

FACULDADE CAMPO LIMPO PAULISTA

BACHARELADO EM QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso

Telma Nunes Gambini 9086

**Uma Abordagem Química e
Sensorial**

Campo Limpo Paulista - SP

2012

Telma Nunes Gambini

Edulcorantes: Uma Abordagem Química e Sensorial

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade Campo Limpo Paulista para conclusão do curso de bacharelado em Química sob orientação da Profa. Dra. Maria do Carmo Guedes.

Campo Limpo Paulista

2012

Só existe opção quando se tem informação...Ninguém pode dizer que é livre para tomar o sorvete que quiser se conhecer apenas o sabor limão.

Gilberto DiemNSTein

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos
meus pais, Nei e Fátima
e ao meu namorado, Marcelo,
por me ajudarem tanto nesta caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar presente em todos os momentos da minha vida iluminando o meu caminho, em especial durante este último ano.

Aos meus pais, Nei Gambini e Fátima Nunes Gambini, mesmo sem saber como me ajudar, me apoiaram.

Ao meu amigo e noivo, Marcelo Felix por toda caminhada que fizemos juntos até o dia de hoje, e as pelas próximas que virão. Pela paciência e pela compreensão, por me aturar, me ajudar e me fazer feliz, pelos dias estudando juntos e dias passados sem namorar.

A Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Guedes por todo incentivo, apoio e confiança, amizade e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais professores que colaboraram na minha formação e contribuíram de alguma forma com a realização deste trabalho.

Aos queridos amigos que conquistei durante este período, Deyvid, Regina, Andréa, Jéssica, Sinátia, Edna, Luana, Itamar, Diogo, Alexandre, Laudicéia, Heloisa, Magno e Liliane obrigada pela amizade, incentivo e momentos de descontração.

Muito Obrigada!!

RESUMO

O consumo de adoçantes tem crescido consideravelmente a cada ano, e o uso desse produto se dá por diversos fatores, sejam eles saúde ou preocupação com a aparência física. Várias substâncias surgiram para substituir a sacarose, e essas substâncias possuem características próprias e podem ser usadas diariamente conforme especificações de dose diária, estabelecidas e prescritas. Essas substâncias são os adoçantes naturais e artificiais que surgiu com a necessidade da substituição da sacarose, para isso os adoçantes estão em constantes estudos de segurança e toxicidade. Os adoçantes desempenham um fator importante no plano alimentar de pacientes com *diabetes mellitus* (DM), uma vez que eles podem favorecer o sabor doce sem acréscimo de calorias. Os edulcorantes podem pertencer a diversas classes químicas, devido a esta diversidade estrutural, muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de conhecer a relação existente entre suas propriedades físico-químicas e o sabor doce apresentado por essas substâncias. Dentre as diversas teorias descritas na literatura, aquela desenvolvida por Shallenberger e complementada por Kier tem ampla repercussão, pois explica quimicamente que o sabor doce depende do “encaixe” de grupos funcionais AH-B ao sítio receptor dos papilos da língua (receptor A'H-B').

Palavras-chave: edulcorantes, *diabetes mellitus*, sabor doce.

ABSTRACT

The consumption of sweeteners has grown considerably each year, and the use of this product is given by several factors, be they health or concern with physical appearance. Several substances have emerged to replace sucrose, and these substances have their own features and can be used daily as specified daily dose, established and prescribed. These substances are natural and artificial sweeteners that arose with the need of substituting sucrose, the sweeteners are in constant safety and toxicity studies. The sweeteners play an important factor in eating plan of patients with diabetes mellitus (DM), since they can promote the sweet flavor without adding calories. Sweeteners may belong to several chemical classes, due to this structural diversity, many studies have been conducted with the aim of knowing the relationship between their physico-chemical properties and the sweetness brought by these substances. Among the various theories described in the literature, that developed by Shallenberger and complemented by Kier has wide repercussions, because it explains the chemically sweet taste depends on the "snap" of functional groups OH-B to language papilos receiver (receiver the ' H-B ').

Keywords: diabetes mellitus, sweeteners, sweet taste.

SUMÁRIO

Trabalho de Conclusão de Curso.....	1
Lista de tabelas	1
Lista de figuras	2
Introdução	3
Justificativa.....	5
Objetivos	6
Metodologia.....	7
Capítulo 1: A QUÍMICA DOS SABOR DOCE.....	8
1.1. Teoria do sabor doce ou de Shallenberger	9
1.2. <i>Diabetes mellitus</i>	11
1.3.1 Fisiopatologia	12
1.3.2 <i>Diabetes mellitus</i> tipo 1	13
1.3.3 <i>Diabetes mellitus</i> tipo 2	14
Capítulo 2: OS EDULCORANTES	16
2.1. Legislação sobre os edulcorantes (anvisa, 1997).....	16
2.2 Edulcorantes artificiais.....	21
2.2.1. Aspartame	21
2.2.1.1 Síntese, Propriedades e Características	21
2.2.1.2 O aspartame e o metabolismo humano.....	22
2.2.1.3 Toxicologia.....	24
2.2.2. Ciclamato de sódio.....	26
2.2.2.1 Síntese, Propriedades e Características	26
2.2.2.2 Toxicologia.....	28
2.2.3. Acesulfame-k.....	29
2.2.3.1 Síntese, Propriedades e Características	29
2.2.3.2 Metabolismo e toxicologia	30
2.2.4. Sucralose	31
2.2.4.1 Síntese, Propriedades e Características	31
2.2.4.2 Metabolismo e toxicologia	32

2.3. Edulcorantes naturais	33
2.3.1. Estèvia	33
2.3.1.2 Síntese, Propriedades e Características	33
2.3.1.3 Toxicologia.....	35
2.3.2. Xilitol.....	36
2.3.3 Síntese, Propriedades e Características	36
2.3.4 Toxicologia	40
2.4 Métodos de análise.....	40
2.4.1. Espectroscopia no infravermelho	40
Capítulo 3: ANÁLISE SENSORIAL	45
3.1 Elaboração dos sucos.....	45
3.2 Análise sensorial.....	45
3.3 Resultados e discussão	46
Conclusão	52
4. Considerações finais	53
5. Referências bibliográficas	54
Anexo 1. Ficha de resposta para aceitação	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Doçura relativa de alguns edulcorantes	17
Tabela 2 Edulcorantes e suas características (INMETRO)	19
Tabela 3. Regiões Espectrais do Infravermelho.....	41
Tabela 4: Somatória das notas entre os julgadores.	48
Tabela 5: Somatória das notas entre julgadores masculinos e femininos.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração das diferentes regiões da língua, receptores do sabor.	8
Figura 2. Representação dos grupos funcionais (AH – B) (a) acessulfame, (b) ciclamato e (c) representação esquemática da interação entre o sítio receptor (A'H-B') e o sítio doador (AH-B) do aspartame.	10
Figura 3. Princípio de Shallenberger e estrutura X – do princípio de Kier.	11
Figura 4 – Estrutura química do Aspartame.	21
Figura 5. Fluxograma do processo de produção do aspartame.	23
Figura 6. Metabolismo do aspartame nos seus três constituintes.	23
Figura 7: Reações de conversões durante o metabolismo do aspartame.	24
Figura 8. Estrutura química do Ciclamato de Sódio.	27
Figura 9. Estrutura do Acessulfame-K.	30
Figura 10. Estrutura da Sucralose.	32
Figura 11. Folhas de <i>Stevia rebaudiana</i>	33
Figura 12. Estrutura da Estévia.	34
Figura 13. Estrutura química do rebaudiosídeo A.	36
Figura 14. Estrutura química do Xilitol.	37
Figura 15. Fluxogramas das tecnologias disponíveis para produção de xilitol.	39
Figura 16. Espectros de absorção do ciclamato comercial e o recristalizado comparados ao espectro do ciclamato puro.	42
Figura 17 : Espectro de Absorção na região do infravermelho da sacarina sódica comercial, recristalizada e pura.	43
Figura 18: Índices de aceitação das amostras.	49
Figura 19: Índices de aceitação das amostras entre julgadores masculinos e femininos.	51

INTRODUÇÃO

Atualmente um item que tem sido um motivo de grande preocupação para os órgãos reguladores e para a comunidade científica é a atual dieta alimentar da sociedade moderna.

O ritmo de vida das grandes cidades não permite que as pessoas tenham uma dieta alimentar saudável. A busca por facilidade e comodidade acaba levando ao consumo de alimentos processados.

Além de a dieta ter sofrido modificações ao longo do tempo, a tecnologia aplicada pela indústria de alimentos com o intuito de aumentar o tempo de vida útil desses produtos tem gerado questionamento quanto à segurança do emprego de aditivos alimentares. Esse empobrecimento na dieta alimentar acaba contribuindo para o surgimento de doenças crônicas não transmissíveis. (POLÔNIO e PERES, 2009)

O consumo de adoçantes alternativos e produtos dietéticos aumentaram muito nos últimos anos. Estes produtos desempenham um fator importante no plano alimentar de pacientes com *diabetes mellitus* (DM), uma vez que eles podem proporcionar o sabor doce sem acréscimo de calorias. (CASTRO, 2002). A substituição da sacarose por outros adoçantes e edulcorantes, na tecnologia de alimentos, tem como objetivo a redução ou prevenção do risco de doenças que estariam associadas ao consumo excessivo de sacarose, como por exemplo: obesidade, diabete, hipertensão entre outros. (MARTINI, 2008). São considerados produtos dietéticos para diabéticos aqueles cuja composição não sofre a adição de carboidratos simples e onde a sacarose é substituída por outros edulcorantes que não afetem a glicemia depois de ingeridos. (VIGGIANO, 2003).

Mediante uma descrição simples, edulcorantes são substâncias com poder adoçante elevado em comparação com a sacarose, utilizadas na substituição deste açúcar em alimentos e bebidas dietéticas visando à redução do valor calórico (FREITAS e ARAÚJO, 2010).

Os edulcorantes podem pertencer a diversas classes químicas e, devido à esta diversidade estrutural, muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de conhecer a relação existente entre suas propriedades físico-químicas e o sabor doce

apresentado por essas substâncias. Dentre as diversas teorias relatadas na literatura, àquela desenvolvida por Shallenberger e complementada por Kier tem ampla repercussão, explicando quimicamente a dependência para o desenvolvimento do sabor doce do “encaixe” de grupos funcionais AH-B ao sítio receptor dos papilos da língua (receptor A'H-B') (CARVALHO, 2007).

