

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS SENADOR HELVÍDIO NUNES DE BARROS
BACHARELADO EM NUTRIÇÃO

ELANY DE SOUSA BORGES GONÇALVES

ASPECTOS GERAIS DO XILITOL E SUA APLICAÇÃO NA SAÚDE HUMANA

PICOS-PI

2012

ELANY DE SOUSA BORGES GONÇALVES

ASPECTOS GERAIS DO XILITOL E SUA APLICAÇÃO NA SAÚDE HUMANA

Trabalho apresentado ao Curso de Bacharelado em Nutrição da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção de nota parcial, para aprovação na disciplina TCC II do curso de Bacharelado em Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros.

Orientadora: Profa. Msc Julianne Viana Freire Portella

PICOS-PI

2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí

Biblioteca José Albano de Macêdo

G635a Gonçalves, Elany de Sousa Borges.

Aspectos gerais do xilitol e sua aplicação na saúde humana / Elany de Sousa Borges Gonçalves. – 2012.

CD-ROM : il. ; 4 ¼ pol. (37 p.)

Monografia(Bacharelado em Nutrição) – Universidade Federal do Piauí. Picos-PI, 2012.

Orientador(A): Profa. MSc. Julianne Viana Freire Portella

ELANY DE SOUSA BORGES GONÇALVES

ASPECTOS GERAIS DO XILITOL E SUA APLICAÇÃO NA SAÚDE HUMANA

Trabalho apresentado ao Curso de Bacharelado em Nutrição da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção de nota parcial, para aprovação na disciplina TCC II do curso de Bacharelado em Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros.

Aprovado em 05 / novembro / 2012

Banca Examinadora

Julianne Viana Freire Portella
Presidente - Profa. Msc. Julianne Viana Freire Portella, UFPI

Cinthia Rodarte Parreira
Examinador 1 - Profa. Msc. Cinthia Rodarte Parreira, UFPI

Aline Almondes Jaques
Examinador 2 - Profa. Esp. Aline Almondes Jaques, UFPI

Dedico este trabalho aos meus amados pais, Maria Zilda e Francisco Borges, por não medirem esforços para que eu realizasse meus sonhos e por terem me dado a oportunidade do estudo, para que eu um dia, assim como eles, vença na vida.

Agradecimentos

A Deus por me permitir alcançar esse objetivo, com Fé, Coragem, Garra e Amor.

Aos meus pais Francisco Borges e Maria Zilda por acreditarem e investirem em mim. Por suas palavras motivadoras e amáveis. Pelos bons conselhos. Esse grande presente é de vocês, pelo amor a mim concedido, pelos ensinamentos, quero dizer que mais do que nunca sou grata por tudo e finalizo hoje essa jornada, dizendo que farei muito mais para ser motivo de orgulho para vocês. Amo vocês!!!

Mãe por tua garra e Fé em sempre lutar pelo melhor para mim, por sempre me incentivar e estar ao meu lado nos momentos difíceis. Por ser a grande base da nossa família, não nos deixando fraquejar e nem desistir. Você é meu grande amor, meu espelho em todos os momentos, um exemplo de mulher e mãe. Te amo!!!

Pai por ser exemplo de caráter, honestidade e justiça. Pela sua batalha em se formar aos 54 anos, mostrando a todos que nunca é tarde para se alcançar um sonho. Você é exemplo de motivação e Força. Te amo!!!

A minha irmã Marcella pelo carinho e momentos de descontração.

A todos da minha família que torceram e rezaram por mim, com a crença que eu seria motivo de orgulho de vocês.

A minha orientadora Profa. Msc. Julianne Viana Freire Portela pelos ensinamentos, pela disponibilidade dados a mim em todos os momentos e pelas críticas construtivas que enriqueceram meu trabalho e a mim como estudante. Obrigada!

A banca examinadora Profa. Msc. Cíntia Rodarte Parreira e Profa. Esp. Aline Almondes Jaques por aceitarem prestigiar meu trabalho e opinarem de forma significativa para o melhoramento do mesmo.

As amigas Tagiane, Lorena, Allynny e Olissandra pela ajuda, pelas palavras de carinho, pelas alegrias e pelo encorajamento ao longo dessa jornada. Vocês foram um presente para mim nesse período tão importante da minha vida.

“Todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito” (Romanos 8:28).

*...Pela vontade de Deus - não por qualquer mérito meu...
(Efesios 1:1)*

RESUMO

O xilitol é um adoçante extraído de plantas, raízes, frutos dentre vários outros, através de processamento químico e biotecnológico. As pesquisas com o xilitol vem crescendo notoriamente, em diversos campos como nas áreas alimentícias e clínica, pois observa-se inúmeros benefícios, citando seu papel fundamental na área da saúde como no combate a cárie e também em desordens clínicas como diabetes e otite média aguda. Contudo, faz-se necessário a realização de mais pesquisas científicas e incentivos para sua exploração, para que assim, possa-se aumentar a linha de produção do xilitol levando ao conseqüente aumento da fabricação de produtos alimentícios e propiciando maiores avanços na área da saúde.

Palavras-chave: edulcorante natural, saúde, produtos alimentícios.

ABSTRACT

Xylitol is a sweetener extracted from plants, roots, fruits among many others, by means of chemical and biotechnological processing. Research with xylitol is growing sharply in many fields such as food and medical areas, because there are numerous benefits, citing its role in health and in fighting cavities and also in clinical disorders such as diabetes and acute otitis media . However, it is necessary to carry out more research and incentives for scientific exploration, so that, to raise up the production line of xylitol leading to a consequent increase in the manufacture of food products and providing greater advances in healthcare.

Keywords: natural sweetener, health, food, benefits.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 METODOLOGIA.....	13
3 SURGIMENTO DOS EDULCORANTES.....	13
4 EDULCORANTES NATURAL: XILITOL.....	14
4.1 A química do xilitol.....	18
4.2 Técnicas para obtenção do xilitol.....	20
4.2.1 Obtenção por processamento químico.....	20
4.2.2 Obtenção por processamento biotecnológico.....	21
5 APLICABILIDADE DO XILITOL NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS.....	23
6 O XILITOL, METABOLISMO HUMANO E SEUS EFEITOS BENÉFICOS À SAÚDE.....	24
6.1 Cariogenicidade.....	24
6.2 Lesões renais e parenterais.....	25
6.3 Otite média aguda.....	26
6.4 Diabetes.....	27
6.5 Infecções respiratórias.....	27
6.6 Osteoporose.....	28
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

Na idade média, as pessoas acreditavam que o açúcar representava a cura para todos os males, porém esta visão mudou radicalmente a partir dos anos 70, do século XX, quando o mesmo passou a ser visto como a causa de todos os problemas relacionados à saúde como: doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade (FIB, 2010).

Na atualidade, destaca-se o surgimento de uma série de substâncias (adoçantes) com capacidades idênticas ao do açúcar e que proporcionam dulçor semelhante, além de características químicas e tecnológicas específicas, como a mínima quantidade calórica em relação à sacarose (FIB, 2010). No entanto, poucas substâncias foram comprovadamente estabelecidas como seguras para o consumo humano, com bom poder adoçante e estabilidade satisfatória (CARDOSO et al., 2004).

Até a década de 1980, no Brasil, os produtos dietéticos eram regulamentados como drogas, sendo comercializados em farmácias e consumidos por muitos indivíduos que necessitavam substituir o açúcar por adoçantes isentos de calorias, pois apresentavam patologias que proibiam seu consumo como, os diabéticos (TOLEDO et al., 1995).

Entretanto, a partir de 1988, os produtos formulados à base de edulcorantes tiveram seu uso estendido para toda a população. De acordo com a legislação brasileira, adoçantes dietéticos são classificados como produtos formulados para utilização em dietas com restrição de sacarose, frutose e glicose, para atender às necessidades de pessoas sujeitas à restrição desses carboidratos (BRASIL, 1998).

Os edulcorantes ou adoçantes são produtos químicos de origem sintética ou natural, que têm a propriedade de adoçar um alimento em substituição total ou parcial do açúcar comercial. De acordo com o Codex Alimentarius (2012) a sacarose e seus substitutos se classificam em 2 grupos: edulcorantes nutritivos (calóricos) e edulcorantes não nutritivos (ausentes de calorias).

Os edulcorantes nutritivos, também denominados de adoçantes de corpo, fornecem energia e textura aos alimentos, e geralmente contém o mesmo valor calórico da sacarose, sendo utilizados em quantidades maiores. Subdividem-se, de um lado, em carboidratos e derivados, tais como os açúcares refinados, mel, frutose, lactose, maltose, polióis e outros, por outro lado, os peptídeos e derivados, como aspartame, alitame e

outros. Embora sejam tecnicamente calóricos, alguns deles não trazem nenhuma caloria para os seus consumidores, devido às baixíssimas quantidades usadas (FIB, 2010).

