

Obtenção de Xilooligossacarídeos por resíduos lignocelulósicos: alternativa para produção de compostos funcionais para alimentos

Xylooligosaccharides obtainable on lignocellulosic residues: alternative for production of functional components of food

Andressa Ribas Barreto, Luiza Rodrigues Zancan, Cristiano Ragagnin de Menezes

Universidade Federal de Santa Maria - DTCA-UFSM

Resumo

A crescente demanda por novos alimentos que sejam capazes de promover a saúde e prevenir doenças, tem atraído a atenção mundial sobre os prebióticos. Xilo-oligossacarídeos (XOS) são considerados uns dos poucos nutracêuticos que podem ser produzidos a partir da biomassa lignocelulósica. Esta biomassa, por sua vez, é considerado um resíduo de baixo custo e que muitas vezes representa um problema sistêmico para o meio ambiente. Com isso, a produção de XOS a partir de resíduos agrícolas oferece grandes possibilidades para a indústria alimentícia como matéria-prima barata e disponível em abundância. As principais vantagens do consumo de XOS, provêm da estimulação do crescimento seletivo da microflora intestinal benéfica, incluem a redução dos índices glicêmicos e de colesterol no sangue, de reduzir enzimas pró-carcinogênicas no trato gastrointestinal, melhorar a absorção de minerais no intestino grosso, além de estimular o sistema imune. Com isso, o objetivo deste artigo é demonstrar os efeitos funcionais dos XOS e a sua obtenção à partir da biomassa lignocelulósica, como alternativa para a formulação de alimentos saudáveis além de propiciar uma alternativa viável para a diminuição dos resíduos agrícolas dispostos no meio ambiente.

Palavras-chave: Resíduos lignocelulósicos. Alimentos funcionais. Prebióticos.

Abstract

The increasing demand for novel foods which are able to promote health and prevent diseases, has attracted worldwide attention on prebiotics. Xylo-oligosaccharides (XOS) are considered one of the few nutraceuticals which can be produced from lignocellulosic biomass. This biomass, in turn, is considered a low cost and waste which often is a systemic problem for the environment. Thus, the production of XOS from agricultural waste offers great opportunities for the food industry as a cheap raw material and available in abundance. The main advantages of the use of XOS, stems from the selective stimulation of the growth of beneficial intestinal microflora include reducing blood glucose levels and blood cholesterol; reduce pro-carcinogenic enzymes in the gastrointestinal tract improving mineral absorption in the large intestine, in addition to stimulating the immune system. Thus, the purpose of this article is to demonstrate the functional effects of XOS and their getting to from lignocellulosic biomass as an alternative to the formulation of healthy food as well as providing a viable alternative to reduce agricultural waste disposed in the environment.

Keywords: Lignocellulosic residues, functional foods, Prebiotics.

1 Introdução

Atualmente existe uma grande preocupação com a qualidade de vida e a saúde, aumentando assim substancialmente os cuidados com os alimentos consumidos. Desde então, percebe-se o crescente interesse nos alimentos que apresentem substâncias funcionais, ou seja, aqueles que auxiliam ou modulam o bom funcionamento do organismo, de modo a promover a saúde. Estes componentes ou substâncias podem estar presentes naturalmente nos alimentos ou podem ser adicionados aos produtos industrializados.

Uma quantidade considerável de compostos alternativos tem surgido desde o início dos anos 80, e entre os principais estão os oligossacarídeos. Destes, merecem destaque os xilooligossacarídeos (XOS), que são importantes devido as suas atividades funcionais. Em decorrência da ingestão destes compostos, atribuem-se diversos efeitos benéficos à saúde, como, por exemplo, a prevenção de cáries dentárias, a diminuição dos níveis séricos de colesterol total e de lipídeos e o estímulo do crescimento de Bifidobactérias no trato digestivo.

Os XOS possuem a vantagem de serem obtidos através de fontes altamente disponíveis e de baixo custo, como os resíduos florestais e agroindustriais, e de possuírem as propriedades prebióticas semelhantes ou superiores às dos demais compostos, como os frutooligossacarídeos (FOS) e isomaltooligossacarídeos (IOS).

Os resíduos agroindustriais estão entre as maiores fontes de biomassa no mundo, representando uma geração anual de 40 milhões de toneladas de resíduo lignocelulósico, gerando considerável prejuízo às atividades econômicas do setor agroindustrial e ao meio ambiente. Os materiais lignocelulósicos (LCMs) são constituídos de três polímeros básicos: lignina (estrutura fenólica), celulose (polímero linear formado por unidades de glicose ligadas na forma β -1-4) e a hemicelulose que constitui um heteropolissacarídeo derivado de vários monossacarídeos, incluindo xilose, arabinose, manose e ramnose.

Com isso, o objetivo deste artigo é demonstrar os efeitos funcionais dos XOS e a sua obtenção à partir da biomassa lignocelulósica, como alternativa para a formulação de alimentos saudáveis, assim como, propiciar uma alternativa para o aproveitamento dos resíduos agrícolas dispostos inadequadamente no meio ambiente.

2 Revisão de literatura

2.1 Alimentos funcionais

São considerados alimentos funcionais aqueles que, além de fornecerem a nutrição básica, promovem a saúde. Esses alimentos possuem potencial para promover a saúde através de mecanismos não previstos através da nutrição convencional, devendo ser salientado que esse efeito restringe-se à promoção da saúde e não à cura de doenças (SANDERS, 1998; AL-SHERAJI, 2013). Esta denominação diferencia o alimento funcional do alimento nutracêutico, onde este é isolado de um alimento e comercializado para dosagem enquanto o alimento funcional é similar em aparência a um alimento convencional, sendo modificado com a adição de ingredientes que conferem efeitos adicionais à saúde. Segundo a AAFC (Agriculture and Agri-food Canadá), alimentos funcionais e nutracêuticos são aqueles com potencial de agregar benefícios fisiológicos à saúde humana ou de reduzir o risco de doenças crônicas, além de suas funções básicas nutritivas.

2.1.1 Probióticos, Prebióticos e Simbióticos

2.1.1.1 Probióticos

Segundo FOOKS et al. (1999), a palavra probiótico deriva de duas palavras gregas que significam “por vida”. O termo foi usado para significar a substância que estimula o crescimento de outro microrganismo ou extratos de tecido com os quais se promove o crescimento microbiano, porém esta denominação não recebeu aceitação geral na área científica. PARKER (1999), foi o primeiro a utilizar a palavra probiótico no contexto de suplementação animal e foi definida como organismos e substâncias que contribuem para o balanço da flora intestinal. Recentemente, GIMENEZ, (2002) definiu os probióticos como: “Microrganismos vivos capazes de melhorar o equilíbrio microbiano intestinal produzindo efeitos benéficos na saúde do indivíduo”. Várias outras definições de probióticos foram publicadas nos últimos anos (SANDERS, 2001). Entretanto, a definição mais aceita na esfera internacional é que eles são microrganismos vivos, administrados em quantidades adequadas, que conferem benefícios à saúde do hospedeiro (FAO-WHO, 2002; SANDERS, 2001; SAAD, 2006; SHIBL, 2015).