Os edulcorantes têm seus valores de ingestão diária e adição em produtos alimentícios controlados pela legislação brasileira através da ANVISA.

Existem edulcorantes naturais e artificiais e alguns dos edulcorantes mais utilizados no Brasil e reconhecidos há algum tempo são: aspartame, acesulfame-k, ciclamato, sacarina, sucralose e estévia, entre outros (OLIVEIRA, 2008).

JUSTIFICATIVA

O Diabetes é uma síndrome decorrente da falta de insulina ou da sua incapacidade de exercer adequadamente seus efeitos metabólicos. É considerado um problema de saúde universal, que engloba todas as classes sociais e econômicas, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento.

Sua prevalência no Brasil, na população urbana em indivíduos entre 30 e 69 anos de idade é de 7,6%, semelhante entre os sexos masculino e feminino, mas aumentando consideravelmente com o progredir da idade (CASTRO e FRANCO, 2002). A estreita relação da alimentação com o Diabetes *mellitus* sempre existiu e foi sendo modificada ao longo do tempo, conforme foram surgindo novas descobertas sobre a doença. Houve momentos onde o carboidrato foi restrito, e momentos onde a dieta apresentava altos teores de carboidratos para repor sua perda na urina. Pacientes com DM que restringem o consumo do açúcar branco (sacarose) fazem uso de adoçantes e produtos dietéticos, que conferem doçura aos alimentos com pouca ou nenhuma caloria. Apesar destes produtos não serem necessários para o controle metabólico do Diabetes, eles têm um papel significativo no convívio social e no aspecto psicológico destes pacientes e proporcionam a palatabilidade e o prazer do sabor doce.

O sabor doce é um desejo inato do ser humano e sua preferência é conhecida desde o ano 1000 a.C e nos dias atuais, a proposta das indústrias destes alimentos é desenvolver produtos mais saudáveis, sem comprometer o sabor. Esta melhora é possível graças ao aumento da tecnologia e melhoria dos ingredientes e entender como eles são encontrados na natureza ou sintetizados e como é seu mecanismo de impor a doçura são temas de grande interesse.

OBJETIVOS

GERAL: Estudar os aspectos químicos, toxicológicos e sensoriais dos edulcorantes naturais e artificiais.

ESPECÍFICOS:

- ✓ Apresentar as estruturas químicas de diferentes adoçantes naturais e artificiais;
- ✓ Apresentar as propriedades físicas e químicas dos edulcorantes;
- ✓ Discutir a teoria do sabor doce;
- ✓ Abordar a legislação brasileira;
- ✓ Realizar pesquisa de aceitação dos edulcorantes em indivíduos.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica realizada em artigos científicos de periódicos nacionais e internacionais, artigos de revistas técnicas, livros e manuais, além de sítios da internet.

CAPÍTULO 1: A QUÍMICA DO SABOR DOCE

O paladar, assim como os outros sentidos, é utilizado pelo organismo para identificar as substâncias presentes no ambiente e está ligado às nossas necessidades. O sabor é uma forma de defesa, pois quando ingere-se um determinado alimento, a sensação que ele provoca fica gravada na memória como sendo prazerosa ou não

Sabor e aroma são exemplos de quimiorrecepção. Os quimiorreceptores localizam-se na língua. Em uma língua adulta existem aproximadamente nove mil papilas gustativas, grupos de cinquenta a cem células epiteliais inervadas por um pequeno número de terminais nervosos (ATKINS, 2000).

Os diferentes sabores são percebidos com maior ou menor intensidade em diferentes regiões da língua. Pode-se observar através da figura 1 a localização dessas regiões e o tipo de sabor que é percebido com maior intensidade (FARIA e RETONDO, 2008).

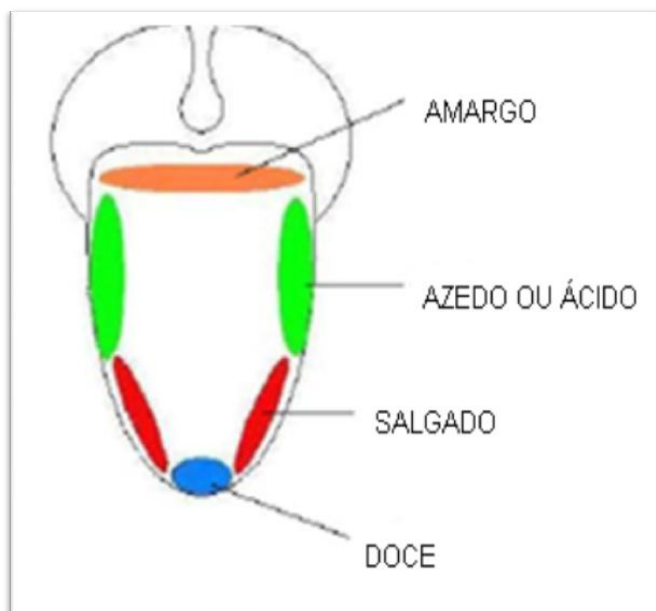


Figura 1. Ilustração das diferentes regiões da língua, receptores do sabor.

Fonte: CARVALHO, 2007

Moléculas que evocam sabor são chamadas de *saporíferas* (da palavra latina *sapere*, que significa provar). Um critério de sapidez é a solubilidade, porque uma

substância deve dissolver-se em água antes de poder penetrar nos sensores de sabor (ATKINS, 2000).

De acordo com a teoria química do sabor, um composto para evocar sabor precisa, necessariamente, possuir uma espécie genérica **(AH, B)**. Esta unidade pode ser constituída de diferentes funções químicas, mas obrigatoriamente deve ter uma espécie doadora e outra aceptora de hidrogênio.

A nomenclatura química para os parâmetros da sensação de sabor é chamada de *glucóforo*, e é conhecido como o agrupamento responsável pelo sabor doce.

Como condição essencial para evocar um sabor, o composto necessariamente precisa ser solúvel em água, visto que é através desta que suas moléculas alcançam o receptor. A propriedade de solubilidade em água envolve o processo de solvatação de íons ou de formação de ligações hidrogênio entre moléculas de água e moléculas do outro composto. Se ocorresse a formação de novos produtos durante esse processo, qualquer substância química solúvel em água teria uma mistura de vários sabores, e a noção de existência dos quatro sabores básicos (doce, amargo, azedo e salgado) provavelmente não poderia ser evidenciada (REIS, 2008).

1.1. TEORIA DO SABOR DOCE OU DE SHALLENBERGER

A suposição fundamental nessa teoria é que a atividade edulcorante é uma propriedade biológica estruturalmente específica, e que o evento principal para a manifestação do sabor doce depende do “encaixe” do edulcorante ao sítio receptor a fim de que se formem duas ligações de hidrogênio através das unidades bifuncionais complementares AH/B (ORNELLAS e NETO, 1987).

A relação entre a estrutura dos açúcares e sua doçura tem sido estudada há muito tempo. Em 1963, Shallenberger postulou que a unidade básica do sabor doce seria de um par de grupos funcionais separados por aproximadamente 3 Å, um agindo como doador de prótons e o outro como receptor de prótons. (ALEXANDRE, 2007).

Esta hipótese fundamenta-se na propriedade biológica estruturalmente específica do edulcorante, conforme apresentado na figura 2.

Nos edulcorantes, existem grupos funcionais constituídos por átomos eletronegativos (A e B) distanciados entre si, de 2,5 a 4Å. O átomo A está ligado covalentemente a um próton (H^+). A manifestação do sabor doce depende principalmente do “encaixe” destes grupos funcionais (AH-B) ao sítio receptor dos papilos da língua (receptor A'H-B'). Este “encaixe” corresponde à formação de duas ligações de hidrogênio (figura 1c.) (CARVALHO, 2007).

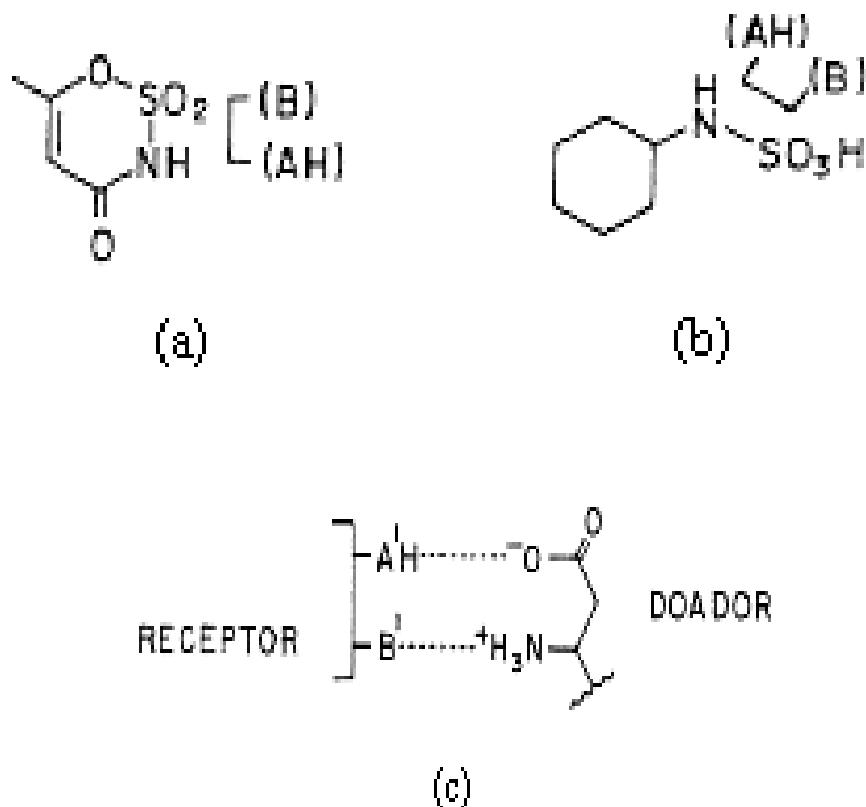


Figura 2. Representação dos grupos funcionais (AH – B) (a) acessulfame, (b) ciclamato e (c) representação esquemática da interação entre o sítio receptor (A'H-B') e o sítio doador (AH-B) do aspartame.

Fonte: CARVALHO, 2007.

