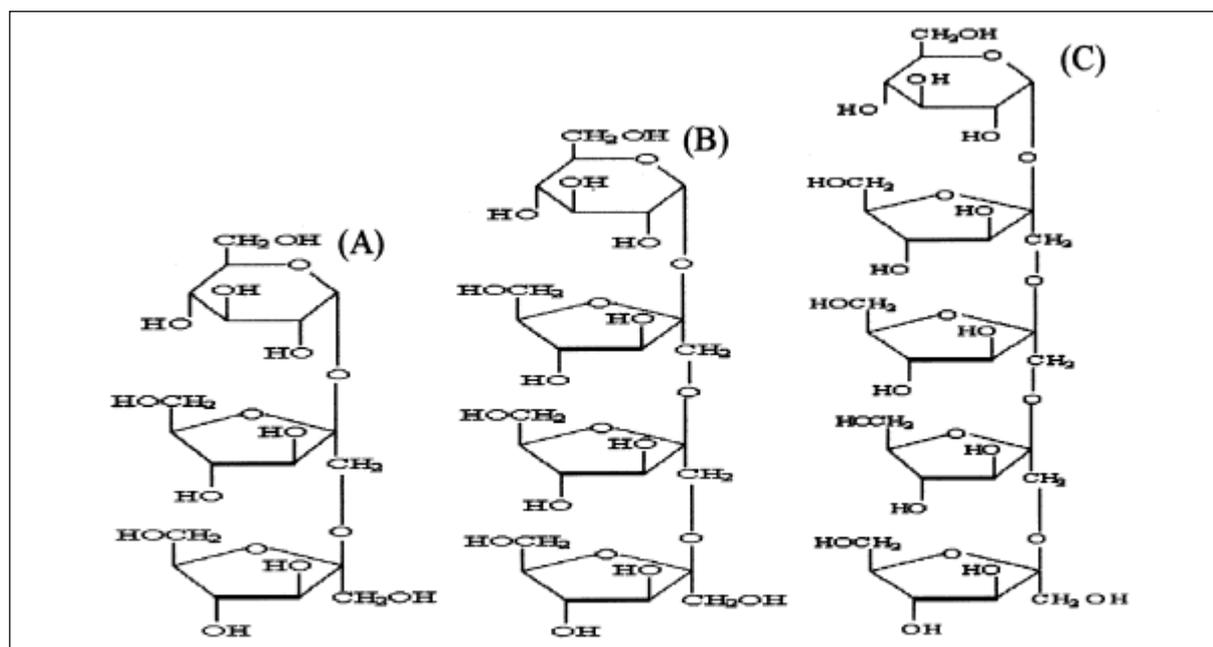


Figura 1 – Estrutura química dos principais frutooligossacarídeos: 1-kestose (A), nistose (B) e frutofuranosil nistose (C).

(HARTEMINK et al., 1997). No Japão há consumo diário estimado em $13,7 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (SPIEGEL et al., 1994). A aprovação de FOS no Japão estabeleceu como consumo diário aceitável cerca de $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ de peso corpóreo por dia. Encontra-se neste país o maior mercado comercial de FOS, com um volume comercializado de mais de 400 ton em 1990 de acordo com YUN (1996), mostrando que os oligossacarídeos são um dos produtos mais populares como alimentos funcionais neste país. Os japoneses produziram US\$ 46 milhões de diferentes tipos de oligossacarídeos em 1990, e TOMOMATSU (1994) projetou um mercado de alimentos funcionais no valor de US\$ 4,5 bilhões, com crescimento anual de 8% em 1995.

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 possuem o status GRAS (Generally recognized as safe). A sua ingestão pode estar associada à flatulência, e isto 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 20-30g por dia geralmente desencadeia o início de um desconforto severo no indivíduo, sendo o ideal seguir as doses recomendadas de cerca de 10 g dia^{-1} por pessoa. Comercialmente, os FOS são suplementos caros, a cerca de US\$ 0,20 por grama, o consumo nas doses recomendadas pode custar US\$ 2,00 por dia (ANÔNIMO C, 2001).