Os alimentos probióticos surgiram em 1908 com a produção de leites fermentados utilizando-se culturas de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*. A atividade probiótica é baseada no fato que a flora do cólon, como as bifidobactérias e lactobacilos considerados benéficos para a saúde humana, podem ser seletivamente estimulados por carboidratos indigeríveis através da fermentação (FAO-WHO (2002), CUMMINGS et al. (2001). A influência benéfica dos probióticos sobre a microbiota intestinal humana inclui fatores como efeitos antagônicos, competição e efeitos imunológicos, resultando em um aumento da resistência contra microrganismos patogênicos. Assim, a utilização de culturas bacterianas probióticas estimula a multiplicação de bactérias benéficas, em detrimento à proliferação de bactérias potencialmente prejudiciais, reforçando os mecanismos naturais de defesa do hospedeiro (PUUPPONEN-PIMIA et al. 2002).

Um microrganismo é considerado probiótico se o mesmo for habitante normal do trato gastrointestinal, sobreviver a passagem pelo estômago e manter a viabilidade e atividade no intestino (FAO-WHO, 2002).

Sabe-se que cerca de 100 trilhões de bactérias pertencentes a mais de 400 espécies diferentes, de natureza saprófita e patogênica, vivem harmoniosamente em um delicado balanço no trato gastrointestinal, até que este seja desequilibrado pela dieta, consumo de drogas, situações de estresse, tratamentos quimioterápicos, idade, tempo de trânsito intestinal, pH intestinal, disponibilidade de material fermentável e outras situações, provocando diferentes tipos de problemas gastrointestinais como a disbiose intestinal, definido como desordem do trato gastrointestinal, devido ao desequilíbrio das bactérias intestinais (CARVALHO, 2001). Sabe-se também que, em diferentes regiões do trato intestinal, estão presentes grupos específicos de microrganismos, como bactérias lácticas e bífidas, que modulam a microbiota nestes espaços, principalmente devido aos seus produtos de metabolismo (FERREIRA e TESHIMA, 2000). Essa microbiota desejável protege o hospedeiro antagonizando o crescimento de microrganismos patogênicos, além de manter a sua saúde, impedindo a reabsorção de compostos aminados indesejáveis, decompondo ácidos biliares, biodisponibilizando minerais como cálcio, ferro e outros nutrientes, diminuindo a incidência de doenças coronárias, ajudando a digestão, efeitos nutricionais, estimulação do sistema imunológico, apresentando atividades antitumorogênica e antimutagênica (OUWEHAND, 1998; BUJALANCE et al. 2007), e, por meio de suas enzimas, favorecendo o metabolismo de algumas substâncias como a lactose, em indivíduos lactase não persistentes (SALMINEN, 1999).

Três possíveis mecanismos de atuação são atribuídos aos probióticos, sendo o primeiro deles a supressão do número de células viáveis através da produção de compostos com atividade antimicrobiana,

a competição por nutrientes e a competição por sítios de adesão. O segundo desses mecanismos seria a alteração do metabolismo microbiano, através do aumento ou da diminuição da atividade enzimática. O terceiro seria o estímulo da imunidade do hospedeiro, através do aumento dos níveis de anticorpos e o aumento da atividade dos macrófagos. O espectro de atividade dos probióticos estão divididos em efeitos nutricionais, fisiológicos e antimicrobianos (FULLER, 1989).

Lactobacilus e Bifidobactérias, que fazem parte da microflora do intestino humano, podem ser introduzidas por produtos fermentados. Estas espécies de bactérias exercem efeitos probióticos nos humanos, bem como melhoram as propriedades da flora nativa (BERNET et al., 1993).

2.1.1.1.1 Gênero Bifidobacterium

O gênero *Bifidobacterium* foi isolado e classificado em 1924 por Orla-Jensem e hoje já são conhecidas 24 espécies, as quais diferenciam-se entre si pela capacidade de fermentarem diferentes tipos de açúcares; a maioria fermenta a lactose, como também hidrolisa o amido (HOLT et al. 1994).

As bifidobactérias são bastonetes, gram-positivos, anaeróbicos, no entanto, algumas são tolerantes ao oxigênio, possuem formato de Y e requerem nutrientes especiais, o que dificulta seu isolamento e crescimento em laboratórios. Segundo TAMINE et al. (1995), estes microrganismos crescem em meios que contêm triptose, fitona (peptona de soja), extrato de levedura, onde agrupam-se em colônias com forma de disco oval com bordas bem definidas; as células apresentam epitélio específico: em *B. breve* é mais fino e curto; muito alongado, relativamente fino, com irregularidades pequenas no contorno. Algumas das espécies de bifidobactérias fermentam a lactose e crescem bem em leite. Lactato (L+) e acetato são os principais componentes do flavor durante a fermentação por *Bifidobacterium ssp* (SAARELA et al. 2000). Sua temperatura de crescimento situa-se entre 20 °C a 46 °C e morrem a 60 °C. O pH ótimo é 6,5-7,0, não havendo crescimento em pH < 5,1 ou pH > 8,0 (GIMENEZ, 2002). VELAZQUEZ e FEITARG (1997), observaram que as bactérias pertencentes ao gênero *Bifidobacterium* são capazes de promover modificações gastrointestinais, aumentando o valor nutricional quando adicionada à dieta como probiótico, e atuando no sistema de imunização. As bifidobactérias são os maiores componentes da flora intestinal de indivíduos saudáveis, estas bactérias são consideradas benéficas para todos os grupos de idade porque inibem o crescimento de muitas bactérias nocivas conforme observado por OIKI et al. (1996), quando utilizaram *Bifidubacterium bifidum* e *Bifidobacterium longum* como suplemento alimentar e em leite fermentado.

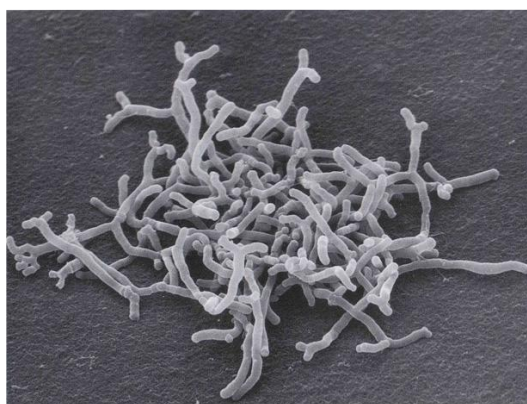


Figura 1- Cultura probiótica *Bifidobacterium longum*.
Fonte: MENEZES, 2007

As Bifidobactérias são os maiores componentes da flora intestinal humana e são consideradas benéficas para todas as idades e grupos porque auxiliam na construção da resistência contra infecções no hospedeiro (GARRO et al. 2004).