Um segundo postulado foi introduzido por Kier, uma vez que, embora a teoria da unidade AH-B de Shallenberger fosse suficiente para explicar a relação dos carboidratos com a sensação de doçura, esta teoria se tornava incompleta tendo em vista que a intensidade doce seria fracamente percebida. Kier propôs a formação de uma terceira ligação, como ilustrado na figura 3 b, estando relacionada com a região hidrofóbica do edulcorante com o sítio receptor (ALEXANDRE, 2007).

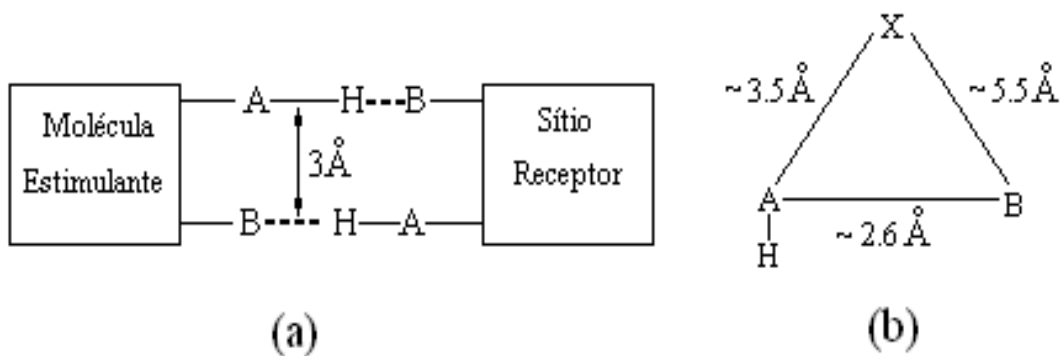


Figura 3. Princípio de Shallenberger e estrutura X – do princípio de Kier.

Fonte: ALEXANDRE, 2007.

1.2. DIABETES MELLITUS

O *Diabetes Mellitus* (DM) é uma doença crônica que tem como maior característica a hiperglicemia constante. É uma das principais síndromes de evolução crônica que acomete a população do mundo inteiro nos dias atuais.

A sua prevalência vem crescendo significativamente com o processo de industrialização e urbanização populacional nos últimos anos. Atualmente, esta doença representa um importante problema de saúde pública com alta morbidade, mortalidade e repercussões econômicas significativas (WARKENTIN et. al., 2008).

Sua prevalência no Brasil, na população urbana em indivíduos entre 30 e 69 anos de idade é de 7,6%, semelhante entre os sexos masculino e feminino, mas aumentando consideravelmente com o progredir da idade (CASTRO e FRANCO, 2002).

Ao longo dos anos, houve várias tentativas e poucas soluções para esta doença que acometia tantas pessoas. Apenas em 14 de novembro de 1921, Frederik Grant Banting (1891-1941) e Charles Herbert Best (1899-1978) anunciaram em Toronto que descobriram uma substância, primeiramente chamada de *Isletin* e depois de *Insulina*, que era o método definitivo no tratamento de diabéticos.

Esta foi uma descoberta importantíssima na história desta doença, uma grande contribuição na luta contra as enfermidades. Já nos primeiros trinta anos do

uso de insulina no tratamento do Diabetes, a porcentagem de mortes por coma diabético diminuiu para 1 a 8% dos casos.

Segundo Octavio Montoro y Saladriga, médico cubano especializado em doenças das glândulas internas e no DM, “Após a descoberta da insulina ser anunciada para o mundo, descobriu-se que havia muito mais diabéticos do que visto em estatísticas e haviam sonhado com o momento da cura”. Todos estavam ansiosos em busca da substância (WARKENTIN et. al, 2008).

Os adoçantes artificiais foram desenvolvidos para atender às pessoas diabéticas, que não podem ingerir açúcar devido à dificuldade de processá-lo. O organismo humano ao detectar esses adoçantes, se prepara para metabolizá-los, mas não os reconhece quimicamente e não os metaboliza. Como essas substâncias precisam ser eliminadas do organismo, sobrecarregam o fígado e os rins, fazendo com que o corpo absorva uma porção maior da glicose dos carboidratos e alimentos ingeridos ao longo do dia, exigindo que seja liberada mais insulina para o sangue, e quando há acúmulo de insulina no sangue, há acúmulo de gordura. E mesmo que se admita não terem efeitos tóxicos para o organismo, todo esse processo aumenta e perturba o metabolismo.

Os adoçantes artificiais, também chamados de edulcorantes, são substâncias com capacidade adoçante superior as sacaroses (açúcar convencional) que conferem sabor doce com menor número de calorias por grama, e são cada vez mais utilizados e comercializados em todo o mundo. Em geral, não são absorvidos pelo organismo, ou contêm um valor calórico muito reduzido (NATIVIDADE, 2012).

1.3.1 FISIOPATOLOGIA

A insulina é um hormônio peptídico secretado pelas células pancreáticas, necessário para o transporte transmembrana de glicose e aminoácidos, para a formação de glicogênio no fígado e músculos esqueléticos, e para promover a conversão da glicose em triglicerídios e a síntese de ácidos nucleicos e de proteínas, processos estes que, em sua maioria, diminuem a concentração da glicose no sangue.

Pacientes que apresentam resistência à ação da insulina têm a utilização da glicose diminuída, o que facilita o desenvolvimento de hiperglicemias. Um dos fatores que levam ao desenvolvimento dessa resistência é a obesidade. Já o aumento da produção da glicose pode ocorrer como consequência da intolerância à insulina a partir do fígado e dos músculos, onde inibiria a gliconeogênese, resultando, também, em hiperglicemia (SOUSA, et. alii, 2003).

Além da hiperglicemia, outro fator de risco é a cetose diabética, que resulta na produção excessiva de corpos cetônicos, ácidos graxos de cadeia curta solúveis em água, fáceis de serem absorvidos pelo organismo. Quando a velocidade de formação dos corpos cetônicos é maior que a velocidade de sua utilização, suas concentrações começam a se elevar no sangue resultando em uma acidose severa que diminuirá o pH sanguíneo podendo levar ao coma e até a morte. Além disso, a excreção de glicose e corpos cetônicos pela urina poderá resultar também em desidratação (ZABAGLIA et. ali, 2009).

No indivíduo normal, a concentração de glicose no sangue é rigorosamente controlada, estando entre 80 a 90mg/dL de sangue no indivíduo em jejum. Essa concentração aumenta para 120 a 140mg/dL durante a primeira hora, ou mais, após uma refeição, retornando aos níveis de controle habitualmente dentro de 2 horas.

1.3.2 *DIABETES MELLITUS* TIPO 1

O *Diabetes mellitus* do tipo 1 (DM1), considerada doença auto-imune órgão-específica, resulta da destruição seletiva das células betapancreáticas, produtoras de insulina, pela infiltração progressiva de células inflamatórias, particularmente por linfócitos T auto-reativos. As manifestações clínicas do distúrbio metabólico surgem quando cerca de 80% das células beta tenham sido destruídas (FERNANDES, et. alii, 2005).

O pico de incidência do diabetes tipo 1 ocorre dos 10 aos 14 anos de idade, havendo a seguir uma diminuição progressiva da incidência até os 35 anos, de tal maneira que casos de diabetes tipo 1 de início após esta idade são pouco frequentes. No entanto, indivíduos de qualquer idade podem desenvolver diabetes tipo 1 (GROSS, et. alii, 2002).

A patologia do *Diabetes mellitus* tipo 1 envolve a destruição progressiva das células β do pâncreas, levando à uma deficiência de insulina e a alterações daí resultantes. O quadro de hiperglicemia associada a um aumento na produção de corpos cetônicos é conhecido como cetoacidose diabética (CAD). A hiperglicemia leva à glicosúria e à desidratação, enquanto que a produção excessiva de corpos cetônicos agrava a acidose metabólica decorrente da desidratação. A cetoacidose diabética, se não tratada adequadamente, pode levar ao coma e à morte. Em crianças, a principal complicação da terapia para a cetoacidose diabética é o edema cerebral (SOLBERG-COLLETT, 2001).

No Brasil, estima-se que cinco milhões de indivíduos sejam diabéticos, sendo que metade deles desconhece o diagnóstico, com uma incidência do Tipo 1, na infância e adolescência, na ordem de 1 ou 2 para cada 1000 jovens. É a quarta causa de morte no país, além de ser a segunda doença crônica mais comum na infância e adolescência. Esses fatos comprovam que, atualmente, o diabetes é um dos mais importantes problemas de saúde, em termos do número de pessoas afetadas, pela incapacitação produzida, mortalidade e custos do tratamento. (SANTOS e ENUMO, 2003).

1.3.3 *DIABETES MELLITUS* TIPO 2

A segunda forma comum, o *diabetes mellitus não dependente de insulina* (DMNID) ou *diabetes tipo 2*, caracteriza-se por resistência à insulina e comprometimento de sua secreção.

O diabetes tipo 2 ocorre mais tardiamente do que o tipo 1, geralmente após os 40 anos de idade e representa cerca de 90% da população diabética, estando relacionado sobretudo à obesidade visceral. O aumento de massa de tecido gorduroso acarreta uma resistência à insulina, a qual por sua vez encontra-se em quantidades adequadas no organismo. No entanto, alguns diabéticos tipo 2 podem necessitar de insulina injetável ou de uma medicação oral que estimule o pâncreas a produzir insulina adicional (ZABAGLIA et. ali, 2009).

A velocidade de absorção dos carboidratos é diretamente influenciada por outros componentes da dieta, como o teor de lipídeos, proteínas e fibras. O teor de

lipídeos dos alimentos retarda o esvaziamento gástrico e a velocidade de liberação dos nutrientes para a corrente sanguínea, reduzindo o pico hiperglicêmico pós-prandial imediato. Por outro lado, uma dieta rica em proteínas possui ação direta na hipersecreção de insulina, atenuando a elevação da glicemia após as refeições. Entretanto, sugere-se que este efeito seja dependente da fonte proteica consumida (SARTORELLI e CARDOSO, 2006).

As consequências do DM a longo prazo incluem alterações micro e macrovasculares que levam à disfunção, dano ou falência de vários órgãos. As complicações crônicas incluem a nefropatia, com possível evolução para insuficiência renal crônica, a retinopatia, com a possibilidade de cegueira, e neuropatia, com risco de úlceras nos pés, amputações, artropatia de Charcot e manifestações de disfunção autonômica, incluindo disfunção sexual.

Pessoas com diabetes apresentam risco maior de doença vascular aterosclerótica, como doença coronariana, doença arterial periférica e doença vascular cerebral (CORRER, 2008).