FOS E SEUS EFEITOS BENÉFICOS À SAÚDE

BOUHNIC et al. (1996) demonstraram que a ingestão de FOS, em doses de $12,5 \text{ g dia}^{-1}$ por 3 dias (doses clinicamente toleradas), produziram efeitos significativos de queda na contagem de anaeróbios totais nas fezes, queda de pH, atividade de nitroreduases, azoreduases e beta glucuronidases, queda nas concentrações de bile ácida e esteroide neutro, ou seja, leva ao aumento da colonização de bifidobactérias.

Os FOS possuem características específicas na prevenção de cáries dentárias, redução nos níveis séricos de colesterol total e lipídeos, além de atuarem como estimulantes do crescimento de bifidobactérias no trato digestivo (YAMASHITA et al., 1984, HIDAKA et al., 1986, MODLER et al., 1990, MODLER, 1994). Os FOS praticamente não são digeridos pelo metabolismo humano (MOLIS et al., 1996), e a maioria das bifidobactérias são capazes de fermentá-los em alguma extensão (HARTEMINK et al., 1997).

Existem vários estudos que comprovam os efeitos benéficos da ingestão de FOS. Esses açúcares não convencionais foram classificados como assistentes da “flora amigável” do trato intestinal, como *Lactobacillus* e *Bifidobacteria*. Eles melhoram o metabolismo de *Bifidobacteria* e diminuem 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, GIBSON et al., 1995).

Um estudo em que se administrou FOS em pacientes diabéticos, demonstrou um decréscimo significativo de *Clostridium* e um acréscimo na contagem de *Bifidobacteria*. Este estudo também reportou que os FOS promovem um alívio na constipação e desconforto intestinais (SANO, T. et al., 1986, citado por ANÔNIMO B, 1999). Os FOS diminuem os níveis de triglicérideo sérico e aumentam a produção de ácidos graxos voláteis (HIDAKA et al., 1986). Testes de laboratório demonstraram que a absorção de minerais como cálcio, magnésio e fósforo aumenta quando da ingestão de FOS. Também há redução de inflamação decorrente da deficiência de magnésio (OHTA et al., 1993, 1994, 1995a, 1995b).

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). Ainda pode-se observar um aumento da digestão e metabolismo da lactose, aumento de reciclagem de compostos como o estrógeno, aumento da síntese de vitaminas (principalmente do grupo B), aumento da produção de compostos imuno estimulantes, que possuem atividade antitumoral, diminuição do crescimento de bactérias

nocivas, diminuição da produção de toxinas e compostos carcinogênicos e auxílio da restauração da flora intestinal normal durante terapia com antibióticos. Também atribui-se ao consumo de FOS a redução da potencialidade de várias patologias humanas normalmente associadas com o alto número de bactérias intestinais patógenas, como doenças autoimunes, câncer, acne, cirrose hepática, constipação, intoxicação alimentar, diarreia associada a antibióticos, problemas digestivos, alergias e intolerâncias a alimentos e gases intestinais (YUN, 1996).

YAMAMOTO et al. (1999) detectaram uma queda de 83% e 59% de colesterol sérico em ratos alimentados com 1 e 5% de FOS, respectivamente. Este efeito foi acompanhado pelo aumento significativo de excreção de esteróis e lipídeos nas fezes. No entanto, o mesmo estudo concluiu que a hipocolesterolemia resultou mais pela prevenção de absorção intestinal de colesterol pelos FOS que pelo produto de fermentação dos mesmos, pois carboidratos que são digeridos no intestino grosso podem afetar a absorção de certos minerais. A suplementação da dieta de ratos com 1, 2 e 5% de FOS diminui o pH intestinal (quanto mais FOS menor o pH) e aumenta linearmente a absorção de magnésio. Os macrominerais (Ca, P, Mg, Na, Cl e K) ficaram com balanço positivo para os 3 tratamentos (WOLF et al., 1998).