Os carboidratos e polióis são utilizados como agentes de volume ou agentes de corpo, para conferir textura aos alimentos que serão adoçados. A sua presença também é importante para conferir praticidade nas aplicações de uso doméstico. Nos adoçantes líquidos, o agente de corpo é a água (FIB, 2010).

Os edulcorantes não nutritivos usados em alimentos e bebidas dietéticas são vários, porém, cada um possui características específicas de intensidade e persistência de gosto doce e presença ou não de gosto residual. Podem ser geralmente centenas de vezes mais doces do que o açúcar, porém não oferecendo nenhum poder energético, entre estes citam-se o acessulfame-k, ciclamato, sacarina, sucralose. No entanto, pode-se relatar que as características específicas existentes podem modificar-se em função de suas concentrações. Esses fatores são determinantes na aceitação, na preferência e na escolha por parte dos consumidores (CARDELLO et al., 2000).

Os adoçantes não nutritivos são classificados em substâncias artificiais ou naturais, geralmente centenas de vezes mais doces do que o açúcar, mas que não oferecem nenhum poder energético, tal como acessulfame-k, ciclamato, sacarina, sucralose, lactitol, maltitol, estévia (esteviósideo) (FIB, 2010).

As substâncias de origem natural são vistas como uma categoria especial de adoçantes, pois são obtidas de extratos vegetais. Algumas vêm sendo amplamente estudadas e utilizadas, tanto na indústria alimentícia como na farmacêutica como, por exemplo, a estévia (esteviosídeo), maltitol, lactitol, xilitol (FREITAS, 2003).

Dentre os edulcorantes naturais, pode-se destacar o xilitol, que apresenta vantagens sobre a sacarose devido à virtude de sua elevada estabilidade química e microbiológica, isto porque, mesmo em baixas concentrações, atua como conservante de produtos alimentícios, oferecendo resistência ao crescimento de microrganismos e prolongando a vida de prateleira desses produtos (BAR, 1991).

É um poliálcool denominado 1,2,3,4,5-pentaidroxipentano e, que satisfaz inúmeras exigências como a de ser um adoçante perfeitamente capaz de substituir o açúcar bem tolerado por diabéticos. Além disso, é benéfico em inúmeras aplicações clínicas, tais como no combate às cáries, podendo, ainda, atuar como antioxidante, umectante, estabilizante, crioprotetor e redutor de ponto de congelamento (CÂNDIDO et al., 1995).

O presente trabalho objetivou analisar os estudos a cerca do xilitol, mostrando os inúmeros benefícios trazidos pela sua aplicação como edulcorante no âmbito da saúde e denotando também a importância de maiores estudos científicos, para que assim possa expandir a sua utilização na indústria alimentícia.

2 METODOLOGIA

O material bibliográfico foi adquirido nas bases de indexação Periódicos Capes, Pub Med e Scielo. Para a busca foram utilizados os seguintes descritores: edulcorantes, adoçantes dietéticos, aditivos alimentares, adoçantes não-calóricos, edulcorantes naturais, xilose e xilitol. Essas palavras foram relacionadas com os seguintes termos: indústria alimentícia, indústria de alimentos, aplicação na indústria, metabolismo humano, benefícios à saúde, biotecnologia e legislação.

3 SURGIMENTO DOS EDULCORANTES

A história do uso da sacarose provém da afinidade dos seres humanos por substâncias de sabor doce. Estudos psicológicos e fisiológicos observam a importância do poder dulçor em alimentos e bebidas, pois a doçura pode ser notável pelo indivíduo ainda no estágio fetal. Além do sabor agradável da sacarose, ela ainda proporciona outro benefício que é de atuar como combustível para o metabolismo humano (MENDONÇA et al., 2005; ADA REPORTS, 2004).

Porém, o uso do açúcar na dieta recebeu grande relevância nos Estados Unidos em meados dos anos sessenta, por constatarem em certos segmentos da população a associação do uso excessivo deste alimento às patologias como obesidade, diabetes, doenças coronárias crônicas e hipertensão (ADA REPORTS, 2004; ROSADO, 2001).

De acordo com as observações também constatadas por Fatibello et al., (1996), a crescente preocupação com a saúde e qualidade de vida, tem provocado alterações nos hábitos de vida - (os indivíduos se exercitam mais, comem alimentos mais saudáveis e têm diminuído o consumo de alimentos ricos em açúcar, sal e gordura) - aumentando,

assim, a demanda do consumo de produtos dietéticos, que são produtos destinados ao uso, com a ausência de algum componente, como gordura, sódio e sacarose. Desde então, os indivíduos que, por diversas razões, precisam substituir o açúcar por adoçantes não calóricos procuram por produtos que sejam dotados de gosto e características semelhantes à sacarose. No entanto, várias substâncias surgiram para suprir esta necessidade, mas poucas foram comprovadamente estabelecidas como seguras para o consumo humano (CARDOSO et al., 2004). Estas utilizadas como adoçantes estimulam a sensação doce por interagirem com os receptores gustativos da língua e garganta (ADA REPORTS, 2004).

No Brasil, na década de 80 os produtos dietéticos eram classificados como drogas, sendo comercializados em farmácias e consumidos apenas por quem necessitasse controlar a ingestão de sacarose, exemplificados pelos portadores de diabetes mellitus (TOLEDO et al., 1995). Entretanto, a partir de 1988, os produtos formulados à base de edulcorantes tiveram seu uso permitido para toda a população (BRASIL, 1988). Segundo as legislações vigentes no país, os aditivos dietéticos são produtos formulados com o intuito de serem aplicados a indivíduos com restrição ao uso da sacarose, frutose e glicose (BRASIL, 1998).

A RDC n°3, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), denomina os adoçantes com uso admitidos no Brasil em:

Artificiais: acesulfame de potássio, aspartame, ácido ciclâmico e seus sais de cálcio, potássio e sódio, sacarina e seus sais de cálcio, potássio e sódio, sucralose.

Naturais: sorbitol, manitol, isomalte, esteviosídeo, maltitol, lactitol, xilitol.

Tais aditivos são empregados nos mais diversos produtos, como pudins, adoçantes de mesa, refrigerantes, gelatinas, sorvetes e, também, em medicamentos para encobrir ou mascarar as características organolépticas dos fármacos e em produtos de higiene bucal, para diminuir a incidência de cárie, visto que não serve como alimento para as bactérias da boca (GIBBS et al., 1996).

4 EDULCORANTE NATURAL: XILITOL

Edulcorantes Naturais são substâncias orgânicas encontradas na natureza e tem como principais características conferir doçura aos alimentos, possuem uma elevada

capacidade de fermentação, cristalização e caramelização. Apresentam ainda grande facilidade para formação de xaropes por serem solúveis em água, além de terem capacidade de inibir o crescimento microbiano quando utilizado em concentrações elevadas (TONETTO et al., 2008).

Inúmeras partes contidas nos vegetais, tais como raízes, cascas, folhas, frutos presentes na biomassa vegetal constituem uma fonte potencial de carbono e energia que pode ser empregada em bioprocessos para a produção de diversos produtos de valor agregado. O mercado para os produtos derivados da biomassa vegetal incluem combustíveis e insumos químicos em geral. Dentre estes, encontram-se alimentos, fármacos e enzimas. Estes materiais lignocelulósicos são compostos principalmente por uma mistura de carboidratos polimerizados (celulose e hemicelulose) e lignina (FENGEL et al., 1989). Muitos materiais lignocelulósicos como os resíduos agro-industriais, bagaço de cana (SILVA et al., 1998), palha de arroz (SILVA et al., 2001), palha de trigo (NIGAM, 2001), cavacos de eucalipto, entre outros (CANETTIERI et al., 2001) são utilizados como meio de cultivo para a obtenção biotecnológica do xilitol.

Segundo Makinem (2000), o xilitol foi sintetizado em laboratório primeiramente em 1890, pelo químico alemão Emil Fischer. Nesta mesma época também foi isolado pelo químico francês Gabriel Bertrand do centeio e da aveia, e por volta de 1960 e 1970, começou a ser introduzido na dieta dos indivíduos portadores de diabetes. A FDA aprovou o seu uso em 1963, como um aditivo do tipo GRAS (Generally Regarded as Safe) sendo anexado ao grupo dos substitutos do açúcar, por ser uma substância atóxica, de acordo com Araújo (2007).