2.1.1.1.2 Gênero *Lactobacillus*

O gênero *Lactobacillus* foi isolado e classificado no ano de 1901 por Otto Kandler e Norbert, sendo que hoje já se conhece 44 espécies. Constituem-se em bastonetes, gram positivos, não esporulados, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos, que se dispõem em forma de cadeias diferentes tamanhos (SAARELA et al. 2000). São células que variam de longas a delgadas, as vezes tendem a hastes curtas, cocobacilos, comumente sem motilidade, coradas com azul de metileno, catalase negativa, crescimento ótimo entre 30°C e 40°C, pH de crescimento entre 5,5 e 6,2 (HOLT, 1994). A maioria fermenta glicose, lactose e frutose; são divididos em três grupos (STAMFORD, 2000):

⇒ grupo I: são obrigatoriamente denominados homofermentativos;

⇒ grupo II: todos fermentam a frutose e glicose, e apenas uma espécie, o *Lactobacillus homohiochei* não fermenta a galactose;

⇒ grupo III: todos fermentam a glicose, mas nem todos fermentam a galactose e frutose. Os seus substratos provocam o decréscimo do pH pela formação de ácido láctico, prevenindo assim o crescimento de outras bactérias competidoras.

Estas propriedades fazem dos lactobacilos valiosos habitantes do trato intestinal humano, trazendo importantes contribuições para a tecnologia dos alimentos (GUTIERREZ et al. 1996).



Figura 2- Cultura probiótica *Lactobacillus casei* presente no aparelho digestivo humano.
Fonte: MENEZES, 2007.

As bactérias ácido láticas (fig. 2) têm sido utilizadas como cultura iniciadora em produtos derivados de leite, produtos cárnicos e vegetais, e mais recentemente são utilizadas como probióticos para humanos e animais. (VERELLEN et al. 1998; HYUN e SHIN, 1998; KAO et al. 2007; YADAV et al. 2007).

A implantação e sobrevivência deste microrganismo quando administrado como probiótico dependerá grandemente do tipo de dieta consumida pelo hospedeiro, a qual pode promover a proliferação destes microrganismos. A predominância de bifidobactérias nas paredes do cólon proporciona competição por espaço e nutrientes às custas de gêneros menos desejáveis (LIZARDI et al. 1996; COLLADO et al. 2006).

Efeitos benéficos

Manutenção da microflora intestinal normal
 Antagonista de crescimento de patogênicos
 Estimulação do sistema imunológico
 Redução da intolerância à lactose
 Redução dos níveis de colesterol
 Impedimento da reabsorção de compostos aminados indesejáveis
 Desconjugação de ácidos biliares
 Diminuição de doenças coronárias
 Atividade antimutagênica
 Atividade anticarcinogênica
 Atividade antitumorogênica
 Melhora o valor nutricional dos alimentos
 Efeitos nutricionais

Atividades terapêuticas

Prevenção de infecção urogenital
 Alívio da constipação
 Proteção contra diarreia
 Prevenção de diarreia infantil
 Redução da diarreia induzida por antibióticos
 Prevenção da hipocolesteremia
 Prevenção contra câncer de cólon e bexiga
 Prevenção da osteoporose

Figura 3- Efeitos benéficos e aplicações terapêuticas relacionadas às bactérias probióticas em seres humanos.
 Fonte: FULLER, 1989; FOOKS et al. 1999 e MARTIN, 1996.

2.1.1.2 Prebióticos

O termo prebiótico é conferido aos carboidratos identificados como não digeríveis incluindo lactose, inulina e a linha de oligossacarídeos, onde estes fornecem substratos fermentáveis para as bactérias benéficas do cólon (CRITTENDEN, 1999).

Os prebióticos induzem a efeitos antimicrobianos principalmente pela via da estimulação seletiva de determinadas espécies de bactérias, modulando as funções imunológicas e competindo com os patogênicos por receptores (RASTALL et al. 2005).

Alguns carboidratos dietéticos indigeríveis, mas que são fermentáveis, podem estimular seletivamente grupos de bactérias que habitam o cólon, especialmente as bifidobactérias e lactobacillus, considerado benéfico para a saúde do homem, sendo chamados assim de prebióticos. Os carboidratos de cadeia curta (SCC) possuem propriedades semelhantes e também são definidos como oligossacarídeos não digeríveis (CUMMINGS et al. 2001) ou carboidratos de baixa digestibilidade (LDCs) (MARTEAU e FLOURIÉ, 2001).

Existem várias comprovações sobre efeitos benéficos dos prebióticos, também relatados para a atividade intestinal, obtendo uma desejável influência sobre a digestão e absorção do açúcar, metabolismo da glicose, lipídios e proteção contra os fatores de risco conhecidos das doenças cardiovasculares. Ao nível de cólon, a produção fermentativa de ácidos graxos de cadeia curta é considerado o mais importante benefício relacionado com a prevenção do câncer de cólon (SCHEPPACH et al. 2001; GIBSON, 2004).

Conforme os efeitos e aspectos relacionados com os prebióticos, estes possuem as propriedades de não serem digeríveis e de baixo valor energético (<9 Kcal/g); aumento do volume fecal; propriedades moduladoras da flora colonial tais como estimulação de bactérias benéficas (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus* e *Eubacterium spp.*) e inibição de bactérias indesejáveis como *Clostridium* e *Bacterioides*.

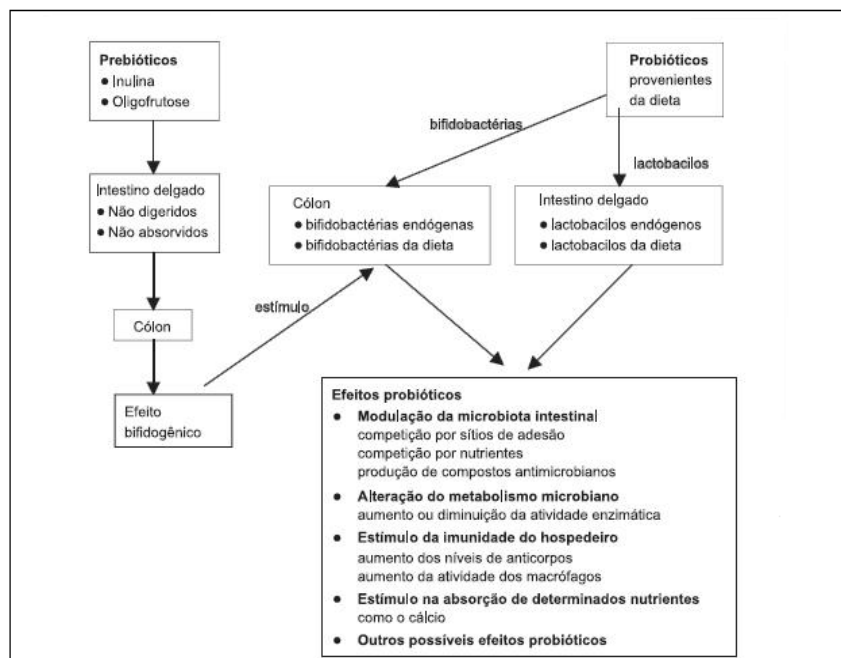


Figura 4- Os prebióticos como fatores bifidogênicos e o mecanismo de ação das bactérias probióticas.

Fonte: SAAD (2006).