CAPÍTULO 2: OS EDULCORANTES

O sabor doce tem grande importância para o ser humano, pois é um dos quatro sabores primários. A sacarose é a principal referência desse sabor. Porém, quando seu consumo não é permitido ou recomendado, a alternativa é o uso de edulcorantes (BIACCHI, 2006).

Os edulcorantes compreendem o grupo de substâncias utilizadas em substituição à sacarose, que compartilham a propriedade de interagir com receptores gustativos e produzir a sensação percebida e denominada de doce. Esse aditivo alimentar deve apresentar perfil de sabor e propriedades funcionais semelhantes às da sacarose (CAVALLINI e BOLINI, 2005)

Os edulcorantes são uma alternativa para aquelas pessoas que não podem ou não devem utilizar o açúcar tradicional em sua alimentação, como é o caso de pacientes diabéticos, obesos ou que desejam reduzir o peso. Atualmente, o uso de edulcorantes não calóricos está muito presente em grupos com *Diabetes Mellitus* (DM), proporcionando aos pacientes o hábito de uma alimentação adequada à sua patologia sem ter que se privarem ao prazer do paladar (BIACCHI, 2006).

Os edulcorantes são classificados em naturais e artificiais. Dentre os naturais estão o esteviosídeo, o sorbitol, o manitol e o xilitol e os artificiais, a sacarina, o ciclamato, o aspartame, acesulfame-K e a sucralose.

Na tabela 1 estão resumidos os valores de doçura de diversos edulcorantes (FATIBELLO-FILHO et al., 1996).

2.1. LEGISLAÇÃO SOBRE OS EDULCORANTES (ANVISA, 1997)

A ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, tem como sua atribuição legal e considerada a necessidade constante de aperfeiçoamento das ações de controle sanitário na área de alimento visando a proteção à saúde da população. Como também compatibilizar a legislação nacional, com base nos instrumentos harmonizados no Mercosul relacionados a aditivos alimentares.

Tabela 1. Doçura relativa de alguns edulcorantes
(FATIBELLO-FILHO et al., 1996).

Edulcorantes	Doçura (sacarose=1)
Lactose	0,4
Maltose	0,5
Sorbitol	0,5-0,7
Galactose	0,6
Glicose	0,7
Xilose	0,7
Glicina	0,7
Manitol	0,7 - 1,4
Glicerol	0,8
Sacarose	1,0
Xilitol	1,0
Frutose	1,2 – 1,7
Cloroderivados de sacarose	5 - 2000
Ciclamato	30 - 40
Glicirizina	50 - 100
Dulcina (p-etoxifeniluréia)	7 - 350
Acesulfame-K	180 - 200
Aspartame	180 - 200
Stévia	300
Dihidroxichalconas	300 - 2000
Sacarina	400 - 500
Talina	2500
5-Nitro-propoxianilina (P 400)	4000

Segundo a definição encontrada na legislação Brasileira, aditivo alimentar é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou

sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. Ao agregar-se poderá resultar em que o próprio aditivo ou seus derivados se convertam em um componente de tal alimento.

Esta definição não inclui os contaminantes ou substâncias nutritivas que sejam incorporadas ao alimento para manter ou melhorar suas propriedades nutricionais.

A segurança dos aditivos é primordial. Isto supõe que antes de ser autorizado o uso de um aditivo em alimentos este deve ser submetido a uma adequada avaliação toxicológica, em que se deve levar em conta, entre outros aspectos, qualquer efeito acumulativo, sinérgico e de proteção, decorrente do seu uso.

Os aditivos alimentares devem ser mantidos em observação e reavaliados quando necessários casos se modifiquem as condições de uso. As autoridades competentes devem ser informadas sobre dados científicos atualizados do assunto em questão.

O uso dos aditivos deve ser limitado a alimentos específicos, em condições específicas e ao menor nível para alcançar o efeito desejado.

O emprego de aditivos justifica-se por razões tecnológicas, sanitárias, nutricionais ou sensoriais, sempre que sejam utilizados aditivos autorizados em concentrações tais que sua ingestão diária não supere os valores de ingestão diária aceitável (IDA) recomendado como mostra a tabela 2, e que atenda às exigências de pureza estabelecidas pela FAO-OMS, ou pelo *Food Chemical Codex*.

A proibição da utilização de aditivos se baseia quando houver evidência ou suspeita de que o mesmo não é seguro para o consumo humano ou que interfira, de forma desfavorável, no valor nutritivo do alimento. Também é proibida a utilização de aditivos para encobrir falhas no processamento e/ou nas técnicas de manipulação.

Os edulcorantes são aditivos alimentar com função de conferir sabor doce ao alimento.

Tabela 2. Edulcorantes e suas características (INMETRO)

Nome do Edulcorante	Característica de cada Edulcorante	Sabor	Poder Açoçante	Quantidade Equivalente a 1 colher sopa de açúcar	Calorias (Kcal/g)	Tipo	Ingestão Máxima /dia (mg/Kg de peso corporal)
Acessulfame - K	Estável em altas temperaturas. É muito utilizado em bebidas, chocolates, geleias, produtos lácteos, gomas de mascar e panificação.	Sem sabor residual, tem dopura de fácil percepção.	200 vezes maior que a sacarose (açúcar)	24 mg	Zero	Artificial, derivado de ácido acético.	9 a 15 mg/Kg
Aspartame	Não pode ir ao fogo porque perde o poder de adoçar. Boa dissolução em líquidos quentes.	É o mais parecido com o açúcar	200 vezes maior que a sacarose (açúcar)	24 mg	4	Artificial. Combina os aminoácidos fenilalanina e ácido aspártico	40 mg/Kg
Ciclamato	Pode ir ao fogo porque não perde o seu poder de adoçar, em alta temperatura.	Possui sabor residual acredoce ou doceazedo	40 vezes maior que o açúcar	121,5 mg	Zero	Artificial. Derivado do petróleo.	11 mg/Kg
Sacarina	Pode ir ao fogo porque não perde o seu poder de adoçar, em alta temperatura.	Deixa gosto residual doce metálico	300 vezes maior que o açúcar.	16 mg	Zero	Artificial. Derivado de petróleo.	5 mg/Kg
Stévia	Pode ir ao fogo e realça o sabor dos alimentos	Sabor residual semelhante ao do alcaçuz.	300 vezes maior que o açúcar.	16 mg	Zero	Natural. Extrato de planta.	5,5 mg/Kg
Frutose	Não deve ir ao fogo porque derrete, porém mantém o poder de adoçar. Carameliza junto com outros adoçantes e pode dar corpo à receita.	Sabor semelhante ao açúcar, porém um pouco mais doce.	170 vezes maior que o açúcar.	½ colher de sopa	4	Natural das frutas e mel.	Não estabelecido
Lactose	É utilizado para reduzir a potencialização de outros adoçantes.	Parecido com o açúcar, porém um	0,15 vezes maior que o	7/8 de colher de sopa	4	Natural. Extrato de	Não

Lactose	É utilizado para reduzir a potencialização de outros adoçantes. Não adoça quando vai ao fogo.	Parecido com o açúcar, porém um pouco mais doce.	0,15 vezes maior que o açúcar	7/8 de colher de sopa	4	Natural. Extratado de leite.	Não estabelecido
Manitol	Estável em altas temperaturas. Uso industrial, geralmente associado ao sorbitol em bebidas, biscoitos, balas e chocolates.	Sabor levemente refrescante	0,45 vezes menor que o açúcar.		2,4	Natural. Encontrado em frutas e algas marinhas.	50 a 150 mg/Kg
Sorbitol	Não adoça quando vai ao fogo. É misturado a outros adoçantes para dar brilho e viscosidade a certas receitas.	Sabor levemente refrescante, parecido com o açúcar, porém um pouco mais doce.	0,5 vezes menor que o açúcar.	2 colheres de sopa.	4	Natural. Extratado das frutas.	Não estabelecido.
Xilitol	São utilizados por indústrias na fabricação de produtos dietéticos e goma de mascar.				4 Kcal/g	Natural. Extratado da xilose.	Não estabelecido.
Sucralose	Resiste bem a altas temperaturas.	Parecido com o açúcar, não deixa gosto residual.	600 a 800 vezes maior que o açúcar.	6 g	Zero	Artificial. Feito a partir de molécula do açúcar de cana modificado em laboratório.	15 mg/Kg
Maltodextrina	Não adoça quando vai ao fogo. Misturado a outro adoçante dá corpo a receita.	Parecido com o açúcar, porém um pouco mais doce.	1,5 vezes maior que o açúcar.	2/3 de colher de sopa.	4 Kcal/g	Natural. Extratado do milho.	Não estabelecido.

2.2 EDULCORANTES ARTIFICIAIS

2.2.1. ASPARTAME

2.2.1.1 Síntese, Propriedades e Características.

O aspartame, cuja estrutura química está apresentada na figura 4, é um dos adoçantes artificiais mais utilizados mundialmente para substituir o açúcar nos produtos dietéticos, constituindo um grande auxiliar nas dietas de controle da obesidade e *diabetes mellitus* (ARAÚJO et al. 2008).

O aspartame foi descoberto por acaso em 1965 por James Schlatter, pesquisador dos laboratórios Searle nos Estados Unidos, durante o desenvolvimento de um novo medicamento para o tratamento da úlcera (TOZETTO, 2005). Aprovado em 1983 como aditivo alimentar pela FDA (Food And Drug Administration), e em 1986, pela mesma agência reguladora para utilização generalizada com propósito edulcorante (LOURENÇO, 2005).

O Aspartame é um dipeptídeo (L – α – aspartil – L – fenilalanina metil éster) produzido a partir do ácido aspártico e da fenilalanina em que o grupo carboxil da fenilalanina é esterificado com um grupo metil ester.

O 3º componente, grupo X, no sistema AH – B da molécula é responsável pelo seu elevado poder edulcorante – 180 a 200 vezes mais doce que a sacarose. (LOURENÇO, 2005).