No ano de 1970, as primeiras pesquisas sobre a ação benéfica do xilitol foram publicadas, dando ênfase a sua ação no combate às cáries. A Finlândia foi à pioneira em pesquisa e produção de xilitol na década de 70, sendo que sua produção em grande escala ocorreu em 1975, pela empresa The Finnish Suggar Company. Em 1976, esta empresa uniu-se à Company Hoffman La Roche, e passou a ser considerada, possuidora da tecnologia mais importante na produção mundial de xilitol com o nome de “Xyforin” (ARAÚJO, 2007).

De acordo com Mussatto et al. (2002), o xilitol está presente em produtos que estão disponíveis no mercado Europeu e Escandinavo há mais de 20 anos, sendo naturalmente encontrado em vegetais como alface, cebola, cenoura, morango e uva.

A incorporação do xilitol como produto dietético é legalmente permitida não somente internacionalmente como também no Brasil, desde 1980, o xilitol é bem

tolerado, quando consumido em doses espaçadas de até 20g cada uma, e desde que a quantidade ingerida por dia não ultrapasse 60g, já que a ingestão de doses maiores produz efeito laxativo (MUSSATTO et al., 2002; LIMA et al., 2003). Essa reação adversa é provavelmente causada devido o xilitol ser utilizado em alimentos normalmente consumidos em quantidades elevadas, como é o caso dos refrigerantes. No entanto, a Organização Mundial de Saúde (OMS) não estabeleceu um limite para a ingestão diária aceitável do xilitol e a FDA indica que seu consumo seja permitido apenas na quantidade suficiente para atingir o poder dulçor desejado pelo consumidor (FIB, 2012).

No Brasil, as indústrias estão iniciando o uso do xilitol na formulação de produtos, atraídas pelo seu efeito refrescante e, sobretudo pela sua ação anticariogênica. Entre os produtos alimentícios contendo xilitol que já se acham disponíveis no mercado brasileiro, enumeram-se, as balas, confeitos, gomas de mascar, chocolates, caramelos, compotas, geléias, sobremesas e pudins (FIB, 2012). De acordo com a legislação vigente imposta pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o xilitol é caracterizado como um aditivo alimentar do tipo edulcorante e umectante, podendo ser empregado na quantidade necessária para se obter o efeito desejado (“*quantum satis*”), uma vez que este não afeta a genuidade e identidade dos alimentos (BRASIL, 2001).

Clinicamente, pode-se relatar que xilitol é um poliol denominado como edulcorante nutritivo ou calórico, de poder adoçante semelhante ao da sacarose (BRASIL, 2001), que vem sendo utilizado com sucesso na prevenção da cárie dentária e no tratamento de diabéticos, obesos e em nutrição parenteral, uma vez que sua absorção pela mucosa do intestino é lenta, não havendo alterações bruscas nas concentrações de glicose no sangue, com isso apresenta seu metabolismo independente de insulina (MAIA et al., 2008). Outras aplicações ressaltáveis encontram-se no campo da indústria farmacêutica onde pode ser utilizado na formulação de medicamentos para o tratamento da otite média aguda (TAPIAINEN et al., 2001), em infusões pós-cirúrgicas para pacientes com dificuldades em metabolizar açúcares (MÄKINEN et al., 2000), em medicamentos para a prevenção da osteoporose (MATTLA et al., 1998), no tratamento da fibrose cística (ZABNER et al., 2000). Sendo, portanto, empregado na formulação de xaropes, vitaminas e tônicos (BAR, 1991). No entanto, seu custo-benefício é relativamente elevado (custo de produção cerca de 10 vezes superior ao do sorbitol e da sacarose) (PARAJÓ et al, 1998). Ele é normalmente usado em combinação com outros polióis que servem como agente de corpo da mistura (MÄKINEN et al., 1998).

Quimicamente, este poliol é industrialmente obtido por processo químico através da hidrogenação catalítica de D-xilose obtida de lignocelulósicos. Como já citado o xilitol apresenta como característica importante seu agradável efeito refrescante que ocorre devido ao seu valor negativo de calor de dissolução ($-34,8$ cal.g a menos um). É um excelente agente redutor da atividade de água por ter sua solubilidade em água semelhante à da sacarose (195 g.100 g a menos um água a 20 °C), favorecendo uma maior conservação aos produtos que o contêm em sua formulação (CÂNDIDO et al., 1995).

Enfim, inúmeras funções benéficas podem ser atribuídas ao uso xilitol, pois ele ainda pode atuar como antioxidante, estabilizante, entre outros (CÂNDIDO et al., 1995; O'DONNELL, 1996).

Ressalta-se que alguns adeptos das pesquisas feitas com xilitol entre outros produtos extraídos da biomassa vegetal, com poucas exceções, avaliam essas matérias-primas como inviáveis, devido a sua difícil exploração e dificuldade existente na extração como também seu baixo rendimento, tornando uma fonte dispendiosa, porém há controvérsias, pois outros estudiosos defendem a sua exploração, de modo a citarem inúmeros benefícios obtidos através do seu uso por seres-humanos, demonstrando a sua importância no âmbito da saúde (FIB, 2010).

Economicamente, vale destacar que nos anos de 2000 e 2001 o mercado de polióis atingiu um valor de vendas significativo em torno de 1,4 milhões de toneladas, alcançando um faturamento de 1,3 bilhões de dólares. O xilitol responsabilizou-se pela segunda maior parte deste mercado (cerca de 12%), perdendo apenas para o sorbitol (48%). Devido ao fato de este mercado já se encontrar em crescimento constante e estabelecido, estima-se que ao longo dos anos subsequentes o xilitol venha beneficiar mais ainda o mercado econômico (BUSINESS COMMUNICATIONS, 2002).

Mesmo diante das controvérsias existentes quanto à exploração do xilitol, vale ressaltar e defender que a incorporação do xilitol em dietas alimentares representa um grande benefício tanto para os adeptos que necessitam de uma dieta controlada quanto para aqueles indivíduos que, embora não apresentem distúrbios metabólicos, preocupam-se com a saúde e com o bem-estar físico. Sua aplicação na área clínica é imensamente significativa, pois inúmeros estudos demonstram que seu uso favorece os seres-humanos, podendo citar sua ação no tratamento de diversas patologias como o combate a cárie, diabetes, osteoporose, otite média aguda, infecções respiratórias, lesões renais e parenterias (MUSSATTO et al., 2002).

4.1 A química do xilitol

O xilitol é um poliálcool de fórmula molecular: (1, 2, 3, 4,5-pentaidroxipentano), e com capacidade de substituir a sacarose (Figura 1) (Tabela 1) (MUSSATTO et al., 2002). Apresenta sua estrutura molecular aberta, com cinco grupos hidroxila (OH), sendo que cada um deles encontram-se ligados a um átomo de carbono, por esta razão esse composto é conhecido como poliidroxiálcool acíclico ou pentitol (MAKINEM, 2000).

O xilitol apresenta-se quimicamente como uma pentose, não é metabolizada pelos seres humanos, sendo eliminado na urina, o que favorece seu uso no estudo da adsorção dos carboidratos (MARTINEZ et al., 2007).