LOPEZ et al. (2000) estudaram a ingestão, por ratos, de diferentes dietas, sendo dieta livre de fibras, dieta livre de fibras + 7 g kg⁻¹ de ácido fítico (um anti fator para a absorção de minerais), dieta contendo 100 g kg⁻¹ de FOS e dieta contendo FOS + 7 g kg⁻¹ de ácido fítico. Concluíram que a dieta com FOS aumentou a absorção de Ca e Mg no intestino. A absorção aparente de minerais aumentou significativamente pela ingestão de FOS (Ca + 20%, Mg + 50%, Fe + 23%, Cu + 45%), e diminuiu pela ingestão de ácido fítico para elementos traço (Fe - 48%, Zn - 62%, Cu - 31%). A dieta livre de fibras adicionada de ácido fítico promoveu repercussão negativa no sangue (diminuição de Mg e Fe), fígado (diminuição de Mg, Fe e Zn) e ossos (diminuição de Zn). No entanto, a introdução de FOS na dieta de ácido fítico combate estes efeitos negativos, estimulando a hidrólise bacteriana do ácido fítico e melhorando a absorção intestinal dos minerais.

SAKAI et al. (2000) fizeram uma comparação entre o efeito dos FOS de cadeias curta e longa (inulina) em ratos, após anemia decorrente de gastrectomia. Feitas as determinações de concentrações de hemoglobina e hematócritos, a dieta com FOS de cadeia curta obteve concentrações significativamente maiores que as dietas controle e com inulina. Concluíram que o efeito dos

FOS de cadeia curta é muito mais forte na recuperação deste tipo de anemia que o efeito da inulina.

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*.

A adição de FOS na dieta de ratos é capaz de reduzir em 20 a 30% o nível de uréia no sangue e nos rins, e na excreção de N renal (comparado aos controles, sem FOS), indicando o potencialidade dos FOS em terapias de doenças renais crônicas, segundo YOUNES et al. (1995).

CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DOS FOS

Os FOS possuem características que permitem sua aplicação em várias áreas. Como 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. Têm solubilidade maior que a da sacarose, não cristalizam, não precipitam, e nem deixam sensação de secura ou areia na boca. Os FOS não são degradados durante a maioria dos processos de aquecimento, mas podem ser hidrolisados em frutose em condições muito ácidas e em condições de exposição prolongada de determinados binômios tempo / temperatura (BORNET, 1994 e YUN, 1996).

Devido a essas características, os FOS podem ser usados em formulações de sorvetes e sobremesas lácteas que levem no rótulo “açúcar reduzido”, “sem adição de açúcar”, “calorias reduzidas”, “produto sem açúcar”, etc., em formulações para diabéticos, em produtos “funcionais” que promovam efeito nutricional adicional nas áreas de prebióticos, simbióticos, fibras dietéticas, em iogurtes, promovendo efeito simbiótico (além do próprio efeito probiótico do iogurte), em biscoitos e produtos de panificação, substituindo carboidratos e gerando produtos de teor reduzido de açúcar, produtos para diabéticos, etc., em barras de cereais, sucos e néctares frescos, produtos de confeitaria, molhos, etc. (ANÔNIMO A, 2001). Também podem ser utilizados em produtos alimentares para animais, com os mesmos efeitos prebióticos (STRICKLING et al., 2000). Os FOS são usados como aditivos alimentares para suínos e aves domésticas (FISHBEIN et al., 1988).

Especificamente em formulação de barras de cereais, a utilização dos FOS pode variar de acordo

com a sua finalidade. As barras consumidas no jejum consistem tipicamente de altos níveis de carboidratos, pouca proteína, pouca gordura e pouca fibra. A substituição de parte dos carboidratos (geralmente sacarose, frutose, amido e maltodextrinas) por FOS, pode aumentar a quantidade de fibras desta categoria de barras, melhorando suas características nutricionais. Barras consumidas com diferentes finalidades, como por exemplo, barras energéticas para praticantes de esportes, e aquelas usadas como alimentos funcionais especificamente também são adicionadas de FOS (IZZO et al., 2001).