Conforme descrito por FOOKS et al. (1999), o critério para a classificação dos prebióticos como ingredientes alimentares inclui:

⇒ Não deve ser nem hidrolisado, nem absorvido, na parte superior do trato gastrointestinal.

⇒ Deve promover a fermentação seletiva por bactérias potencialmente benéficas no colon, onde deste modo, promove seletivamente o crescimento e/ou estimulação da atividade metabólica de bactérias promotoras da saúde e não a de outras sem estas funções.

⇒ Alteração na composição da microflora do colon a favor de uma composição mais saudável.

⇒ Induzir efeitos benéficos para a saúde do hospedeiro.

A inulina e frutooligossacarídeos são provavelmente os prebióticos mais usados, onde vários tipos de probióticos utilizam estes oligossacarídeos, formando assim os chamados simbióticos, onde estas substâncias alcançam o ceco intestinal, sendo fermentados e bem tolerados (NITSCHKE e UMBELINO, 2002).

2.1.1.3 Simbióticos

O termo simbiótico refere-se a um produto no qual um probiótico e um prebiótico estão combinados. A interação entre o probiótico e o prebiótico *in vivo* pode ser favorecida por uma adaptação do probiótico ao substrato prebiótico anterior ao consumo. Isto pode, em alguns casos, resultar em uma vantagem competitiva para o probiótico, se ele for consumido juntamente com o prebiótico. O efeito simbiótico pode ser em duas regiões do intestino, isto é, no intestino grosso e intestino delgado. Se houver a adição de um prebiótico carboidratado numa cultura probiótica, este crescimento é promovido seletivamente no intestino (HOLZAPFEL e SCHILLINGER, 2002).

O consumo de probióticos e de prebióticos selecionados apropriadamente pode aumentar os efeitos benéficos de cada um deles, uma vez que o estímulo de cepas probióticas conhecidas leva à escolha dos pares simbióticos substrato-microrganismo ideais (HOLZAPFEL e SCHILLINGER, 2002; MATTILA-SANDHOLM, 2002; PUUPPONEN-PIMIA et al. 2002).

No desenvolvimento de simbióticos é necessária a seleção de linhagens de microrganismos com melhor capacidade de utilização de um determinado prebiótico, para se obter um efeito sinérgico na implantação e proliferação das bactérias desejáveis (FERREIRA et al. 2000).

A combinação de um pré e probiótico nos produtos alimentícios além de conferir os benefícios citados acima, atua em particular na redução de efeitos nocivos ao organismo, como por exemplo reduzir câncer de cólon, isto comprovado em ratos (GALLAHER e KHIL, 1999).

2.2 Oligossacarídeos como Ingredientes Funcionais

Os oligossacarídeos são açúcares encontrados naturalmente em vários alimentos como frutas, leite, mel e vegetais. Muitos destes compostos possuem atividades funcionais, isto é, apresentam características benéficas para a saúde do consumidor. Estes melhoram a qualidade dos alimentos, promovendo modificações no sabor e nas propriedades físico-químicas (ONISHI et al. 1996). Estes compostos consistem de uma cadeia de 2 a 20 sacarídeos unidos, como os polissacarídeos de cadeia curta. Enquanto alguns

podem ser sintetizados naturalmente em frutas e vegetais, sendo até excretados naturalmente, outros podem ser comercializados através da produção via hidrólise de polissacarídeos, como fibras dietéticas e amido, como também pode ser gerada pela quebra enzimática (MANNING e GIBSON, 2004).

Os seguintes oligômeros são classificados como potencial atividade prebiótica:

- ⇒ Lactulose
- ⇒ Frutooligossacarídeos
- ⇒ Galactooligossacarídeos
- ⇒ Oligossacarídeos da soja
- ⇒ Lactosacarose
- ⇒ Isomaltooligossacarídeos
- ⇒ Glicooligossacarídeos
- ⇒ Xilooligossacarídeos
- ⇒ Palatinose

Durante a década de 90 a sua popularidade como ingredientes de alimentos aumentou de modo significativo, principalmente no Japão e Europa. O governo Japonês criou em 1991 o termo FOSHU (Food for Specified Health Use), para os alimentos funcionais, onde estão listados entre eles os galacto e frutooligossacarídeos (CRITTENDEN et al. 1996). O crescente interesse pelos oligossacarídeos provém do fato que estes compostos não são digeridos pelo organismo humano, sendo resistentes às enzimas salivares, pancreáticas e intestinais, bem como o ácido estomacal. Conseqüentemente, atingem o intestino grosso (cólon) na forma intacta e podem ser digeridos por bactérias nativas do gênero *Lactobacillus e Bifidobacterium*, microrganismos estes, conhecidos como probióticos (MANNING e GIBSON, 2004).

Os oligossacarídeos são os ingredientes alimentares que cumprem com todas as funções prebióticas, onde os mais utilizados na indústria de alimentos são os Frutooligossacarídeos (FOS), Gluco-oligossacarídeos (GOS), Transgalacto-oligossacarídeos (TOS), Isomaltooligossacarídeos (IMO), inulina e Xilooligossacarídeos (XOS) (VÁZQUEZ et al. 2000; MANNING e GIBSON, 2004)

2.2.1 Os Xilooligossacarídeos

Os xilooligossacarídeos (XOS) estão incluídos entre os oligossacarídeos não digestíveis (NDOs) e são licenciados como ingredientes em alimentos FOSHU (food for specified health use) pelo Ministério da Saúde do Japão. A produção estimada de xilooligossacarídeos no mundo em 1995 foi de cerca de 300 toneladas, onde mais da metade foi consumida no Japão, onde juntamente com os outros NDOs produziram um faturamento no mercado de aproximadamente 10 bilhões de yen (SAKO et al. 1999). Os xilooligossacarídeos melhoram a qualidade dos alimentos, promovendo uma modificação no sabor e nas características físico-químicas, e ainda possuem atividades benéficas para a saúde do consumidor, como a de estimular a atividade de *Bifidobacterium* no trato intestinal (NAKANO, 1998; SAMANTA, 2015).

Os XOS são oligômeros de açúcar formados por unidades de xilose, que aparecem naturalmente em frutos, vegetais, leite e mel. Sua produção industrial é obtida através dos materiais lignocelulósicos (LCMs). Os XOS podem ser utilizados para várias finalidades, onde entre estas destacam-se as aplicações nos alimentos (VÁZQUEZ et al. 2000).

Os materiais lignocelulósicos utilizados para a produção dos XOS podem vir de uma grande variedade de resíduos (florestais, agroindustriais), de acordo com a sua composição. Os LCMs são constituídos de três polímeros básicos: lignina (estrutura fenólica), celulose (polímero linear formado por unidades de glicose ligadas na forma B-1-4) e a hemicelulose (heteropolissacarídeo derivado de vários monossacarídeos, incluindo xilose, arabinose, manose e ramnose (GARROTE et al. 1999). Dependendo da natureza do material lignocelulósico, polímeros de xilose (xilana), arabinose (arabinana) ou manose

(mananas) podem ser substituídas nas ligações via éter ou éster formando por exemplo o α -o-glicopiranosil ácido urônico ou 4-o- metil derivados, grupos acetila e ácidos (EBRINGEROVÁ et. al. 2000 e PULS et. al. 1993).