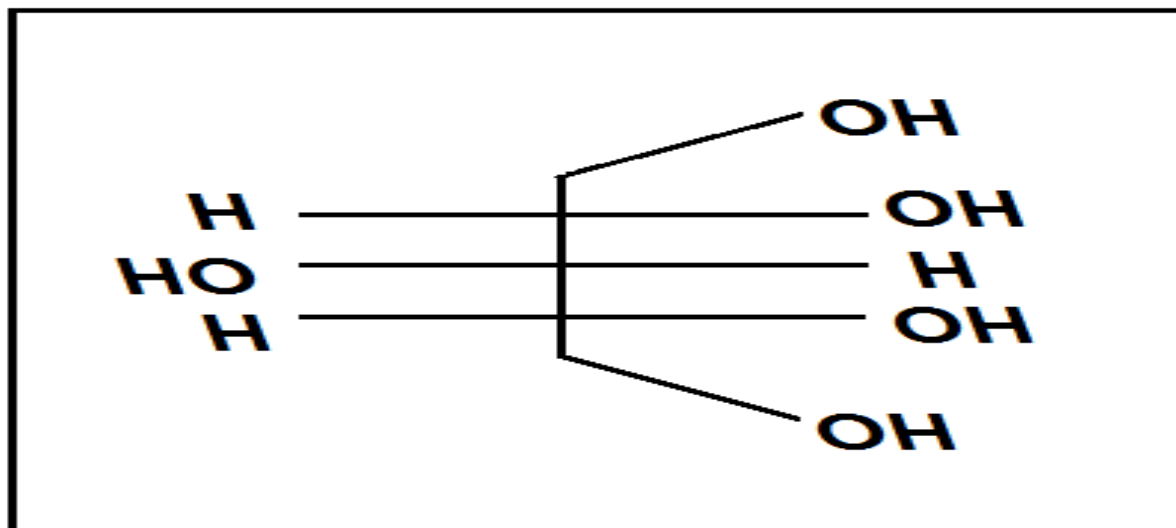
A obtenção do xilitol pode ocorrer por redução química (hidrogenação) da xilose que é utilizada na produção de etanol, ácido lático e acético, resinas, polímeros de plásticos biodegradáveis, leveduras de cerveja, resina, entre outros. A xilose é um substrato facilmente encontrado em frações hemicelulósicas de plantas, madeiras, grãos de café e em palhas (trigo e arroz) e casca de milho, pode ainda ser encontrado em outras fontes naturais como frutas, vegetais e cogumelos, porém, em quantidades inferiores a 900 mg/100g. A extração do xilitol por fontes naturais ocorre por via química e biotecnológica. Inúmeros estudos foram realizados com o intuito de obter novos métodos de obtenção de xilitol. Uma alternativa ao processo químico, que é o mais utilizado para extração de xilitol, foi à produção biotecnológica de xilitol, por não exigir a purificação da xilose, possibilitando menos custos e um trabalho com condições amenas de temperatura e pressão. Estudos afirmam que neste processo há a utilização de enzimas ou microrganismos específicos que atuam somente na conversão de xilose em xilitol, o que leva a um elevado rendimento do produto e, conseqüentemente a sua fácil separação (MUSSATTO et al., 2002).

De acordo com Bar (1991), o edulcorante xilitol apresenta inúmeras vantagens em comparação à sacarose como, sua elevada estabilidade química e microbiológica, atuando em baixas concentrações, de modo a conservar produtos alimentícios, oferecendo assim resistência ao crescimento microbiano e favorecendo a vida de prateleira de produtos.

Dentre as outras características vantajosas destaca-se: a ausência de grupos aldeídicos ou cetônicos encontrados em sua molécula, fazendo com que o xilitol não

participe de reações de “Maillard”, que levam a redução do valor nutricional das proteínas (MODESTA, 1994).

Figura-1 Estrutura química do xilitol



Fonte: (Mäkinen, 2000)

TABELA 1: Xilitol- Características e propriedades físico-químicas

Propriedades	Características e Valores
Fórmula empírica	C ₅ H ₁₂ O ₅
Massa molar	152,15 g/mol
Aparência	Pó cristalino
Cor	Branca
Sabor	Doce
Odor	Nenhum
Ponto de Ebulição	216 °C (1atm)
Ponto de Fusão	92-96 °C
pH (solução aquosa a 10%)	5-7
Densidade (solução aquosa a 10%)	1,03 g/ml
Solubilidade em água a 20 °C	63 g/100 g solução
Viscosidade (aquosa a 10%)	1,23 cP (a 20 °C)
Calor de Solução (endotérmico)	34,8 cal/g
Valor calórico	2,4 kcal/g
Índice de Refração (25 °C)	1,3471 (solução aquosa a 10%)
Higroscopicidade	Em elevada umidade relativa, é mais higroscópico que a sacarose e menos que o sorbitol
Poder adoçante	Similar ao da sacarose, superior ao do sorbitol e manitol
Estabilidade	Estável a 120 °C (não carameliza)

Fonte: (HYVONEN et al., 1982; BAR, 1991; MUSSATTO et al., 2002)

4.2 Técnicas para obtenção do xilitol

4.2.1 Obtenção por processamento químico

Por via química a produção de xilitol teve início em 1975, na Finlândia, com a empresa Finnish Sugar Co. Ltda, em Helsink. Para a adesão do xilitol em escala comercial faz-se necessário a sua produção por processamento químico, através da hidrogenação catalítica da xilose pura que é obtida através de materiais lignocelulósicos, contendo elevados teores de xilana, a matéria-prima utilizada deve estar disponível em grande quantidade (SILVA et al., 1994; HYVONEN, 1982). Esse processo envolve a hidrólise da matéria-prima para obtenção de xilose até sua hidrogenação por xilitol (SILVA et al., 1994).

Fazem-se necessárias extensivas operações de troca iônica, fracionamento cromatográfico e descoloração para haver a obtenção de uma solução de xilose com elevada pureza (MELAJA et al., 1977).

Explicando os passos pode-se ressaltar a etapa de hidrogenação que ocorre em reatores descontínuos a pressões elevadas (50 atm) e temperatura na faixa de 80^oC a 140^oC na presença do catalisador níquel (Figura 2) (SILVA et al., 1994). Após a remoção do catalisador por filtração e troca iônica, a solução hidrogenada contendo o xilitol é concentrada, sofre fracionamento cromatográfico, utilizando resinas catiônicas, e é cristalizada para obtenção do xilitol puro (MELAJA et al., 1977).

De acordo com Silva et al. (1994), a qualidade do xilitol, bem como o rendimento do processo, dependem exclusivamente da pureza da solução de partida, sendo necessário o uso da xilose pura, pois a presença de sujidades, destacando particularmente as ligninas, pode interferir na catálise com a consequente paralisação na etapa de redução.

O processamento químico do xilitol é o mais utilizado, para obtê-lo em grande escala. Resumidamente, o processo de obtenção do xilitol por via química inclui cinco etapas: 1. Hidrólise ácida do material natural rico em xilana; 2. Purificação do hidrolisado até obter uma solução de xilose pura; 3. Hidrogenação catalítica da xilose pura a xilitol, com um catalisador; 4. Purificação da solução de xilitol obtida; 5. Cristalização do xilitol (MELAJA, 1977; HYVÖNEN et al., 1982).

4.2.2 Obtenção por processamento biotecnológico

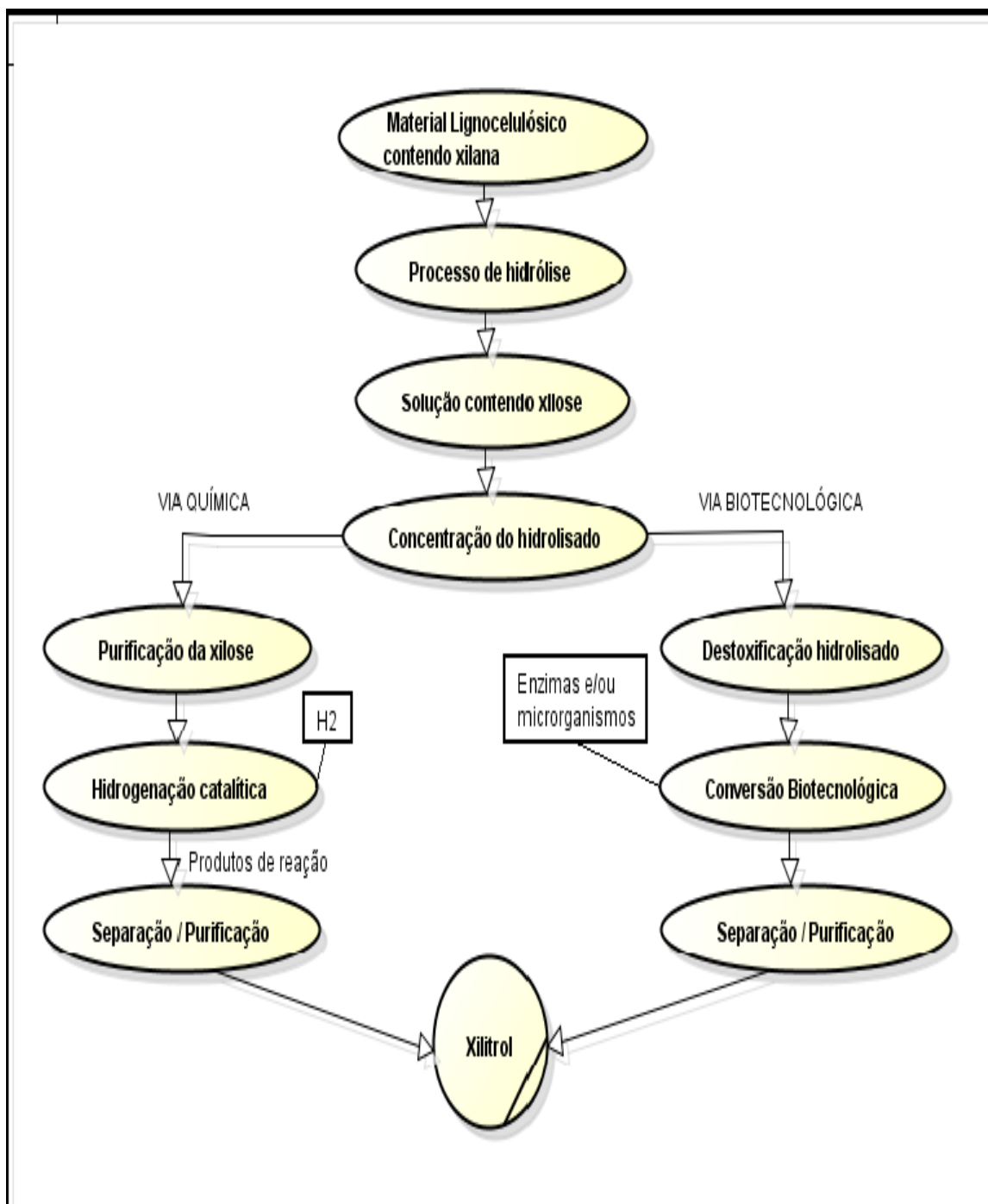
Com o elevado custo existente na produção de xilitol por via química, vários centros de pesquisa no Brasil e no exterior vêm pesquisando a sua obtenção por meio do processo biotecnológico, com o intuito de desenvolver uma técnica menos dispendiosa com produção em escala industrial (FIB, 2012).