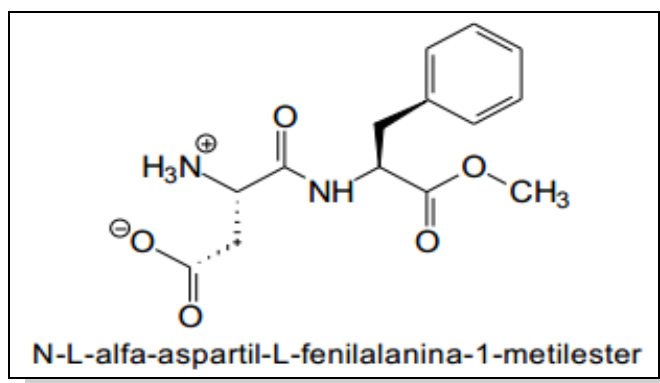


Figura 4 – Estrutura química do Aspartame

Fonte: CARVALHO, 2007.

Seu peso molecular é 294,31 g/mol, e sua fórmula molecular é C₁₄H₁₈N₂O₅. Possui estrutura cristalina, com aparência de pó branco ou em forma líquida, e excelente solubilidade em água e álcool, embora seja insolúvel em lipídeos oleosos e gordurosos. (PEREIRA et. al., 2000).

Uma vez metabolizado no interior do organismo, é convertido nos seus componentes básicos: o ácido L- aspártico, a L-fenilalanina e o metanol.

Assim como outros aminoácidos, fornece quatro calorias por grama, sendo aproximadamente 180 a 200 vezes mais doce que o açúcar comum (sacarose), além de apresentar tempo de duração de doçura prolongado (PEREIRA et. al., 2000).

O fato da ligação peptídica formada entre os aminoácidos que o constitui ser relativamente fraca , implica no comprometimento do uso desse produto em altas temperaturas, uma vez que ele se decompõe acima de 130º graus.

Na síntese do Aspartame pode-se obter tanto a forma α como a β , e deste modo, há de se proceder a sua separação. O processo enzimático irá resultar apenas na forma α . O fluxograma da síntese do aspartame está ilustrado na figura 5.

A L-fenilalanina (Phe) esterificada reage com o grupo -N protegido do anidrido L- aspártico, para formar o α -aspartame com grupo -N protegido. Depois ocorre uma série de passos visando remoção da proteção, cristalização, descoloração, filtração, esterificação, nova cristalização e secagem obtendo-se então o éster metílico do L-aspartil-L-fenilalanina (aspartame) (FIGUEIRA, 2012).

2.2.1.2 O ASPARTAME E O METABOLISMO HUMANO

Após ingestão, o aspartame é rapidamente hidrolisado no intestino ao dipeptídeo L-aspartil-L-fenilalanina e a metanol, conforme representado nas figuras 6 e 7. O dipeptídeo é metabolizado nas células da mucosa em seus aminoácidos constituintes: ácido aspártico e fenilalanina (FREITAS e ARAÚJO, 2010).

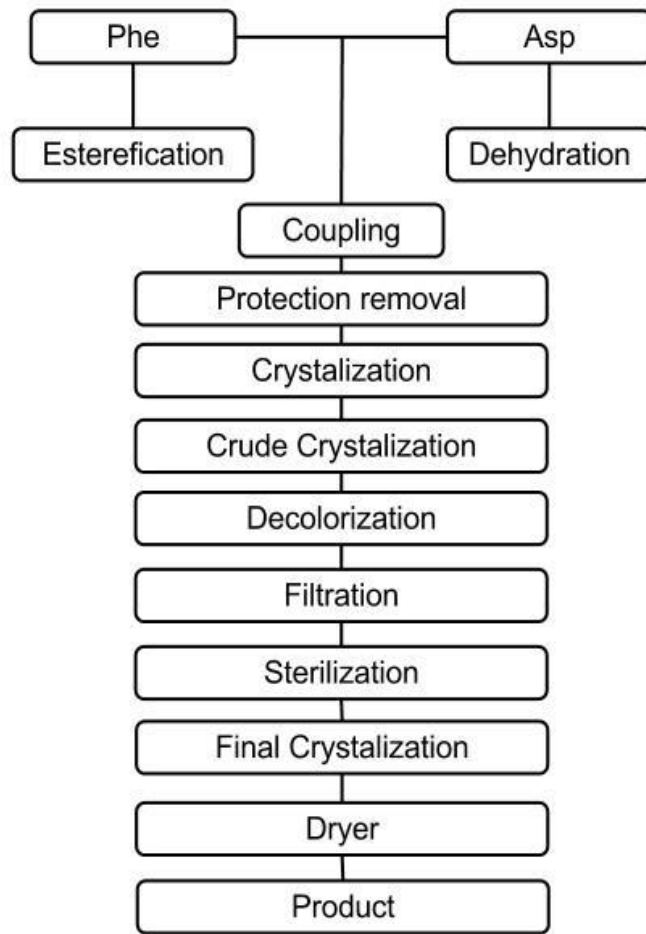


Figura 5. Fluxograma do processo de produção do aspartame.

Fonte: FIGUEIRA, 2012

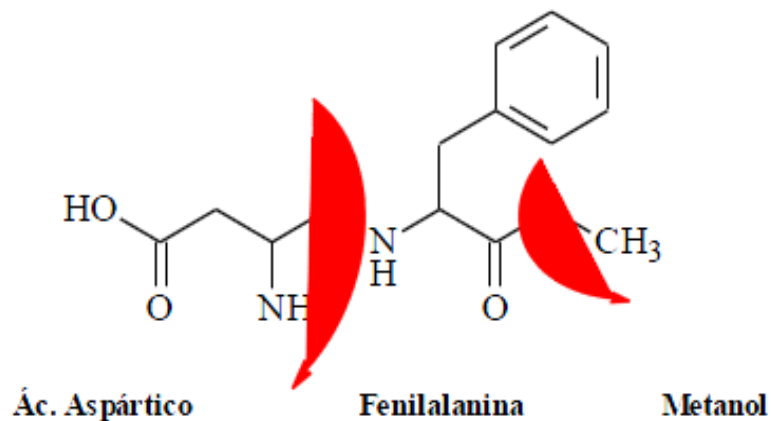


Figura 6. Metabolismo do aspartame nos seus três constituintes

Fonte: FREITAS e ARAÚJO, 2010.

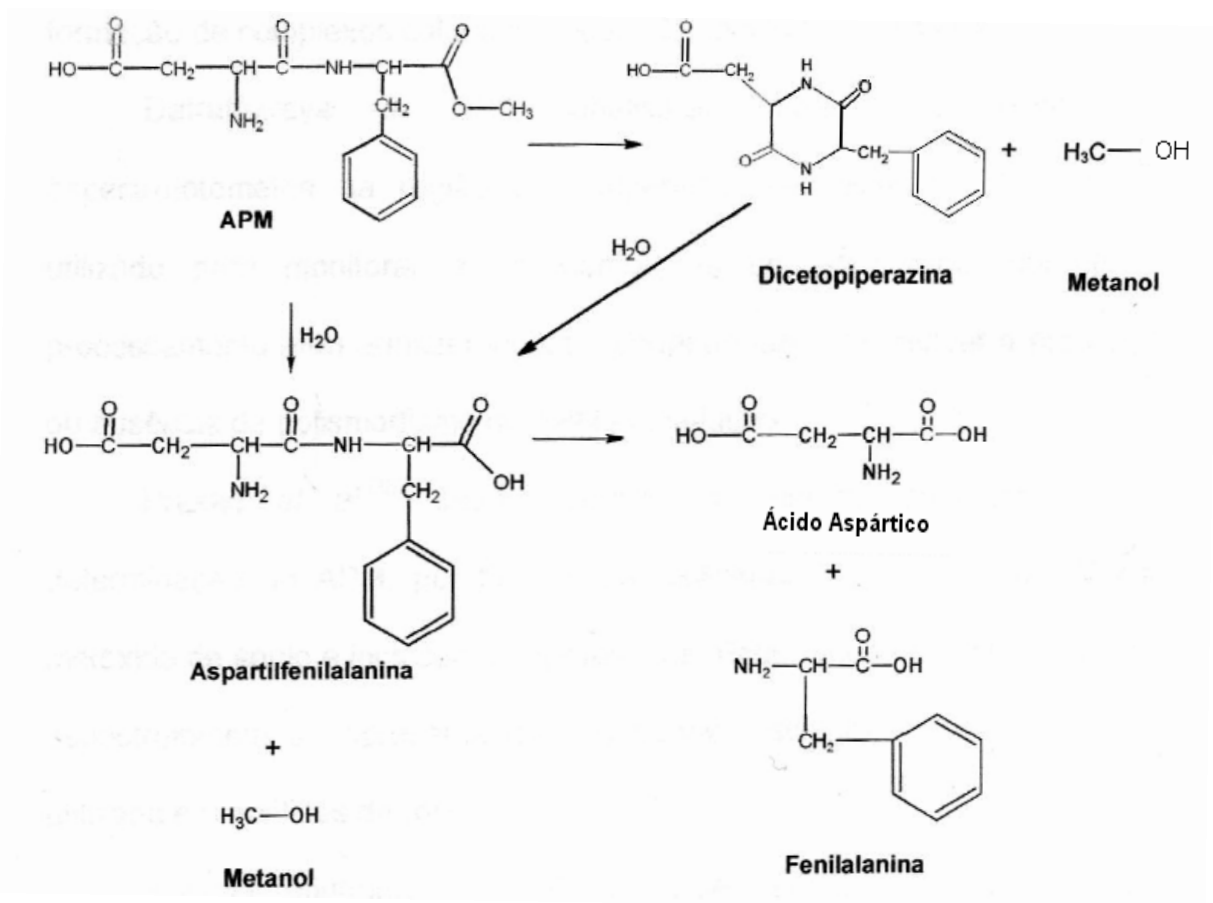


Figura 7: Reações de conversões durante o metabolismo do aspartame.

Fonte: CARVALHO, 2007.

Para cada molécula de aspartame uma molécula de cada constituinte é produzida. Após a absorção elas são, então, metabolizadas e/ou excretadas pelo organismo seguindo os seguintes caminhos: o ácido aspártico é transformado em alanina, a fenilalanina é transformada principalmente em tirosina e, o metanol é transformado em formaldeído e então em ácido fórmico (MARTINS E AZOUBEL, 2006).

2.2.1.3 TOXICOLOGIA

A ADA (Associação Americana do Diabetes) afirma que os consumidores podem desfrutar com segurança dos edulcorantes quando dentro das ingestões de referência. Diversas questões científicas continuaram a ser levantadas após a aprovação do aspartame, em grande parte preocupadas com a toxicidade de seus componentes – os aminoácidos, aspartato, fenilalanina, e o metanol- embora a exposição alimentar a estes componentes seja muito maior que o aspartame. (REIS, 2010).