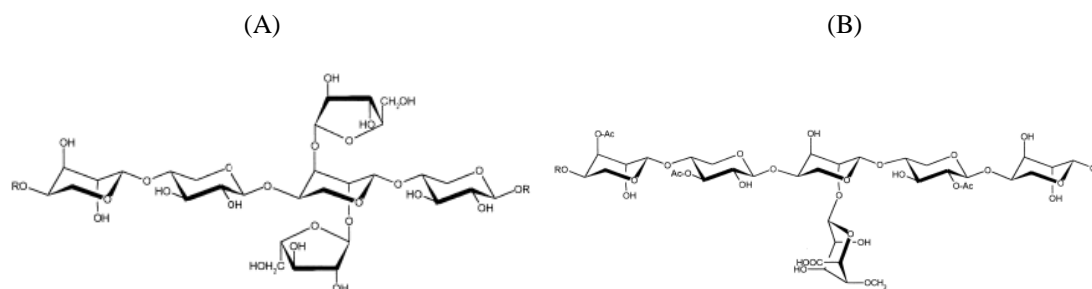


Figura 5- Estrutura química de diferentes fontes de xilanas: (A) O-acetil-4-O- Metilglucuronoxilana de madeiras duras, (B) Arabinoxilooligosacárido de hemicelulose de trigo.

Fonte: VÁZQUEZ et. al.,(2000).

Os materiais utilizados para a produção dos XOS provindos dos LCMs provém de uma base rica em xilana, com algumas cadeias heterocíclicas de éter, devendo ser hidrolisada para gerar compostos degradados de cadeia longa. Três diferentes formas tem sido utilizadas para a produção destes compostos:

⇒ Tratamento com enzimas nativas em xilana contida nas LCM.

⇒ Fracionamento químico de LCM de xilana isolada ou solubilizada, com adição de hidrólise enzimática destes polímeros para XOS.

⇒ Degradação hidrolítica de xilana para XOS, utilizando vapor d'água ou soluções diluídas de ácidos minerais.

A produção direta de XOS de LCMs contendo xilana exige que este seja extraído do composto onde esteja contido. Por esta razão, os XOS produzidos de membranas de polpas de frutas cítricas por métodos enzimáticos foi realizado por TAKAO (1996), onde xilana ou fragmentos de xilana solúveis podem ser obtidos por LCMs, através de tratamento de álcalis (ex: NaOH, KOH, Ca(OH)₂, amônia ou mistura destes componentes).

Este processo é favorecido pela estabilidade de pH destes polímeros e a fração solubilizada pode ser recuperada através do líquido do processo. Nestes casos, o material pode ser preparado com agentes oxidantes, sais e álcoois para remover lignina ou substâncias perdidas. No caso da xilana pode ser solubilizada em líquido caustico, precipitado em compostos orgânicos (álcoois, ácidos ou cetonas) seguindo de recuperação da hemicelulose dissolvida e seus produtos de degradação. Uma vez que a xilana tenha sido isolada ou degradada para a forma solúvel, estará pronta para a hidrólise através de xilanases (MASAYASU et. al. 1993).

Para produção enzimática de XOS, são desejados complexos enzimáticos com exo-xilanases e ou β -xilosidases, para evitar a produção de xilose. Onde estas enzimas podem ser diretamente adicionadas para a reação, imobilizadas ou produzidas in situ por microrganismos (PELLERIN et. al. 1991; SUWA et

al. 1999; CAI et. al. 1997). Através destes métodos, longas cadeias de XOS podem ser produzidas, sendo que para alimentos são preferíveis cadeias entre 2-4 DP (LOO et. al. 1999).

2.2.1.1 Os xilooligossacarídeos e suas propriedades tecnológicas

A utilização de XOS como ingredientes para alimentos funcionais é fundamentado nos seus benefícios para a saúde, incluindo a sua estabilidade em longa faixa de pH e temperatura, metabolismo seletivo para as Bifidobactérias, aumento da produção de ácidos graxos voláteis e atividade de redução de lesões de úlcera de estômago (PARAJÓ et al. 2004).

Para aplicação em ingredientes de alimentos, xilobiose (grau de polimerização= 2) é considerado como um XOS, até mesmo para outros conceitos de “oligo” é associado com alto grau de polimerização. A doçura da xilobiose é equivalente a 30% em relação a sacarose, sendo que a doçura dos outros XOS é moderada e não possuem efeito residual. Os xilooligossacarídeos são estáveis em pHs entre (2,5 - 8,0), uma vantagem em comparação aos outros oligossacarídeos, como os frutooligossacarídeos (FOS), particularmente na variação de acidez, como a relativa baixa de valores de pH do suco gástrico e temperaturas (acima de 100 °C). A atividade de água da xilobiose é considerada maior do que a da xilose, sendo muito próxima a da glicose. A atividade (antifreezing) de xilobiose na água a temperaturas maiores que -10 °C é a mesma da xilose, mas maiores que a glicose, sacarose e maltose (BHAT, 1998). Como ingrediente em alimentos, os XOS possuem um odor aceitável e são anticarcinogênicos (KAZUMITSU et al., 1997, KAZUYOSHI et al., 1998) de baixa caloria sendo utilizado em dietas antiobesidade (TOSHIO et al., 1990, TAEKO et al., 1998). No processamento dos alimentos, os XOS apresentam vantagens sobre a inulina em termos de resistência para os ácidos em aquecimento, sendo utilizados em sucos de baixo pH e bebidas carboidratadas (MODLER, 1994).

2.2.1.2 Comparação da atividade prebiótica entre os xilooligossacarídeos e os principais oligossacarídeos estudados

Os efeitos dos xilooligossacarídeos para a saúde são principalmente relatados sobre a flora intestinal (JEONG et al., 1998, GIBSON, 2004). Resultados foram obtidos *in vivo* usando ratos, com considerável crescimento de *Bifidobacterium ssp.* no trato gastrointestinal (SUWA et al., 1999) e o aumento dos ácidos graxos totais de cadeia curta no cecum de ratos (CAMPBELL et al., 1997, IMAIZUMI et al., 1991). Testes realizados em humanos mostram que a ingestão de XOS beneficiam a flora intestinal, onde a ingestão de xilobiose (X₂) não foi excretado nas fezes e urina em 24 horas seguindo uma administração por via oral. Estes compostos ainda não foram hidrolisados pela saliva, pancreatina e suco gástrico, fatores estes que sugerem a utilização dos XOS por bactérias intestinais (OKAZAKI et al., 1991).

A digestibilidade dos XOS no trato gastrointestinal e seus efeitos na absorção de ácidos biliares são comparados aos efeitos dos FOS e Isomaltooligossacarídeos (IOS). Considerando a digestibilidade, análises de HPLC mostraram a hidrólise de produtos de FOS, IOS, e XOS após 4 horas de digestão *in vitro*, sendo que a maioria dos IOS e parte dos FOS foram digeridos pelo suco intestinal, porém os XOS não foram digeridos em nenhuma parte por nenhuma enzima digestiva. O retardamento dos efeitos dos XOS sobre a absorção de ácidos biliares comparados com IOS e FOS foram comprovados em experimentos *in vitro* (JOO et al., 1998).