De acordo com os estudos de Mussatto et al. (2002), o processo biotecnológico é, por diversas razões, uma alternativa viável em comparação ao método químico convencional, pois dispensa a purificação inicial da xilose (convertida em xilitol no próprio hidrolisado), pode ainda utilizar enzimas ou microrganismos específicos, que atuam somente na conversão de xilose em xilitol (Figura 2). Isso leva a um alto rendimento do produto e, conseqüentemente, favorece a sua separação. Como os microrganismos existentes catalisam o processo, torna-se dispensável o uso de catalisador metálico (PARAJÓ et al., 1997). Apesar dessas inúmeras vantagens, a aquisição de xilitol por via biotecnológica está, contudo, associada à capacidade dos microrganismos de sintetizar a enzima xilose redutase (XR) (JEFFRIES, 1983). Inicialmente, essa enzima catalisa a redução de xilose a xilitol com a participação de co-fatores NADPH ou NADH (SLININGER et al., 1987). O xilitol, composto relativamente estável, pode ser excretado da célula ou oxidado a xilulose pela enzima xilitol desidrogenase (XDH), cuja atividade requer os co-fatores NAD ou NADP (SLININGER et al., 1987).

Em resumo, a produção de xilitol está subordinada há alta atividade da enzima XR ou a uma pequena atividade da enzima XDH, tornando o grau de atividade dessas enzimas o critério preponderante para identificar os melhores produtores (WINKELHAUSEN et al., 1998). Os microrganismos mais usados no processamento são as leveduras, cujo cultivo é feito em hidrolisados obtidos de diferentes matérias-primas, tais como bagaço de cana-de-açúcar (SILVA et al, 1998), palha de trigo (NIGAM, 2001) palha de arroz (SILVA, 2001) e madeira de eucalipto (CANETTIERI et al, 2001). Embora as leveduras apresentem-se mais adequadas que as bactérias e os fungos para a produção de xilitol, é difícil qualificar suas várias espécies quanto à sua capacidade produtiva. Não obstante, há autores que defendem que as que possuem maior potencial pertencem ao gênero *Candida* (LIMA et al., 2003).

Atualmente, existem inúmeros estudos sobre a bioconversão de xilose em xilitol por leveduras, a partir de hidrolisados oriundos da fração hemicelulósica da biomassa vegetal. Com vistas ao melhoramento desse processo, diversos pesquisadores tentam instituir as melhores condições para o cultivo das leveduras para que assim, seja maior e melhor a obtenção do xilitol por via biotecnológica (ROBERTO et al., 1996).

Figura 2- Fluxograma das tecnologias existentes para produção de xilitol.



Fonte: (Mussatto et al., 2002)

5 APLICABILIDADE DO XILITOL NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

Ao se empregar edulcorantes na produção de alimentos e bebidas, as indústrias levam em conta a quantidade de calorias dos adoçantes, a possibilidade de usá-los em dietas para controle e redução de peso e o grau de semelhança entre o seu sabor e o do açúcar. Com isso, o xilitol vem atraindo a atenção dos fabricantes de bebidas e alimentos, principalmente por seu sabor refrescante. Destacando que o mesmo ainda atua como antioxidante, umectante, estabilizante, crioprotetor e redutor de ponto de congelamento (CÂNDIDO et al., 1995; O'DONNELL, 1996).

No Brasil, a adesão do xilitol na formulação de produtos é sobretudo pela sua ação anticariogênica. Inúmeros produtos já se encontram disponíveis no mercado, formulados a base de xilitol, denominam-se: caramelos, chocolates, gomas de mascar, balas, confeitos, compotas, geléias, sobremesas e pudins (MUSSATTO et al., 2002).

Devido aos inúmeros benefícios existentes na utilização do xilitol, atualmente inúmeros alimentos estão sendo formulados em laboratório com o intuito de aumentar a sua utilização pela indústria alimentícia. Muitos trabalhos objetivaram avaliar o seu emprego e a preferência do consumidor podendo citar: formulações de sorvetes, geléias dietéticas (YUYAMA et al., 2008; MAIA et al., 2008;)

De acordo com Yuyama et al., (2008) em experimentos realizados com formulação de geleia acrescida de xilitol demonstraram nos resultados obtidos que não houve diferença significativa entre a aceitabilidade das geleias formuladas com xilitol e convencional (adoçada com açúcar), e ainda apresentaram estabilidade microbiológica e físico-química durante seu armazenamento. Com isso, constatou-se que o xilitol pode ser uma alternativa viável em substituição à sacarose para o preparo de geleias.

Maia et al., (2008) avaliaram a preferência dos consumidores nas formulações de sorvetes com sacarose contra formulações de xilitol, através de teste de análise sensorial. A aceitação dos sorvetes com xilitol foi analisada considerando os seguintes atributos: cor, consistência, doçura, sabor e aspecto geral. Os sorvetes adoçados com sacarose foram preferidos em comparação aos adoçados com xilitol, porém a aceitabilidade dos sorvetes contendo xilitol foi considerada alta, obtendo para o aspecto geral dos sorvetes 91%. Os resultados confirmaram que sorvetes adoçados com xilitol mostram-se com potencial para comercialização, apresentando-se como uma boa opção para diabéticos e obesos.

6 O XILITOL, METABOLISMO HUMANO E SEUS EFEITOS BENÉFICOS À SAÚDE

No organismo humano a absorção do xilitol é lenta (5 a 15g/dia), sendo realizada através da difusão passiva e não influenciando significativamente os níveis de glicemia. Também ao ser ingerido não é degradado pelas enzimas salivares, permanecendo intacto no estômago. Quando chega ao intestino delgado é absorvido por transporte passivo, promovendo uma melhora no funcionamento do intestino grosso. Pode-se ressaltar que a principal via de metabolização do xilitol é no fígado, podendo ocorrer também no sangue (PEPPER et al., 1988).

O xilitol é um adoçante que se destaca das demais substâncias do gênero por possuir significativas propriedades físico-químicas e fisiológicas. Graças a essas propriedades, o xilitol tem um grande potencial de aplicação nas áreas odontológica e médica, tendo-se mostrado um aditivo de grande eficácia por combater e auxiliar no tratamento de algumas doenças (MUSSATTO et al., 2002).

Pesquisadores demonstraram em estudos realizados com animais e humanos que o xilitol, além de poder ser usado como ingrediente alimentar, favorece o tratamento de algumas patologias como, diabetes, lesões parenterais e renais, otite média aguda, infecções pulmonares, osteoporose e prevenção da cárie.

6.1 Cariogenicidade

A saúde do organismo está diretamente relacionada com a saúde bucal, esta é mantida principalmente pela higiene correta dos dentes, pelo uso reduzido de açúcares ou ainda pelo uso de adoçantes não-cariogênicos (MUSSATTO et al., 2002).