Estudos recentes (HONDO et al., 2000) indicam a possibilidade de produzir vinagre de yacon contendo frutooligosacarídeos naturais, contidos no próprio yacon. Há também a possibilidade da suplementação de alimentos infantis com frutooligosacarídeos de alto peso molecular e galactooligosacarídeos de baixo peso molecular, no intuito de facilitar o trânsito intestinal de recém nascidos (MORO et al., 2002). Os FOS também podem ser usados em outros tipos de indústrias que não as de alimentos (YUN, 1996).

CONCLUSÕES

A ingestão diária de frutooligosacarídeos como alimento ou como ingrediente de alimentos é comprovadamente benéfica à saúde humana, devido principalmente ao efeito prebiótico que promovem no organismo.

O estímulo ao crescimento de probióticos (principalmente *Bifidus* e *Acidophilus*) concomitantemente à inibição do crescimento de microrganismos patogênicos levam a um equilíbrio da microbiota, promovendo uma série de benefícios ao organismo.

As doses de ingestão diária de FOS devem ser bem observadas para evitar desconfortos intestinais.

A aplicação de FOS na indústria de alimentos é bastante ampla, e há também a possibilidade de sua aplicação, com o mesmo intuito, para rações e alimentos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANÔNIMO A. **Info1 c: Fructooligosaccharides**. Online. Disponível na Internet <http://maxpages.com>. Capturado em 28 ago. 2001.
- ANÔNIMO B. **Latest research on elderberry pro...eimer's disease, phosphatidylserine**. Disponível na Internet <http://www.nutritiondynamics.net>. Capturado em 20 dez. 1999.
- ANÔNIMO C. **Supplements A – Z**. Disponível na Internet <http://supplementwatch.com>. Capturado em 23 ago. 2001.
- BORNET, F.R. Undigestible sugars in food products. **Am J Clin Nutr**, Paris, v.59, n.3, Suppl, p.763S–769S, 1994.
- BOUHNİK, Y. et al. Effects of fructo-oligosaccharides ingestion on fecal bifidobacteria and selected metabolic indexes of colon carcinogenesis in healthy humans. **Nutr Cancer**, Paris, v.26, n.1, p.21–29, 1996.
- FISHBEIN, L.; KAPLAN, M.; GOUGH, M. Fructooligosaccharides: a review. **Vet Hum Toxicol**, Washington, v.30, n.2, p.104–107, 1988.
- FUKAI, K. et al. Distribution of carbohydrates and related enzyme activities in Yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Sci Nutr**, Fujieda, v.39, n.3, p.567–571, 1993.
- GIBSON, G.R. et al. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. **Gastroenterology**, Cambridge, v.108, n.4, p. 975 – 982, 1995.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **J Nutr**, Cambridge, Inglaterra, v.125, n.6, p.1401–1412, 1995.
- GOTO, K. et al. Isolation and structural analysis of oligosaccharides from Yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bios Biotech Biochem**, Shizuoka, v.59, n.12, p.2346–2347, 1995.
- HARTEMINK, R.; VANLAERE, K.M.J.; ROMBOUTS, F.M. Growth of enterobacteria on fructo-oligosaccharides. **Journal of Applied Microbiology**, Wageningen, v.383, p.367-374, 1997.
- HIDAKA, H. et al. Effects of fructooligosaccharids on intestinal flora and human health. **Bifidobacterium Microflora**, Toio, v.5, p.37-50, 1986.
- 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.
- IZZO, M.; NINESS, K.R. Formulating nutrition bars with inulin and oligofructose. **Cereal Foods World**, Malvern, v.46, n.3, p.102–106, 2001.
- LOPEZ, H.W. et al. Fructooligosaccharides enhance mineral apparent absorption and counteract the deleterious effects of phytic acid on mineral homeostasis in rats. **J Nutr Biochem**, Clermont-Fd/Theix, França, v.11, p.500–508, 2000.