Uma porção de leite desnatado fornece cerca de 6 vezes mais fenilalanina e 13 vezes mais ácido aspártico, enquanto uma porção de suco de tomate tem cerca de 6 vezes mais metanol que uma bebida de volume igual adoçada com aspartame. (REIS, 2010)

Estudos em humanos e animais demonstram que o aspartame é metabolizado no trato gastrintestinal em três componentes: aminoácidos; ácido aspártico e fenilalanina; e metanol que são absorvidos pela circulação sistêmica. Para cada molécula de aspartame uma molécula de cada constituinte é produzida. Após a absorção elas são então metabolizadas e/ou excretadas pelo organismo seguindo os seguintes caminhos: o ácido aspártico é transformado em alanina, a fenilalanina é transformada principalmente em tirosina e, o metanol é transformado em formaldeído e então em ácido fórmico. (MARTINS e AZOUBEL, 2006).

O ácido aspártico é reconhecido como um excitador neurológico, um impossível de atingir via alimentação. Na mucosa celular, cerca de 85% do ácido aspártico é convertido em alanina por descarboxilação ou transferência do grupo amina para o ácido pirúvico. (FIGUEIRA, 2012). A fenilalanina é um aminoácido que normalmente está presente no cérebro, mas em excesso é perigoso, é o caso de quem tem a doença genética fenilcetonúria (PKU), que não é capaz de a catabolizar. Ela é precursora de neurotransmissores como a noradrenalina, dopamina e adrenalina, mas cerca de 30% é catabolizada em tirosina. Devido a existência da PKU, produtos contendo aspartame devem iniciar ser fonte de fenilalanina.(FIGUEIRA, 2012).

A maioria dos efeitos tóxicos associados a uma intoxicação por metanol é devida ao ácido fórmico, que é responsável pelo desenvolvimento de acidose metabólica, cegueira, pelos efeitos que ocorrem a nível do sistema nervoso central (SCN) e morte.(COELHO, 2009)

Pode ser consumido por diabéticos, mas não por portadores de fenilcetonúria, doença genética que altera o metabolismo da fenilalanina. Há restrições do uso do aspartame para pessoas portadoras da fenilcetonúria (PKU ou phenylketonuria), mal congênito e raro que se caracteriza pela ausência de uma enzima que faz o metabolismo da fenilalanina, aminoácido presente no edulcorante artificial.

Indivíduos com forma homozigótica da PKU têm uma deficiência da enzima hepática fenilalanina-hidroxilase e são incapazes de converter a fenilalanina (aminoácido essencial) em tirosina (aminoácido não essencial), o que resulta no acúmulo de fenilalanina, potencialmente tóxica para o tecido cerebral. Sem tratamento, esses indivíduos apresentam atraso mental, microcefalia, mielinização deficiente dos nervos, reflexos hiperativos e menor expectativa de vida. Com o diagnóstico precoce e abstenção da fenilalanina, esses indivíduos terão vida normal (FREITAS e ARAÚJO, 2010).

Para evitar danos à sua própria saúde, todos os indivíduos portadores desta doença, devem controlar constantemente o consumo de qualquer produto que contenha fenilalanina e, conseqüentemente, devem evitar o aspartame, uma vez que um de seus metabólitos é a fenilalanina, inclusive durante a gestação (TORLONI et alii, 2007).

2.2.2. CICLAMATO DE SÓDIO

2.2.2.1 Síntese, Propriedades e Características

O Ciclamato de Sódio, cuja estrutura química está apresentada na figura 8 foi desenvolvido pelo pesquisador americano Michel Sveda, e sua descoberta foi atribuída à contaminação acidental de cigarro com um derivado de ciclohexilamina, ocorrida na Universidade de Illinois.

Quimicamente, é constituído pelo ácido ciclohexilsulfâmico e sais de sódio, cálcio e potássio. É um pó branco, cristalino, inodoro, solúvel em água, álcool e propilenoglicol (ARRUDA et al.,2003).

Aparece na composição dos produtos em três diferentes formas: ciclamato de sódio ($C_6H_{12}NSO_3Na$), ciclamato de cálcio ($C_{12}H_{24}N_2S_2O_6Ca$) e ácido ciclâmico ($C_6H_{13}NO_3S$). É inodoro, solúvel em água, álcool e propilenoglicol; é mais estável que o aspartame e a sacarina, podendo por isso ser levado a altas e a baixas temperaturas (ARRUDA et al., 2003).

Em relação à sua estabilidade, a degradação hidrolítica dos sais de ciclamato ocorre gerando ciclohexilamina e sulfato inorgânico, a agência americana Food and Drugs Administration (FDA) desenvolveu um estudo exaustivo avaliando esta amina em muitos produtos. Neste estudo ficou comprovada a estabilidade do ciclamato mesmo em produtos ácidos, onde os níveis de ciclohexilamina foram desprezíveis por 4 meses de estocagem sob temperatura ambiente. A conclusão foi a de que o adoçante é bem estável, de tal modo que não ocorre perda da doçura e nem gera produtos tóxicos (OLIVEIRA, 2008).

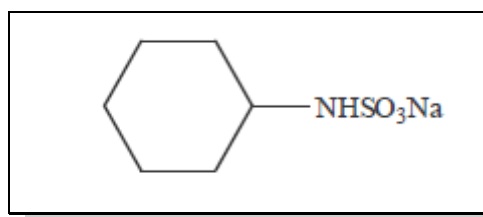


Figura 8. Estrutura química do Ciclamato de Sódio

Fonte: GOTO, 2004.

Em seres humanos e em várias espécies animais o ciclamato não é absorvido completamente no intestino. Quando absorvido é, rapidamente excretado na urina sem considerável acúmulo no sangue ou tecidos. A maior parte do ciclamato não absorvido é normalmente eliminada nas fezes, mas uma quantidade variável é convertida para ciclohexilamina por microorganismos que habitam o intestino. A ciclohexilamina é rapidamente absorvida, com posterior excreção renal (BIACCHI, 2006).

No final da década de 60, iniciaram alguns estudos, sobre o metabolismo e a toxicidade do ciclamato em seres humanos e animais. Desde então, diversas investigações foram realizadas a fim de investigar a carcinogenicidade deste edulcorante.

O organismo humano tem demonstrado tendência diferenciada ao metabolizá-lo. Aproximadamente de 8 a 10% da população consumidora deste edulcorante, pode converter 1% do ciclamato em ciclohexilamina, potencialmente carcinogênica, uma vez que esta conversão depende da flora intestinal existente e das características fisiológicas de cada indivíduo (CARVALHO, 2007).

Banido nos Estados Unidos em 1970 pelo potencial carcinogênico em ratos conforme alguns estudos indicavam. Porém, outras pesquisas garantem sua segurança e o Ciclamato de Sódio é comercializado em mais de 50 países.

Após estudos, o Comitê de Avaliação do Câncer da FDA anunciou que a avaliação de vários experimentos indicava que o ciclamato não era carcinogênico. (VIGGIANO, 2003).

Existe junto ao FDA (Food and Drug Administration) uma petição para reintroduzir o Ciclamato de Sódio no mercado americano. Não existem estudos controlados sobre os possíveis efeitos do ciclamato sobre o feto. Não existem dados disponíveis para recomendar o seu uso durante a lactação. (NATIVIDADE et al, 2012).

2.2.2.2 TOXICOLOGIA

Em seres humanos e em várias espécies animais o ciclamato não é absorvido completamente no intestino. Quando absorvido é, rapidamente excretado na urina sem considerável acúmulo no sangue ou tecidos. A maior parte do ciclamato não absorvido é normalmente eliminada nas fezes, mas uma quantidade variável é convertida para ciclohexilamina por microorganismos que habitam o intestino. A ciclohexilamina é rapidamente absorvida, com posterior excreção renal (BIACCHI, 2006).

O principal metabólito do ciclamato, a ciclohexilamina, é rapidamente absorvido e excretado pelos rins, existindo pouca excreção fecal. As taxas de excreção urinária de ciclamato e ciclohexilamina indicam que pouco permanece nos tecidos ou fluidos corpóreos após sua administração prolongada e em doses elevadas (ARRUDA et al., 2003).

Vários produtos do metabolismo da ciclohexilamina foram identificados em humanos, como o ciclohexanol, a ciclohexanona e a trans-ciclohexanona-1,2-diol. No

entanto, a inexistência de qualquer diferença entre as rotas de administração com relação à extensão do metabolismo da ciclohexilamina implica que os tecidos, mais do que a flora intestinal, constituem o principal local para conversão desse metabólito (ARRUDA et al., 2003).

Diversos estudos foram realizados em animais de laboratório visando verificar toxicidade do ciclamato de sódio ou da mistura com a sacarina. Os resultados revelaram poucos efeitos fisiopatológicos associados com a administração dessa substância, mesmo em doses elevadas. Atualmente, existem no Brasil diversos adoçantes de mesa à base desta associação, sendo que os mais vendidos possuem proporção de duas partes de ciclamato para uma de sacarina (TOZETTO, 2005).

2.2.3. ACESSULFAME-K

2.2.3.1 Síntese, Propriedades e Características.

O Acessulfame ou 6-metil- 1, 2,3-oxatiazina-4 (3H)-ona- 2,2- dióxido, cuja estrutura está representada na figura 9, foi descoberto na Alemanha, em 1967, por Karl Clauss e H. Jensen, acidentalmente, quando trabalhavam no desenvolvimento de novos produtos e encontraram um composto de sabor doce(VIGGIANO, 2003). Foi aprovado nos Estados Unidos pela FDA em 1988.

É cerca de 200 vezes mais doce do que o açúcar e, ao contrário do aspartame, mantém seu poder adoçante quando aquecido, o que o torna adequado para alimentos cozidos ou forneados.

As variações do posicionamento dos substituintes no anel causam influência em sua doçura, concluindo-se que o sal de potássio é o mais adequado para aplicações em alimentos (CARVALHO, 2007). Seu gosto doce é percebido de imediato e em grandes doses deixa um leve sabor residual amargo, parecido com o da sacarina. Trata-se de um composto da família das oxatiazinas; é composto de átomos de carbono, nitrogênio, oxigênio, hidrogênio, enxofre e potássio (C₄H₄NO₄KS).