Em 1970, foram iniciadas as primeiras pesquisas sobre a ação do xilitol no combate às cáries (ARAÚJO et al., 2007). A anticariogenicidade, propriedade mais significativa desse edulcorante, é determinada principalmente pela não-fermentabilidade por bactérias do gênero *Streptococcus*, devido o mesmo não ser digerido por estes microrganismos, tornando inviável a sua proliferação e conseqüentemente impedindo a produção de ácidos que prejudicam o esmalte dos dentes. Com a diminuição da

concentração de *Streptococcus mutans*, há uma redução dos polissacarídeos insolúveis favorecendo assim, o aumento dos polissacarídeos solúveis, de modo a tornar a placa menos aderente e com fácil remoção pela escovação habitual dos dentes (KONIG, 2000; GALES et al., 2000; SOUZA, 2007).

Outro benefício importante à saúde bucal é que o sabor do xilitol estimula a salivação, sendo que a elevação da produção de saliva leva a um aumento também dos minerais presentes nela, fazendo com que haja uma remineralização dos dentes e eliminação das cáries existentes em estágio inicial. A realização da lavagem bucal com solução de xilitol previne a redução do pH da superfície dos dentes. Com o aumento da saliva e a elevação do pH aumenta também o nível de enzimas da saliva que possuem também ação bacteriostática. Estas ações benéficas do xilitol para a saúde bucal comprovadas em estudos científicos estão incentivando a utilização desta substância em anti-sépticos bucais, cremes dentais, pastilhas e gomas de mascar que possuem uma ação efetiva de combate às cáries ressaltadas por Mussatto et al. (2002).

Pode-se destacar resumidamente que o xilitol contribui para a saúde bucal de seis maneiras: (1) diminuindo a incidência de cáries; (2) estabilizando íons cálcio e fosfato na saliva levando a remineralização dentária; (3) estabilização das cáries já formadas; (4) reduz a proliferação de *S. mutans* e *Lactobacillus* na saliva; (5) incentivando a formação da saliva (sem elevar a produção de ácidos na placa dentária); (6) contendo o pH da placa e a capacidade de tamponamento da saliva, após a ingestão de sacarose (KANDELMAN, 1997; MÄKINEN, 2000).

6.2 Lesões renais e parenterais

Na nutrição parenteral o uso do xilitol (dose diária de até 6 g/kg de peso corporal) é recomendado por duas razões importantes: a não reação existente entre os aminoácidos e o xilitol, o que favorece infusões contendo ambos; e a possibilidade de utilização do xilitol pelos tecidos sob as condições pós-operatórias ou pós-traumáticas (YLIKAHRI, 1979).

Enfermos em situações pós-operatórias ou pós-traumáticos encontram-se com uma excreção exagerada dos hormônios do “stress” (cortisol e hormônios do crescimento entre outros), os quais levam a uma resistência na absorção de insulina o

que impedem a eficácia utilização da glicose pelo organismo (MUSSATTO et al., 2002). Conforme relatado por Ylikahri (1979), o tratamento dos pacientes com xilitol produz apenas uma elevação limitada dos níveis de glicose e insulina no sangue oferecendo assim, benefícios à saúde desses enfermos.

6.3 Otite média aguda

A segunda infecção mais comum em crianças é a otite média aguda, conseqüente da existência de bactérias na nasofaringe que entram no ouvido através do tubo de Eustáquio (ERRAMOUSPE et al., 2000).

De acordo com Kontiokari et al., (1995), a atuação do xilitol nessa patologia, é de inibir o crescimento bacteriano da *Streptococcus pneumoniae* causadora da doença e de outras enfermidades como a sinusite. Segundo Uhari et al., (1996), não foi descoberta a dose diária indicada de xilitol para combater esta patologia. Porém, pesquisas feitas com crianças relataram que uma dose de 8,4 g de xilitol ao dia, dada sob a forma de gomas de mascar (quantidade de 2 gomas mascaradas durante 5 minutos cada), mostrou-se eficaz, diminuindo em cerca de 40% a ocorrência da infecção. Também sob a forma de xarope foi bem aceito por crianças e mostrou-se efetivamente preventivo contra a otite aguda, reduzindo a necessidade de antibióticos (UHARI et al., 1998).

O mecanismo pelo qual o xilitol inibe o crescimento bacteriano das bactérias *S. pneumoniae* e *S. mutans* foi indicado por Kontiokari et al., (1995) e por Trahan (2000). Segundo esses autores, o xilitol é levado através do sistema frutose fosfotransferase (PTS) para dentro da célula, onde é fosforilado a xilitol-5-fosfato. Como essas espécies bacterianas não possuem as enzimas responsáveis pelo metabolismo do xilitol-5-fosfato formado, ocorre um acúmulo intracelular desse composto. Uma vez acumulado dentro da célula, o xilitol-5-fosfato torna-se tóxico, causando inibição das enzimas glicolíticas e do crescimento das bactérias, cujo tempo de sobrevivência fica reduzido. Vale a pena destacar que o efeito inibitório do xilitol no crescimento de *Pneumococci* é totalmente eliminado pela frutose, que é requerida pelo sistema frutose fosfotransferase. Por esse motivo, os produtos a base de xilitol indicados para prevenir otite média aguda não podem conter em sua formulação frutose (TAPIAINEN et al., 2001).

6.4 Diabetes

Em indivíduos portadores de diabetes, é de grande relevância o controle da taxa glicêmica, para evitar reações adversas como hiperglicemia, distúrbios no metabolismo de lipídeos e ainda sintomas como sede e fome exageradas (MANZ et al., 1973; BAR, 1991).

O xilitol em contrariedade aos açúcares convencionais independe de insulina para ser digerido pelo organismo, o que leva a boa toleração do mesmo, por pessoas portadoras de Diabetes (Tipo 1 ou Tipo 2) (BAR, 1991).

Nenhuma das duas vias principais de absorção do xilitol (fígado e flora intestinal) é mediada pela insulina. Embora o mesmo possa adentrar em quase todas as células do organismo, as do fígado são especialmente permeáveis e contêm uma enorme quantidade de enzimas capazes de rapidamente metabolizá-lo e transformá-lo em energia. A absorção pelo intestino é contrária a do fígado por ser lenta. Toda a D-glicose proveniente do metabolismo do xilitol é primariamente estocada como glicogênio no fígado e depois liberada gradualmente. Dessa forma, sua concentração no sangue não sofre mudanças bruscas causadas pela sacarose e pela glicose, o que faz do xilitol um adoçante indicado para diabéticos (YLIKAHRI, 1979).

De acordo com Ylikahri (1979) a adição de 60 g de xilitol na alimentação diária de pacientes diabéticos não foi capaz de promover aumento significativo na concentração de glicose no sangue.

6.5 Infecções respiratórias

A superfície interna dos pulmões apresenta-se revestida por uma camada de líquido que contém substâncias de caráter antimicrobiano, com capacidade de prevenir infecções pulmonares, pois eliminam as bactérias inaladas durante a respiração. A elevada concentração de sais presentes nesse envoltório reduz a concentração salina do líquido propiciando o aumento da atividade antimicrobiana e consequentemente prevenindo a infecção. A eficiência do xilitol no tratamento de doenças respiratórias é atribuída a pequena permeabilidade transepitelial desse edulcorante, o que leva a

redução da concentração de sais, fazendo com que as bactérias não metabolizem e dessa forma não se propaguem (ZABNER et al., 2000).

Experimentos realizados utilizando xilitol, demonstraram que as bactérias *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa* (causadoras de doenças pulmonares) não usam xilitol para crescimento, o que faz reduzir a concentração de sais no líquido e elevar a atividade antibiótica natural dos pulmões. Com isso, pode-se dizer, que o xilitol fortalece o sistema de defesa natural dos pulmões, inibindo o estabelecimento de infecções bacterianas, como por exemplo a pneumonia (MUSSATTO et al., 2002; ZABNER et al., 2000).

Pacientes com patologias respiratórias apresentam congestionamento nasal, dificuldade respiratória e problemas pulmonares, nesses é recomendado a irrigação nasal para facilitar a respiração. Estudos demonstram que o xilitol aplicado como spray nasal diminui a carga bacteriana e eleva os mecanismos de defesa local (ZABNER et al., 2000). O xilitol também inibe a propagação de *Streptococcus pneumoniae* e *Haemophilus influenzae*, bactérias causadoras das infecções respiratórias e da sinusite (TAPIAINEM et al., 2001).

6.6 Osteoporose

A diminuição da deposição de cálcio nos ossos levam a perda de volume e de propriedades biomecânicas o que propicia a osteoporose. Essa patologia afeta principalmente o fêmur, tornando-o mais frágil e propício a quebrar. A eficiência do xilitol no tratamento ou na prevenção da osteoporose foi relatada em pesquisas feitas com animais, comprovou-se que o xilitol favorece o aumento da massa óssea, preservação dos minerais neles contido e evitando o enfraquecimento das propriedades biomecânicas (MUSSATTO et al., 2002).