- MODLER, H.W.; MCKELLAR, R.C.; YAGUCHI, M. Bifidobacteria and bifidogenic factors. **Canad Instit Food Sci Techn J**, Kamptville, v.23, p.29-41, 1990.
- MODLER, H.W. Bifidogenic factors - sources, metabolism and applications. **Intern Dairy J**, Kamptville, v.4, p.383-407, 1994.
- MOLIS, C. et al. Digestion, excretion, and energy value of fructooligosaccharides in healthy humans. **Am J Clin Nutr**, Nantes, v.64, n.3, 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.
- OHTA, A. et al. Effects of fructooligosaccharides and other saccharides on Ca, Mg and P absorption in rats. **J of Japan Nutr and Food Sci**, Sakado Shi Saitama, v.46, n.2, p.123–129, 1993.
- OHTA, A. et al. Effects of fructooligosaccharides on the absorption of magnesium in the magnesium-deficient rats model. **J of Nutr Sci and Vitam**, Sakado Shi Saitama, v.40, p.171–181, 1994.
- OHTA, A. et al. Calcium and magnesium absorption from the colon and rectum are increased in rats fed fructooligosaccharides. **J of Nutr**, Sakado Shi Saitama, v.125, p.2417–2424, 1995a.
- OHTA, A. et al. Effects of fructooligosaccharides on the absorption of iron, calcium and magnesium in iron-deficient anemic rats. **J of Nutr Sci and Vitam**, Sakado Shi Saitama, v.41, p.281–291, 1995b.
- OHYAMA, T. et al. Composition of storage carbohydrate in tubers of Yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Sci Plant Nutr**, Tsukuba / Ibaraki, v.36, n.1, p.167–171, 1990.
- ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin, and oligosaccharides: a review comparin their physiological effects. **Crit Rev Food Sci Nutr**, Cambridge, Inglaterra, v.33, n.2, p.103–108, 1993.
- SAKAI, K. et al. The effect of short chain fructooligosaccharides in promoting recovery from post-gastrectomy anemia is stronger than that of inulin. **Nutrition Research**, Sakado, v.20, n.3, p.403–412, 2000.
- SPIEGEL, J.E. et al. Safety and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. **Food Techn**, Boston, v.48, p.85–89, 1994.
- STEYN, D.G. Honey. In: BIRCH, G.G., GREEN, L.F. (ed) **Molecular structure on function of food carbohydrate**. New York, Toronto : John Wiley & Sons, 1973. p.35–207.
- STRICKLING, J.A. et al. Evaluation of oligosaccharodes addition to dog diets: influences on nutrient digestion and microbial populations. **Animal Feed Sci Nad Technol**, Topeka, v.86, p.205–219, 2000.
- TOMOMATSU, H. Health effects of oligosaccharides. **Food Techn**, Tanashi, v.8, p.61–65, 1994.
- UCHIYAMA, T. et al. Identification of fructo-oligosaccharides from the bulbs of *Lycoris radiata* Herbert. **Agric Biol Chem**, Osaka, Japão, v.49, n.11, p.3315–3317, 1985.
- WANG, X.; GIBSON, G.R. Effects of the *in vitro* fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine. **J Appl Bacteriol**, Cambridge, v.74, n.4, p.373–380, 1993.
- 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.
- WOLF, B.W.; FIRKINS, J.L.; ZHANG, X. Varying dietary concentrations of fructooligosaccharides affect apparent absorption and balance of minerals in growing rats. **Nutrition Research**, Columbus, v.18, n.10, p.1791–1806, 1998.
- YAMAMOTO, Y. et al. *In vitro* digestibility and fermentability of levan and it hypocholesterolemic effects in rats. **J Nutr Biochem**, Osaka, v.10, p.13–18, 1999.
- 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. Fermentable fibers or oligosaccharides reduce urinary nitrogen excretion by increasing urea disposal in the rat cecum. **J Nutr**, St-Genes Champanelle, v.125, n.4, p.1010–1016, 1995.
- YUN, J.W. Fructooligosaccharides - Occurrence, preparation and applications. **Enzymes and Microbial Technology**, Kyungbug, v.19, p.107–117, 1996.