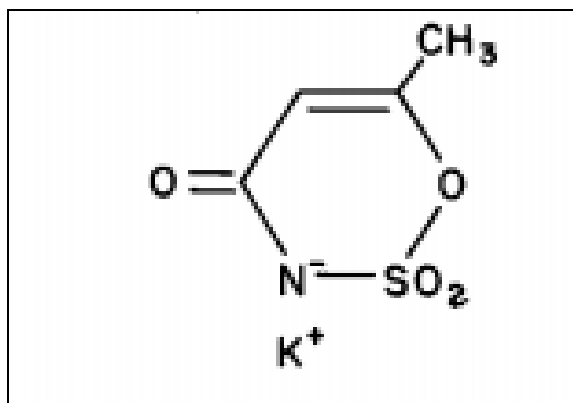


Figura 9. Estrutura do Acesulfame-K

Fonte: GOTO, 2004.

O acessulfame-K mostra excelente estabilidade na forma seca, ao armazenamento prolongado, as alterações no processamento especialmente a temperaturas elevadas e pH baixo, em contato com outros ingredientes ou constituintes dos alimentos, e ao ataque microbiológico. É altamente estável em solução na faixa de pH de alimentos e bebidas (variável de pH 3 ao neutro). Em pH abaixo de 3,0 e acima de 9,0, a hidrólise é mais rápida, sendo influenciada pela temperatura.

Os fabricantes do acessulfame-K apostam no poder sinérgico do ingrediente e por conta disso reforçam a necessidade e/ou tendência de “blends” entre os edulcorantes. Devido à capacidade de sinergismo do acessulfame-K com outros edulcorantes, a Nutrinova implantou o conceito *Multi-Sweetener*, ou seja, de mistura de edulcorantes. Partindo da ideia da inexistência de um único ingrediente capaz de conferir à formulação o sabor do açúcar, a empresa investe no equilíbrio das matérias-primas, por meio de combinações e, sobretudo, no poder sinérgico do Sunett (PACCHIONE, 2003).

2.2.3.2 METABOLISMO E TOXICOLOGIA

Os estudos e testes de inocuidade do Acesulfame-K em seres humanos, ratos, macacos e coelhos tem sido feitos por diversas agências internacionais e

pesquisadores diversos. Estes estudos mostraram que acesulfame-K não é metabolizado, não afetando assim as funções normais do organismo humano.

Ele é absorvido rapidamente no intestino e sua concentração no sangue cresce rapidamente após sua ingestão, não sendo acumulado no organismo, uma vez que é excretado. Estudos fármaco-cinéticos nos animais supracitados e em seres humanos mostraram que sua excreção, além de rápida, é total.

Em 1983, a World Health Organization (WHO) reconheceu a inocuidade deste adoçante e recomenda uma ingestão diária aceitável (IDA) de até 9 mg/kg de peso corpóreo. Atualmente, tanto a WHO como a FDA aceitam uma ingestão diária de Acesulfame-K de até 15 mg/kg de peso corpóreo (FATIBELLO-FILHO et al., 1996).

2.2.4. SUCRALOSE

2.2.4.1 Síntese, Propriedades e Características.

A sucralose, 1,6-dicloro-1,6-dideoxi- β -D-fructofuranosil-4-cloro-4-deoxi- α -D-galactopiranosil, cuja estrutura química está apresentada na figura 10, foi um dos resultados de um vasto programa de pesquisas no qual o grupo açucareiro britânico Tate & Lyle colaborou com a equipe do Professor Hough, do *Queen Elizabeth College* (Universidade de Londres) (TOZETTO, 2005).

A sucralose é um edulcorante artificial obtido a partir da sacarose e cerca de 400 a 800 vezes mais doce que a sacarose em um processo que substitui três grupos hidroxila por três átomos de cloro e é utilizada em alimentos e bebidas de baixa caloria e adoçantes. Devido à sua grande estabilidade térmica e estabilidade no alimento durante o seu armazenamento é normalmente empregada isolada ou associada com outros edulcorantes (KIMURA et al., 2007).

A sucralose, um dos adoçantes mais comercializados nos Estados Unidos, é estável a temperaturas altas e baixas, e por longos períodos de armazenamento. Em decorrência da sua solubilidade na água e estabilidade, a sucralose pode ser utilizada em vários alimentos e bebidas industrializadas (BARREIROS, 2012).

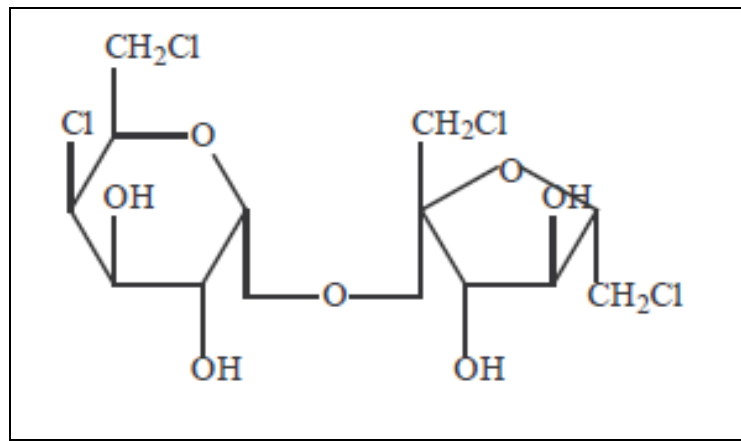


Figura 10. Estrutura da Sucralose

Fonte: GOTO, 2004.

Trata-se de um edulcorante não calórico, cujas ligações carbono-cloro são bastante estáveis, não sendo hidrolisadas, durante a digestão ou metabolismo. Nenhum tipo de efeito é observado na glicose ou nas enzimas envolvidas na regulação do metabolismo de carboidratos, possibilitando que o mesmo seja ingerido por diabéticos (TOZETTO, 2005).

2.2.4.2 METABOLISMO E TOXICOLOGIA

A sucralose é um derivado da sacarose, com substituição de três grupos hidroxila por cloro, tendo pouca absorção, e a pouca quantidade absorvida não é metabolizada para produção de energia, a pequena quantidade absorvida é excretada por meio de urina e fezes.

Após vários estudos, a sucralose mostrou-se segura, não estando associada ao desenvolvimento de câncer, não provocando alterações genéticas, defeitos congênitos, lesão neurológica ou qualquer outra alteração metabólica, mesmo em dose acima de 500mg/kg/dia. Não provoca resposta insulínica e vários estudos mostraram que é segura ao meio ambiente, sendo biodegradável (BARREIROS, 2012).

2.3. EDULCORANTES NATURAIS

2.3.1. ESTÉVIA

2.3.1.2 Síntese, Propriedades e Características.

Sua história remonta a 1900, quando Ovídio Rebaudi, um químico paraguaio, isolou o composto adocicado de uma planta conhecida como estévia (figura 11) usada por índios Guaranis nativos da região da fronteira entre o Paraguai e o Mato Grosso do Sul.

Setenta anos depois, esse glicosídeo natural, denominado *Stevia Rebaudiana* Bertoni, foi pesquisado por cientistas japoneses que, após estudos toxicológicos, iniciaram sua extração comercial (TORLONI et alii, 2007).

As folhas de *Stevia Rebaudiana* também contêm proteínas, fibras, fósforo, zinco, cálcio, potássio, sódio, magnésio, flavonoides, vitaminas C e A (PACKER, 2006).



Figura 11. Folhas de *Stevia rebaudiana*.

Fonte: OLIVEIRA, 2007.

O interesse pela estévia está no fato de suas folhas possuírem diversos compostos glicosídeos não calóricos (esteviosídeos e rebaudiosídeos), alguns com poder adoçante cerca de 300 vezes maior que a sacarose (PORTUGAL, 2006).

Apenas o esteviosídeo e o rebaudiosídeo A estão presentes em quantidades apreciáveis da matéria seca das folhas (PACKER, 2006).

O esteviosídeo, também conhecido como 19-O- β -glucopiranosil-13-O[β -glucopiranosil(1,2)- β -glucopiranosil]-steviol, cuja estrutura está apresentada na figura 12, é um glicosídeo diterpênico de fórmula molecular $C_{38}H_{60}O_{18}$, sendo produzido comercialmente no Brasil pela Steviafarma Industrial S/A, na cidade de Maringá (PR); tem sua aplicação industrial limitada em alguns segmentos, devido ao seu sabor amargo residual e sua baixa solubilidade (PACKER, 2006; GOTO e CLEMENTE, 1998).

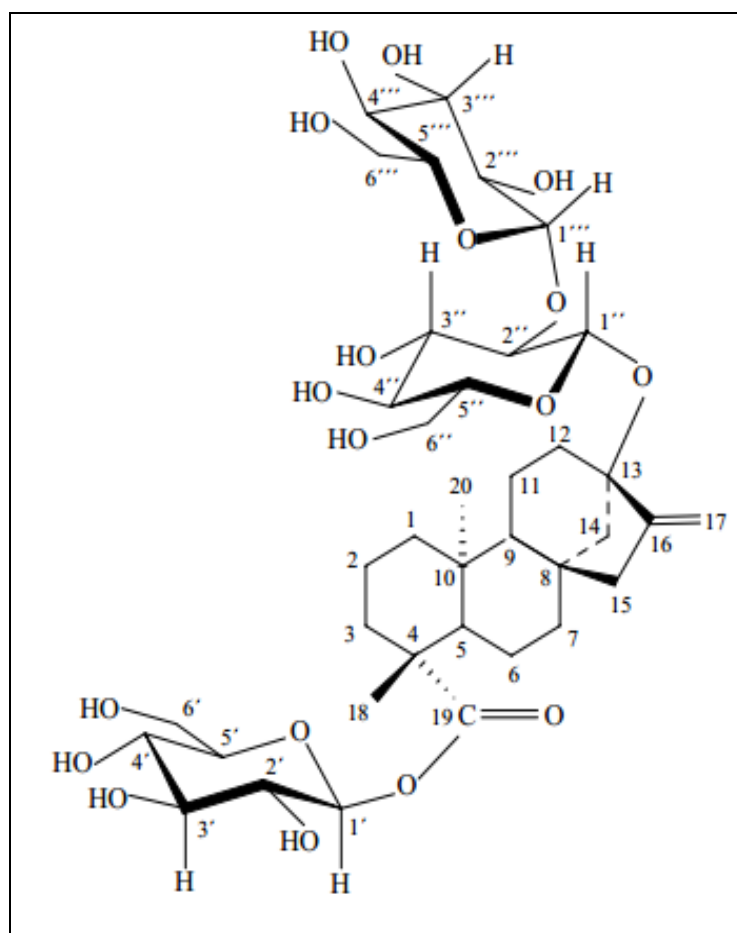


Figura 12. Estrutura da Estévia

Fonte: OLIVEIRA, 2007.