As pesquisas realizadas por Mattilla et al. (1998) utilizou-se da suplementação de xilitol na dieta dos animais com doses variáveis de 10 a 20% e evidenciou-se que quanto maior a dose de xilitol na alimentação, melhores são os resultados no combate a osteoporose. Constatou-se ainda que o xilitol age de forma a estimular a absorção de cálcio pelo intestino e também facilita sua passagem do sangue para os ossos, dessa forma o cálcio presente nos ossos é aumentado, reduzindo a necessidade de reabsorção.

Com isso, sugerem que uma dose de aproximadamente 40g de xilitol consumidas diariamente, por pessoas de meia-idade, pode promover a prevenção da osteoporose.

As alterações na razão celular NADH/NAD estão fortemente relacionadas ao processo de calcificação. Durante a metabolização do xilitol há um aumento significativo na NADH/ NAD o que leva à supressão do ciclo do ácido cítrico, usando o NADH para produção de energia pela cadeia respiratória, essas alterações ocorridas na razão celular estão fortemente relacionadas a calcificação. O aumento da concentração de NADH intensifica o transporte de íons cálcio através da membrana celular, favorecendo a ativação do processo de calcificação óssea e da cartilagem.

Knuutila et al. (2000) relataram em resultados obtidos através de experimentos feitos com ratos diabéticos e ratos saudáveis que o xilitol tem a capacidade de estimular a síntese de colágeno. Partindo do princípio dos resultados obtidos observaram que a Diabetes Tipo 1 favorece uma grande degradação de colágeno, esses autores acreditam que a adesão do xilitol na alimentação de pessoas com esse tipo de diabetes pode estimular a síntese de colágeno, devido ao aumento da razão NADH/NAD que ocorre durante o metabolismo do xilitol.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, observou-se que ao longo dos anos a constante preocupação com a saúde faz com que os indivíduos venham a aderir estilos de vida mais saudáveis, deste modo há um aumento da preocupação da indústria alimentícia em proporcionar aos consumidores alimentos mais saudáveis e também de sabor agradável, destacando assim o uso de edulcorantes implantados em bebidas, chás, sorvetes entre outros. Nesse contexto, destaca-se o edulcorante natural xilitol.

Com o intuito de mostrar que sua exploração traz benefícios importantes, pois constatando-se que o mesmo tem grande importância no âmbito da saúde, proporcionando efeitos benéficos nessa área como no tratamento do diabetes, da cárie, da osteoporose, entre outras patologias. Contudo, a obtenção do xilitol é onerosa, dificultando a sua exploração aprofundada e consequentemente aplicação.

Estudos foram feitos para descobrir formas de obtenção menos dispendiosas, pois sua extração por processamento químico é dispendiosa, dessa forma obteve-se uma

solução menos cara, que foi a exploração por via biotecnológica. Faz-se necessário o investimento por parte da indústria para propiciar maiores avanços na utilização do xilitol, para que assim, possa-se promover avanços significativos nas áreas da saúde e alimentícia, pois o mesmo é de grande relevância nessas áreas.

REFERÊNCIAS

ADA REPORTS. Position of the american dietetic association: use of nutritive and nonnutritive sweeteners. **J.Am. Diet. Assoc.**, v. 104, n. 2, p. 255-275, 2004.

ANVISA – **Resolução – RDC nº3, de 2 de janeiro de 2001 [on line]**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/base/visadoc/res/res>>. Acesso em: 15 de agosto de 2012.

ANVISA – **Resolução nº386 de 5 de agosto de 1999 [on line]**. Disponível na internet via <[http://www.anvisa.gov.br/base/visadoc/res/res\[1747-1-0\].doc](http://www.anvisa.gov.br/base/visadoc/res/res[1747-1-0].doc)>. Acesso em: 15 de agosto de 2012.

ARAÚJO, Lídia M. **Produção de alimentos funcionais formulados com Xilitol a partir de Cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*) E Maracujá (*Passiflora Edulis F. Flavicarpa*)**. 170 p. Tese (Doutorado Multiinstitucional em Biotecnologia) -- Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2007. Disponível em: <http://www.ppgbiotec.ufam.edu.br/trabdef/lidia_medina.pdf>. Acesso em: 17 de julho de 2012.

BAR, A. Xylitol. In: O'BREIN NABORS, L., GELARDI, R. C., eds. **Alternative Sweeteners**. 2ª edição, New York: Marcel Dekkor Inc., 1991. p.349-379.

BRASIL,Ministério da Saúde. Portaria nº. 38, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o regulamento técnico referente a adoçantes de mesa, constante do anexo desta portaria. **Diário Oficial da União.**, 2 de abril, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – **RDC nº3, de 2 de janeiro de 2001**. Regulamento Técnico que aprova o uso de aditivos edulcorantes, estabelecendo seus limites máximos para os alimentos. Disponível em: <<http://elegis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=3181>>. Acesso em: 15 de agosto de 2012.

BUSINESS COMMUNICATIONS COMPANY INC. – **The global market for polyols** [on line]. Disponível em: <http://www.the-infoshop.com/study/bc8013_polyols.html>
Acesso em: 15 de 10 de 2012.

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins Especiais: Dietéticos**. 1ª edição. São Paulo: Livraria Varela, 1995. 423p.

CANETTIERI, E. V., ALMEIDA e SILVA, J. B., FELIPE, M. G. A.
Application of Factorial design to the study of xylitol production from Eucalyptus Hemicellulosic Hydrolysate. **Appl. Biochem. Biotechnology**, v.94, n.2, p. 159-168, 2001.

CARDOSO, J. M. P.; BATTOCHIO, J. R.; CARDELLO, H. M. A. B. Equivalência de açúcar e poder edulcorante de edulcorantes em função da temperatura de consumo em bebidas preparadas com chá-mate em pó solúvel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 3, p. 448-452, 2004.

Codex Alimentarius: edulcorantes dietéticos. Food and Agriculture Organization of the United Nations website. Disponível em: <http://www.codexalimentarius.org/>; Acessado: em 02 de junho de 2012.

DELLA, R. C.D. **Manual de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas**. 3ª edição. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CTAA, 1994. 78p.

ELIAS, F.; PINZAN, A.; BASTOS, J. R. de M. Influência do complexo flúor-xilitol no controle da placa dentária e do sangramento gengival em pacientes herbiátricos com aparelho ortodôntico fixo. **Rev. Dent. Press Ortodon. Ortop. Facial**, v. 11, n. 5, p. 42-56, 2006.

ERRAMOUSPE, J.; HEYNEMAN, C. Treatment and prevention of otitis media. **Ann. Pharmacother.**, v.34, n. 12, p.1452-1468, 2000.

FATIBELLO-FILHO, O. et al. Adoçantes Artificiais. **Química Nova.**, v. 19, n. 3, p. 248-260, 1996.

FENGEL, D., WEGENER, G. **Wood chemistry ultrastructure reactions.** 2ª edition, Berlin: Walter de Gruyter, 1989. 610p

FIB. Adoçantes calóricos e não calóricos: parte II. **Revista-fi.com**, v. 1, n. 15, p. 22-35, 2010.

FIB. Xilitol: aplicações funcionais. **Revista-fi.com**, v. 14, n. 22, p. 46-54, 2012.

FREITAS, M. T. **Utilização da casca de semente de algodão como substrato para produção microbiológica de xilitol.** 2003. 68 p. Tese (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2003. Disponível em: <<http://ftp.bbt.ufv.br/teses/microbiologia%20agricola/2003/177974f.pdf>>. Acesso em: 19 de setembro de 2012.

GALES, M. A, NGUYEN, T. Sorbitol compared with xylitol in prevention of dental caries. **Ann. Pharmacother.**, v.34,n. 1, p.98-100, 2000.

GIBBS, B. F.; ALLI, I.; MULLIGAN, C. N. Simple and rapid high-performance liquid chromatographic method for the determination of aspartame and its metabolites in foods. **J. of chromatogr.A**, v. 725, n. 2, p. 372-377, 1996.

HYVÖNEN, L., KOIVISTOINEN, P., VOIROL, F. Food technological evaluation of xylitol. **Adv. Food Res.**, v.28,n. 1 ,p.373-403, 1982.

JEFFRIES, T. W. Utilization of xylose by bacteria, yeasts and fungi. **Adv. Biochem. Eng.**, v.27, n.1, p. 1-32, 1983.

KANDELMAN, D. Sugar, alternative sweeteners and meal frequency in relation to caries prevention: new perspectives. **Brit. J. Nutr.**, v.77, n. 1, p. 121-128, 1997.