Ensaio *in vitro* provaram que *Bifidobacterium spp.* e *B. adolescentis* são hábeis utilizadores de ambos os XOS (x₂ e x₃) onde a absorção oral de XOS estimula a proliferação de *Bifidobacterium bifidum* no intestino, ao contrário de *Staphylococcus*, *E. coli* e espécies de *Clostridium spp.* que não utilizaram os xilooligossacarídeos (SUWA et al., 1999, OKAZAKI et al., 1990) A maioria das espécies de *Lactobacillus* utilizaram XOS, onde *L. fermentum* demonstrou esta habilidade, sendo que *Bacterioides* utilizaram XOS,

mas em baixa escala comparada com a glicose (OKAZAKI et al., 1990). Em comparação com outros (NDOs), *Bifidobacterium spp.* preferiu os XOS, rafinose e FOS em relação às hexoses, sendo que os XOS foram mais eficazes que a rafinose e tão eficaz quanto os FOS em experimentos de crescimento in vitro com estas bactérias (JASKARI et al., 1998).

Os benefícios comprovados das Bifidobactérias na saúde humana incluem a supressão da atividade de bactérias putrefativas; prevenção da formação de produtos de nitrosaminas (FUJIKAWA, 1991, CAMPBELL, 1997); repressão da proliferação de bactérias patogênicas (SUWA et al., 1999, OKAZAKI et al., 1990, WOLF et al., 1998), devido a produção de ácidos graxos de cadeia curta (ácido acético e láctico) (LOO et al., 1999, OKAZAKI et al., 1990, WOLF et al., 1998) e promoção da digestão e absorção de nutrientes. Isso resulta na habilidade de prevenir infecções gastrointestinais, reduzindo assim a diarreia (DOHNALEK, 1998), com aumento do bolo fecal e esvaziamento intestinal periódico nas evacuações (ZIEMER & GIBSON, 1998).

Baseado nos efeitos positivos dos xilooligossacarídeos para a saúde humana, pode-se afirmar que estes compostos são comprovadamente denominados de prebióticos. Por este motivo, são usados como ingredientes ativos em alimentos funcionais (CLYDESDALE, 1997).

Os XOS são utilizados como ingredientes funcionais no Japão, onde suas normas diferem das da América do Norte e Europa, onde os japoneses ao invés de denominarem tais compostos de “alimentos funcionais” os conceituam de FOSHU (Food for Specified Health Use), denominação utilizada desde 1991 (VÁZQUEZ et al., 2004).

3 Conclusões

Os xilooligossacarídeos apresentam muitas vantagens, se comparados com os outros oligossacarídeos em termos de estabilidade e efeitos à saúde, como o estímulo ao crescimento de probióticos (principalmente *Lactobacillus sp.* e *Bifidobacterium bifidum*), juntamente à inibição do crescimento de microrganismos patogênicos, promovendo uma série de benefícios ao organismo. No aspecto tecnológico, estes compostos apresentam a grande vantagem de serem obtidos através da degradação de resíduos lignocelulósicos, sendo que deste modo, apresentam um viés econômico favorável, assim como contribuir significativamente para a diminuição de biomassa residual no meio ambiente.

4 Referências bibliográficas

AL-SHERAJI, S.H.; ISMAIL, A.; MANAP, M.Y.; MUSTAFA, S.; YUSOF, R.M.; HASSAN, F.A.; Prebiotics as functional foods: A Review. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 4, p. 1542-1553, 2013.

AMARA, A.A.; SHIBL, A.; Role of Probiotics in health improvement, infection control and disease treatment and management. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 23, 2, p.107-114, 2015.

BERNET, M.; BRASSART, D.; NESSER, J.; SERVIN, A. Adhesion of human bifidobacterial strain to cultured human intestinal epithelial cells and inhibition of enteropathogen-cell interactions. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 59 (12): p. 4121-4128, 1993.

BHAT, M.K. Oligosaccharides as Functional Food Ingredients and their Role in Improving the Nutritional Quality of Human Food and Health. **Recent Research Agricultural Food Chemistry**, v. 2, p. 787-802/ 573-579, 1998.

BUJALANCE, C., MORENO, E., JIMENEZ-VALERA, M., RUIZ-BRAVO, A. A probiotic strain of *Lactobacillus plantarum* stimulates lymphocyte responses in immunologically intact and immunocompromised mice. **International Journal of Food Microbiology**, v. 113, p.28-34, 2007.

- CAI, J., HUANG, S. ZENG, S. 'Studies on Conversion Corncobs Into Xylo-oligosaccharides by Fungi' in Weishengwuxue Tongbao v. 24, p. 91-94, 1997.
- CAMPBELL, J.M., FAHEY, G.C. Jr., WOLF, B.W. Selected Indigestible Oligosaccharides Affect Large Bowel Mass, Cecal and Fecal Short-Chain Fatty Acids, pH and Microflora in Rats. **Journal. Nutrition.** v. 127,p. 130-136, 1997.
- CARVALHO. G. Nutrição, probióticos e Disbiose. **Nutrição, Saúde & Performance**, ano 3, v.14, p. 36-37. 2001.
- CLYDESDALE, F.M. 'Aproposal for the Establishment of Scientific Criteria for Health Claims for Functional Foods' **Nutrition Research.** v. 55, p. 413-423, 1997.
- COLLADO, A.C., MERILUOTO, J., SALMINEN, S. *In vitro* analysis of probiotic strain combinations to inhibit pathogen adhesion to human intestinal mucus. **Food Research International.** v.15, n.2, p.570-575, 2006.
- CRITTENDEN, R.G.; PLAYNE, M.J. Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. **Trends in Food Science & Technology.** v. 7, n.11, p.353-361, 1996.
- CRITTENDEN, R.G.; TANNOCK, G.W. Probiotics: A critical review. **Horizon Scientific**, p.141-156. Wynondhan, UK, 1999.
- CUMMINGS, J. K.; MACFARLANE, G.; SULLIVAN, G.O. Prebiotic digestion and fermentation. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.73 (Suppl.), 415S-420S, 2001.
- DOHNALEK, M.I.H., OSTROM, K.M., HILTY, M.D. (1998). Use of Indigestible Oligosaccharides to Prevent Gastrointestinal Infections and Reduce Duration of Diarrhea in Humans, USA Patent US 5827526.
- EBRINGEROVÁ, A. HEINZE, T. Xylan and Xylan Derivatives - Biopolymers with Valuable Properties,. Naturally Occurring Xylans Structures, Isolation Procedures and Properties' **Macromol Rapid Commun.** v. 21, p. 542-556, 2000.
- FAO-WHO (2002). Food and Health Agricultural Organizationof the United Nations and World Health Organization. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Working Group Rep. Food and Health Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization, Washington, DC.
- FERREIRA, C. L.L., TESHIMA, E. Probióticos , estratégia dietética para a manutenção da microbiota colônica desejável. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento.** Ano III, n. 16 – Set./ Out. p. 22-25, 2000.
- FOOKS, L.J.; FULLER, R.; GIBSON, G.R. Probiotics and human gut microbiology. **International Dairy Journal.** v.9, p. 53-61, 1999.
- FUJIKAWA, S. Effect of Xylooligosaccharide on Growth of Intestinal Bacteria and Putrefaction Products. **Journal Japanese Society Nutrition Food Science.** v. 44, p. 37-40, 1991.
- FULLER, R. (1989). Probiotics in man and animals. **Journal of applied Bacteriology.** v. 66, p. 365-378, 1989. Apud: **International dairy journal.** v.1, p. 1-17, 2001.
- GARRO, A.S., VALDEZ, G.F., GIORI, G.S.. Temperature effect on the biological activity of *Bifidobacterium longum* CRL 849 and *Lactobacillus fermentum* CRL 251 in pure and mixed cultures grown in soymilk. **Food Microbiology.** v. 21, p. 511-518, 2004.
- GARROTE, G., DOMÍNGUEZ, H., PARAJÓ , J.C. 'Mild Autohydrolysis: An Enviromentally Friendly Technology for Xylooligosaccharide Production from Wood' **Journal Chemistry Technology Biotechnology** v. 74, p. 1101-1109, 1999.
- GIBSON, R.G.. Probiotics. **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology** v. 18 p. 287-298, 2004.
- GIMENEZ, P.M.A.. **Efeito do teor de lactose e do tipo de cultura na acidificação e pós-acidificação de iogurtes.** Campinas, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. 86 p.
- GUTIERREZ, A.N.; DEBARR, D.A.; MADDOX, S.I. Production of diacetyl from whey permeate using *Lactococcus lactis subsp. Lactis.* **Journal of Fermentation and Bioengineering.** v.81 (2): p. 183-184, 1996.