KNUUTTILA, M. L. E. et al. Effects of dietary xylitol on collagen content and glycosylation in healthy and diabetic rats. **Life Sci.**, v.67, n.1, p.283-290, 2000.

KÖNIG, K.G. Diet and oral health. **Int. Dent. J.**, v.50, n. 3, p.162-174, 2000.

KONTIOKARI, T., UHARI, M., KOSKELA, M. Effect of xylitol on growth of nasopharyngeal bacteria in vitro. **Antimicrob. Agents Chemother.**, v.39, n.8, p.1820-1823, 1995.

LIMA, L. H. A.; BERLINCK, C. N. Xilitol, o adoçante do futuro. **Rev. Ciênc. Hoj.**, v. 33, n.195, p. 66-69. 2003. Disponível em:
<<http://www.ich.unito.com.br/controlPanel/materia/resource/download/41470>> Acesso em: 15 de agosto de 2012.

MAIA, M. C. A. et al. Avaliação do consumidor sobre sorvetes com xilitol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.**, v. 28, n. 2, p. 341-347, 2008.

MAIA, M. C. A. et al. Avaliação sensorial de sorvetes à base de xilitol. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos.**, v.28, n.1, p. 146-151. 2008.

MAKINEN, K. K. Can the pentitol-hexitol theory explain the clinical observations made with xylitol? **Medic.Hypoth.**, v. 54, p. 603-613, 2000.

MANZ, U.; VANNINEN, E.; VOIROL, F. Xylitol - it's properties and use as a sugar substitute in foods. In: F. R. A. **Symposium on sugar and sugar replacements**, v. 10, 1973.

MARTÍNEZ, E. A. et al.. Downstream process for xylitol produced from fermented hydrolysate. **Enzy.Microb.Techn.**, v. 40, n. 5, p. 1185-1189, 2007.

MATTILA, P. T., SVANBERG, M. J., KNUUTTILA, M. L. E. **Dietary xylitol protects against osseal changes in experimental osteoporosis**. In: BURCKHARDT, P., ed. Nutritional aspects of osteoporosis. Norwell: A Serono Symposia S. A. Publication, 1998. p.157-162.

MATTILA, P. T., KNUUTTILA, M. L. E., SVANBERG, M. J. Dietary xylitol supplementation prevents osteoporotic changes in streptozotocin - diabetic rats. **Metabolism**, v.47, n. 5, p.578-583, 1998.

MELAJA, A. J., HAMÄLÄINEN, L. Process for making Xylitol. **US Patent n° 4.008.285.18**, 1977.

MENDONCA, Carla R. B. et al . Características sensoriais de compotas de pêsego light elaboradas com sucralose e acesulfame-K. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.**, v. 25, n. 3, p. 401-407,2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº. 25, de 04 de abril de 1988. Os produtos à base de edulcorantes, com ou sem adição de açúcar, passam a denominar-se "Adoçantes Dietéticos". **Diário Oficial da União**, 4 de Junho, seção 2, p. 14, 1988.

MUSSATTO, S. I.; ROBERTO, I. C. Xilitol: edulcorante com efeitos benéficos para a saúde humana. **Revista. Brasileira. Ciênc.eFarmacol.**, v. 38, n. 4, p.401-413, 2002.

NIGAM, J. N. Ethanol production from wheat straw hemicellulose hydrolysate by *Pichia stipitis*. **J.Biotechnol.**,v.87, n.1, p.17-27, 2001.

O'DONNELL, C. D. Polyols as formulation problem solvers. **Prepar.Food**, v. 165, n. 2, p. 39-41, 1996.

OJAMO, H.; YLINEM, L.; LINKO, M. Process for the preparation of xylitol from xylose by cultivation *Candida guilliermondii*. **US Patent WO 88/05467**, 1988.

PARAJÓ, J. C., DOMINGUEZ, H., DOMINGUEZ, J. M. Improved xylitol production with *debaryomyces hansenii* Y-7426 from raw or detoxified wood hydrolysates. **Enzyme Microb. Technol.**, v.21, n. 1, p. 18-24, 1997.

PARAJÓ, J. C., DOMINGUEZ, H., DOMINGUEZ, J. M. Biotechnological production of xylitol. Part 1: Interest of xylitol and fundamentals of its biosynthesis. **Bioresource Technol.**, v.65, n. 3, p.191-201, 1998.

PARAJÓ, J. C., DOMÍNGUEZ, H., DOMÍNGUEZ, J. M. Biotechnological production of xylitol, Part 3: Operation in culture media made from lignocellulose hydrolysates. **Bioresource Technol.**, v.66, n.1, p. 25-40, 1998.

PEPPER, T., OLINGER, P. M. Xylitol in sugar – free confections. **Food technol.**, v.42, n.10, p.100-101, 1988.

ROBERTO, I. C. et al. Bioconversion of Rice Straw Hemicellulose Hydrolysate for the Production of xylitol. **Appl. Biochem. Biotechnol.**, v.58, n. 57, p. 339-347, 1996.

ROSADO, E. L.; MONTEIRO, J. B. R. Obesidade e a substituição de macronutrientes da dieta. **Rev. de Nut.**, v. 14, n. 2, p. 145–152, 2001.

SCHAAFSMA, G. The Western Diet, With A Special Focus On Dairy Products. **Danone Chairs Monographs**, Edited by Institut Danone, 1997. 124 p.

SILVA, S. S. et al. Xylitol Formation by *Candida guilliermondii* in Media Containing Different Nitrogen Sources. **J. Bas. Microb.**, v.34, n.4, p.205-208, 1994.

SILVA, S. S., FELIPE, M. G. A., MANCILHA, I. M. Factors that Affect the Biosynthesis of Xylitol by Xylose- Fermenting Yeasts. - A Review. **Appl. Biochem.Biotechnol.**, Clifton, v. 70 n. 72, p. 1-9, 1998.

SILVA, N. **Relação entre dieta e saúde - o conceito de alimentos funcionais.** Engenharia de Alimentos, RPA Editorial, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 40-42, 1999.

SILVA, C. J., ROBERTO, I. C. Improvement of xylitol production by *Candidaguilliermondii* FTI 20037 previously adapted to rice straw hemicellulosic hydrolysate. **Lett. Appl. Microbiol.**, v.32, n.4, p.248-52, 2001.

SLININGER, P. J., BOLEN, P. L., KURTZMAN, C .P. *Pachysolen tannophilus*: Properties and process consideration for ethanol production from D-xylose. **Enzyme Microb. Technol.**, v.9, n.1, p.5-15, 1987.

SOUZA, É. L. C. **Comparação do digluconato de clorexidina 0,12% com álcool e com xilitol sem álcool para controle do biofilme oral e efeitos adversos associados.** 2007. 74 p. Dissertação (Mestrado em Odontologia, Reabilitação Oral) – Universidade Veiga de Almeida. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: http://www.uva.br/cursos/mestrados/odonto/mestrado_odonto/comparacao_digluconato_clorexidina.pdf>. Acesso em: 19 de julho de 2012.

TAPIAINEN T. et al. Effect of xylitol on growth of *streptococcus pneumoniae* in the presence of fructose and sorbitol. **Antimicrob.AgentsChemother.**, v.45, n.1, p.166-169, 2001.

TOLEDO, M. C.; IOSHI, S. H. Potential intake of intense sweeteners in Brazil. **Food Addit Contam**, v. 12, n. 6, p. 799-808, 1995.

TONETTO, A. et al. **O uso de aditivos de cor e sabor em produtos alimentícios.** São Paulo, 2008. 21p.

TRAHAN, L. Microbial mechanisms of action of xylitol in caries prevention. **J. Dent. Res.**, v.79, n. 1, p.1288, 2000.

UHARI, M., KONTIOKARI, T., NIEMELA, M. A. Novel use of xylitol sugar in preventing acute otitis media. **Pediatrics**, v.102, n.4, p.879-884, 1998.

VERMUNT, S. H. F. et al. Effects of sugar intake on body weight: a review. **Obes.Reviews**, v. 2, n. 4, p. 91-99, 2003.

YLIKAHRI, R. Metabolic and nutritional aspects of xylitol. **Adv. Food Res.**, v.25, n. 2, p.159-180, 1979.

YUYAMA, L. K. O. et al . Desenvolvimento e aceitabilidade de geléia dietética de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 28, n. 4, p. 6, 2008 .

ZABNER, J. et al. The osmolyte xylitol reduces the salt concentration of airway surface liquid and may enhance bacterial killing. **Proc. Nat. Acad. Sci.**, v.97, n. 21, p.11614-11619, 2000.