HOLT, J.G.; KEEG, N.R.; SNEATH, P. H.; STALEY & WILLIAM; S.S.T. *Bergey Manual of Determinative Bacteriology*. Ninth edition, Willian & Wilkins, Baltimore, U.S.A, 1994.

HOLZAPFEL, W.H.; SCHILLINGER, U. Introduction to pre- and probiotics. *Food Research International*, v. 35, p. 109-116, 2002.

HYUN, C.; SHIN, H. Utilization of bovine plasma obtained from a slaughterhouse for economic production of probiotics. *Journal of Fermentation and Bioengineering*. v. 86 (1): p. 34-37, 1998.

IMAIZUMI, K. NAKATSU, Y., SATO, M., SEDARNAWATI, Y., SUGANO, M. Effects of Xylooligosaccharides on Blood Scan. **LFRA Limited**, UK. Nakada, T. (1999). Bifidobacterium Bifidum Proliferation Promoting Composition Containing Xylooligosaccharide. USA Patent US 5939309, 1991.

JASKARI, J. KONTULA, P., SIITONEN, A., JOUSIMIES-SOMER, H., MATTILA- SANDHOLM, T., POUTANEN, K. Oat β -glucan and Xylan Hydrolysates as Selective Substrates for Bi.dobacterium and Lactobacillus Strains. *Applied Microbiology Biotechnology* v. 49, p. 175-181, 1998.

JEONG, K.J., PARK, I.Y., KIM, M.S., KIM, S.C. 'High-level Expression of an Endoxylanase Gene from Bacillus Sp. in Bacillus Subtilis DB104 for the Production of Xylobiose from Xylan'. *Applied Microbiology Biotechnology*. v. 50, p. 113-118, 1998.

JOO, G. J., RHEE, I. K., KIM, S.O., RHEE, S. J. Effect of Dietary Xylooligosaccharide on Indigestion and Retarding Effect of Bile Acid Movement Across a Dialysis Membrane. *Han'guk Sikp'um Yongyang Kwahak Hoechi* v. 27, p. 705- 711, 1998.

KAO, Y., LIU, Y., SHYU, Y. Identification of *Lactobacillus* spp. In probiotic products by real-time PCR and melting curve analysis. *Food Research International*, v. 40, p. 71-79, 2007.

KAZUMITSU, S. 'Production of food and drink'. **Japanese Patent JP 9248153**, 1997.

KAZUYOSHI, T. Production of Monosaccharide, Oligosaccharide and Solubilized Polysaccharide. **Japanese Patent JP 10117800**, 1998.

LIZARDI, V.G.; RUBIO, H.R.; ESPUÑEZ, S.T.; CERVANTES, G.R.; CRUZ, M.P.; REYES, L.M.; ESPINOSA, A. A.; Cambio en la flora intestinal de ratones por la administración de bifidobacterias y jugos de girasol/Intestinal microflora changes in mice by bifidobacteria and sunflower juice. *Veterinary México*, v. 27 (2): p. 127-131, 1996.

LOO, J.V., CUMMINGS, J., DELZENNE, N., ENGLYST, H., FRANCK, A., HOPKINS, M., KOK, N., MACFARLANE, G., NEWTON, D., QUIGLEY, M., ROBERFROID, M., VAN VLIET, T. VAN DEN HEUVEL, E. 'Functional Food Properties of Non-digestible Oligosaccharides: a Consensus Report from the ENDO Project (DGXII-AIRIICT94- 1095)' *British Journal Nutrition*. v. 81, p. 121-132, 1999.

MANNING, T.S.; GIBSON, G.R. Microbial gut interactions in health and disease. Prebiotics. *Best practicals Research Clinical Gastrointestinal*. v.18, p.287-298, 2004.

MARTEAU, P.; FLORIÉ, B. Tolerance to low-digestible carbohydrates: symptomatology and methods. *British Journal of Nutrition*, v. 85 (Suppl. 1), p. 817-821.

MASAYASU, T., AKIRA, M., KOJI, M., TAKASHI, Y. Inhibitor of Vasodepressor and Vasopressor. **Japanese Patent JP 5194241**, (1993).

MATTILA-SANDHOLM, T.; MYLLÄRIMEN, P.; CRITTENDEN, R.; MONGENSEN, G.; FONDÉN, R.; SAARELA, M. Technological challenges for future probiotic foods. *International Dairy Journal*, v.12, p.173-182, 2002.

MENEZES, C.R. Estudo da atividade prebiótica de hidrolisados lignocelulósicos [Thesis] Campinas, SP: Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP; 2007. 143p.

MODLER, H.W. Bifidogenic Factors-Sources, Metabolism and Applications. in *Int. Dairy J*, v. 4, p. 383-407, 1994.

NAKANO, H. Recente japanese development in the enzymatic production and application of oligossaccharides; apresentado no Seminar on enzyme and bacterial technology, 1998, Campinas. **Japan International Cooperation Agency**, [s.d.].

- NITSCHKE, M.; UMBELINO, D. C. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 36(1): p. 27-34, 2002.
- OIKI, K.; SONOMOTO, K.; ISHIZAKI, A. Growth-stimulating effects of natural rubber serum on *Bifidobacterium bifidum*. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, v. 82 (2): p. 165-167, 1996.
- OKAZAKI, M., FUJIKAWA, S., MATSUMOTO, N. Effect of Xylooligosaccharide on the Growth of Bifidobacteria. **Bifidobacteria Microflora**, v. 9, p. 77-86, 1990.
- OKAZAKI, M., KODA, H., IZUMI, R., FUJIKAWA, S., MATSUMOTO, N. (1991). Effect of Xylooligosaccharide on Growth of Intestinal Bacteria and Putrefaction Products. **J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci**, v. 44, p.41-44.
- ONISHI, N.; KIRA, I.; YOKOZEKI, K. Galactooligosaccharide production from lactose by *Sirobasidium magnum* CBS6803. **Letters in Applied Microbiology**, v.23, p. 253-256, 1996.
- OUWEHAND, A., SALMINEN J. The health effects of culture milk products with viable and non viable bacteria. **International Dairy Journal**, v. 8, p. 749-758, 1998.
- PARAJÓ, J.C.; GARROTE, G.; CRUZ., DOMINGUEZ, H.. Production of xylooligosaccharides by autohidrolisis of lignocelulosic materials. **Trends in Food Science & Technology**. v. 15 p. 115-120, 2004.
- PARKER, R.B. (1974). Probiotics, the other half of the antibiotic story. **Animal nutrition and health**. v. 6. n.1, p. 43-64, 1996. Apud **International Dairy Journal**, v.9. p. 32-61, 1999.
- PELLERIN, P.; GOSSELIN, M.; LEPOUTRE, J.P.; SAMAIN, E.; DEBEIRE, P. (1991). Enzymatic production of oligosaccharides from corn cob xylan. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 13, p. 617-621.
- PULS, J., ORNEMAN, A., GOTTSCHALK, D., WIEGEL, J. Xylobiose and xylooligomers. **Methods in Enzimology**, v. 160, p. 528-536, 1988.
- PULS, J.; SCHUSEIL, J. 'Chemistry of Hemicelluloses: Relationship Between Hemicellulose Structure and Enzymes Required for Hydrolysis' in Hemicellulose and Hemicellulases, (Coughlan, M.P. and Hazlewood, G.P., eds), pp. 1-27, Porland Press, London, UK, (1993).
- PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; AURA, A.M.; OKSMANCALDENTY, K.M.; MYLLÄRINEN, P.; SAARELA, M.; MATTILA-SANHOLM, T.; POUTANEN, K. Development of functional ingredients for gut health. **Trends Food Science Technology**. v.13, p. 3-11, 2002.
- RASTALL, A.R.; GIBSON, G.R.; HARSHARNJIT S.G.; GUARNER, F.; KLAENHAMMER, T.R.; POT, B.; REID, G.; ROWLAND, I.R.; SANDERS, M.E.. Modulation of the microbial ecology of the human colon by probiotics, prebiotics and synbiotics to enhance human health: An overview of enabling science and potential applications. **FEMS Microbiology Ecology**, v..52, p 145-152, 2005.
- SAAD, S.M.I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 42, n. 1, Jan./Mar., 2006.
- SAARELA, M.M.G.; FONDEN, R.; MATTO, J.; MATILLA, S.T. Probiotic bacteria: Safety, functional and technological properties. **Journal of Biotechnology**, v.84, p.197-215, 2000
- SAKO, T.; MATSUMOTO, K.; TANAKA, R. Recent progress on research and applications of non-digestible galacto-oligosaccharides. **International Dairy Journal**, v.9, p.69-80, 1999.
- SALMINEN, S. Probiotics: Scientific support for use. **Food Technology**. v.53, n.11, p.1-3, 1999.
- SAMANTA, A.K.; JAVAPAL, N.; JAVARAM, C.; ROY, S.; KOLTE, A.P.; SEMANI, S.; SRIDHAR, M.. Xylooligosaccharides as prebiotics from agricultural by products: Production and applications. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 5, 1, Jan., p. 62-71, 2015.
- SANDERS, M.E. Overview of functional foods: emphasis on probiotic bacteria. **Int. Dairy J**, Amsterdam, v.8, p.341- 347, 1998.
- SANDERS, M.E.; KLAENHAMMER, T.R. Invited review: the scientific basis of *Lactobacillus acidophilus* NCFM functionality as a probiotic. **Journal Dairy Science**., Savoy, v. 84, p.319-331, 2001.

SCHEPPACH, W.; LUEHRS, H.; MENZEL, T. Beneficial health effects of low-digestible carbohydrate consumption. **British Journal of Nutrition**, v. 85 (Suppl. 1), p. 823-930, 2001.

STAMFORD, T.L.M. Alimentos Probióticos – Uma Revisão. **Higiene Alimentar**. v.14, n.68/69, Jan/Fev, 2000.

SUWA, Y.; KOGA, K.; FUJIKAWA, S.; OKAZAKI, M.; IRIE, T.; NAKADA, T.. 'Bifidobacterium Bifidum Proliferation Promoting Composition Containing Xylooligosaccharide', **USA Patent US 5939309** (1999).

TAEKO, I., et al. Food and Drink Effective in Anti-obesity. **Japanese Patent JP 10290681**, 1998.

TAKAO, Y.; YOSHIO, I.. 'Production of Gruel-like Extract Containing Xylooligosaccharide and Food Containing the Extract and Production of Xylooligosaccharide', **Japanese Patent JP 8103287**, (1996).

TAMINE, A.; MARSHALL, V.; ROBINSON, R.. Microbiological and technological aspects of milks fermented by bifidobacteria. **Journal of Dairy Research**. v. 62 p. 151-187, 1995.

TOSHIO, I. Production of Xylobiose. **Japanese Patent JP 2119790**, 1990.

VÁZQUEZ, M.J.; ALONSO, J.L.; DOMINGUEZ, H.; PARAJÓ, J.C.. Xylooligosaccharides: manufacture and applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11 p. 387-393, 2000.

VELAZQUEZ, M.; FEITARG, J. M. Isolation and partial physiological characterization of commercial strains of bifidobacteria. **Journal of Food Protection**, v. 60. p. 537-543, 1997.

VERELLEN, J.L.T.; BRUGGEMAN, G.; REENEN, V. A. C.; DICKS, T. M. L.; VANDAMME, E. Fermentation optimization of planaricin 423, a bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum* 423. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 2, p. 174-179, 1998.

WOLF, B.W.; GARLEB, K.A.; CAMPBELL, S.M.; MEULBROEK, J.A.; WHEELER, K.B.; WALTON, J.E. (1998). Oral Rehydration Solution Containing Indigestible Oligosaccharides. **USA Patent US 5733579**

YADAV, H.; JAIN, S.; SINHA, P.R. Antidiabetic effect of probiotic dahi containing *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* in high fructose fed rats. **Nutrition**, v. 23, p. 62-68, 2007.

ZIEMER, C.J.; GIBSON, G.R. (1998) 'An Overview of Probiotics, Prebiotics and Synbiotics In the Functional Food Concept: Perspectives and Future Strategies' **International Dairy Journal**. v. 8, p. 473-479.