O processo consiste basicamente em substituir a extração com solvente por resinas de adsorção que realizam a limpeza do extrato aquoso. A solução é finalmente introduzida em um atomizador (“Spray-Dryer”), fornecendo o produto final

como um pó fino branco e sem odor, que possui grande aplicação na indústria alimentícia devido à sua estabilidade frente ao calor e a uma ampla faixa de pH. (PACKER, 2006; MIOTTO e MACHADO, 2004).

Estudos em animais e humanos indicam que esse adoçante possui propriedades anti-hipertensivas. A estévia reduz a glicemia pós-prandial de pacientes com diabetes tipo 2. (TORLONI et alii, 2007).

O rebaudiosídeo A também conhecido como 19-O- β -glucopiranosil-13-O-[β -glucopiranosil (1,2)- β -glucopiranosil (1,3)- β -glucopiranosil]-steviol, como mostra a figura 13, possui uma doçura de 450 vezes superior ao da sacarose, mas como no esteviosídeo sua potência decresce com o aumento da concentração. O sabor amargo residual, ainda persiste, mas em intensidade muito menor que o esteviosídeo, tornando-o com sabor mais próximo da sacarose.

O fato de o rebaudiosídeo A ter qualidade de sabor superior ao esteviosídeo tem incentivado muitos países, tais como Japão, Estados Unidos, Israel e Brasil, a desenvolver este adoçante em escala comercial. O rebaudiosídeo A, diferente do esteviosídeo, é totalmente solúvel em água e o sabor não persiste na boca por muito tempo (GOTO, 2004).

2.3.1.3 TOXICOLOGIA

Realizaram-se estudos científicos sobre a segurança da ingestão de estévia e seus glicosídeos. Estes estudos não mostraram nenhuma anormalidade, o que sustenta a sua segurança para o consumo humano em bebidas e alimentos. Uma das mais importantes indicações da segurança da utilização da estévia e seus glicosídeos é a completa inexistência de registros de efeitos tóxicos em 1500 anos de contínua utilização pelos paraguaios, outra indicação similar reside no uso corrente de esteviosídeo como agente adoçante no Japão por mais de 25 anos, onde foram ingeridas toneladas de esteviosídeo, e não se teve notícia de quaisquer efeitos colaterais (GOTO, 2004).

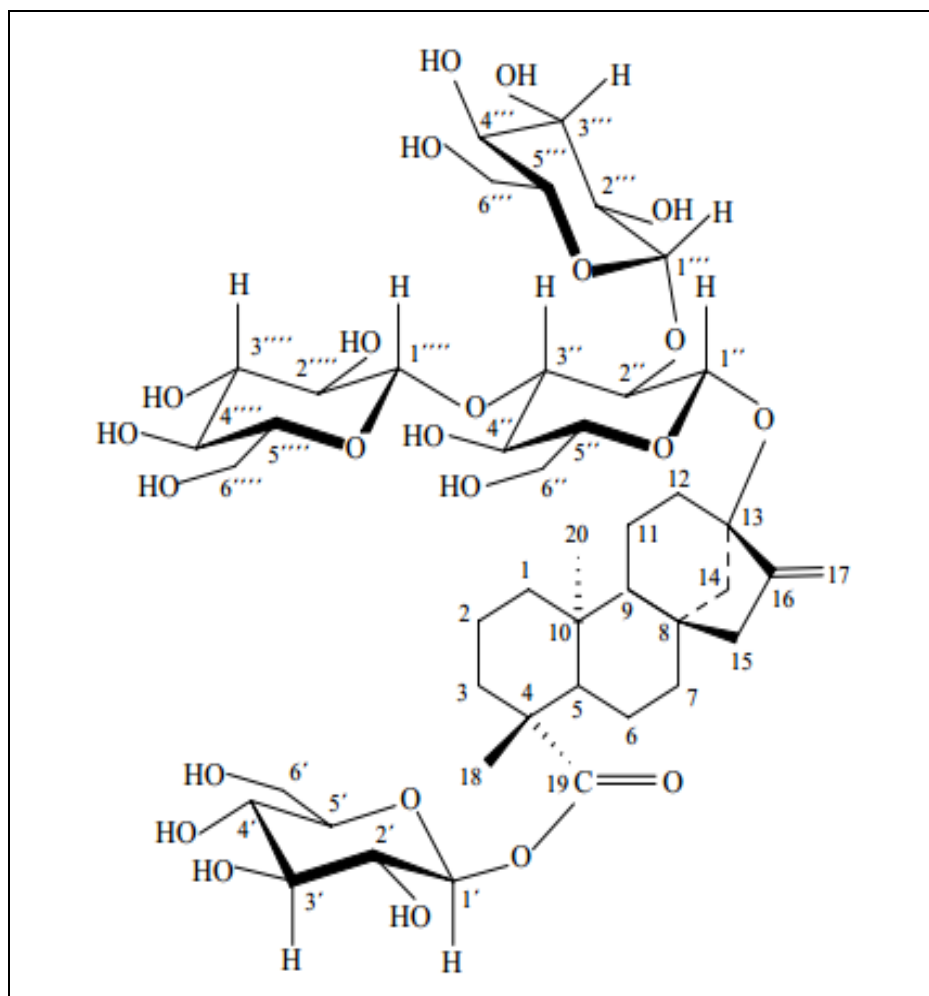


Figura 13. Estrutura química do rebaudiosídeo A.

Fonte: OLIVEIRA, 2007.

2.3.2. XILITOL

2.3.3 Síntese, Propriedades e Características.

O xilitol, foi descoberto em 1890 pelo químico alemão Emil Herman Fischer e por seu assistente Rudolf Stahel, é um poliálcool cuja fórmula molecular é $C_5H_{12}O_5$ (1,2,3,4,5-pentaidroxipentano).

O Xilitol é um composto que satisfaz essas exigências, pois, além de ser um adoçante perfeitamente capaz de substituir a sacarose, é tolerado por diabéticos e tem várias aplicações clínicas.

De estrutura aberta, a molécula de xilitol possui cinco grupos hidroxila (OH), cada um deles ligado a um átomo de carbono, razão pela qual esse composto é conhecido como poliidroxiálcool acíclico ou pentitol, cuja estrutura está representada na figura 14. (PEREIRA et alii, 2009; MUSSATO e ROBERTO, 2002).

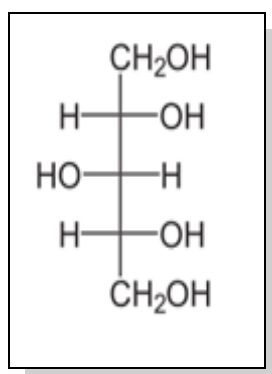


Figura 14. Estrutura química do Xilitol.

Uma das vantagens do xilitol sobre a sacarose é que, em virtude de sua elevada estabilidade química e microbiológica, ele atua mesmo em baixas concentrações, como conservante de produtos alimentícios, oferecendo resistência ao crescimento de microrganismos e prolongando a vida de prateleira desses produtos.

Uma outra vantagem é que, devido à ausência de grupos aldeídicos ou cetônicos em sua molécula, o xilitol não participa de reações com aminoácidos, conhecidas como reações de “Maillard”. Isto significa que ele não sofre reações de escurecimento não enzimático, que provocam diminuição do valor nutricional das proteínas.

Dessa forma, recomenda-se sua utilização na manufatura de produtos nos quais as reações de Maillard são indesejáveis, tais como os alimentos infantis obtidos por secagem. Entretanto, em produtos de padaria, o uso exclusivo de xilitol oferece problemas, uma vez que as reações de escurecimento são responsáveis

pela aparência e pelas características flavorizantes desses produtos (MUSSATO e ROBERTO, 2002).

Um humano adulto produz de 5 a 15 gramas de xilitol por dia em condições metabólicas normais e a concentração dessa substância no sangue varia de 0,03 a 0,06 mg/100 mL. O xilitol é formado no organismo humano como um composto intermediário do ciclo do ácido urônico, sendo consumido para produção de ácido glucurônico, o qual é empregado em processos sintéticos e em reações de detoxificação.

A obtenção de xilitol pode ser realizada de 3 maneiras: extração líquido-sólido, redução química da xilose e conversão biotecnológica de soluções contendo xilose. Tanto o processo químico quanto o biotecnológico se iniciam com soluções de xilose oriundas da hidrólise de materiais lignocelulósicos ricos em xilanas. (TAMANINI e HAULY, 2004).

Na natureza o xilitol pode ser encontrado em muitas frutas, vegetais e cogumelos, porém, em quantidades inferiores a 900 mg/100 g, o que torna sua extração um processo antieconômico e impraticável. Uma alternativa à extração do xilitol diretamente dessas fontes naturais é a sua obtenção pela hidrogenação da D-xilose presente na matéria vegetal, seja por via química, seja por via biotecnológica, na figura 15 apresenta um fluxograma as tecnologias disponíveis para a produção do xilitol (MUSSATO e ROBERTO, 2012).

O xilitol pode ainda atuar como antioxidante, umectante, estabilizante, crioprotetor e redutor de ponto de congelamento. (MAIA et. ali, 2008).

Outra característica interessante do xilitol é o seu valor negativo de calor de dissolução ($-34,8 \text{ cal.g}^{-1}$), o que lhe confere um agradável efeito refrescante. Apresenta solubilidade em água próxima à da sacarose (195 g.100 g^{-1} água a 20°C) e é excelente agente redutor de atividade de água (a_w), devido à capacidade de suas hidroxilas se ligarem à água, o que pode conferir uma maior conservação do produto (MAIA et. ali, 2008).

Uma das vantagens do xilitol sobre a sacarose é que, em virtude de sua elevada estabilidade química e microbiológica, ele atua mesmo em baixas concentrações, como conservante de produtos alimentícios, oferecendo resistência ao crescimento de microrganismos e prolongando a vida de prateleira desses produtos. Outra vantagem é que, devido à ausência de grupos aldeídicos ou

cetônicos em sua molécula, o xilitol não participa de reações com aminoácidos, conhecidas como reações de “Maillard”.

Isto significa que ele não sofre reações de escurecimento não enzimático, que provocam diminuição do valor nutricional das proteínas. (MUSSATO e ROBERTO, 2012).

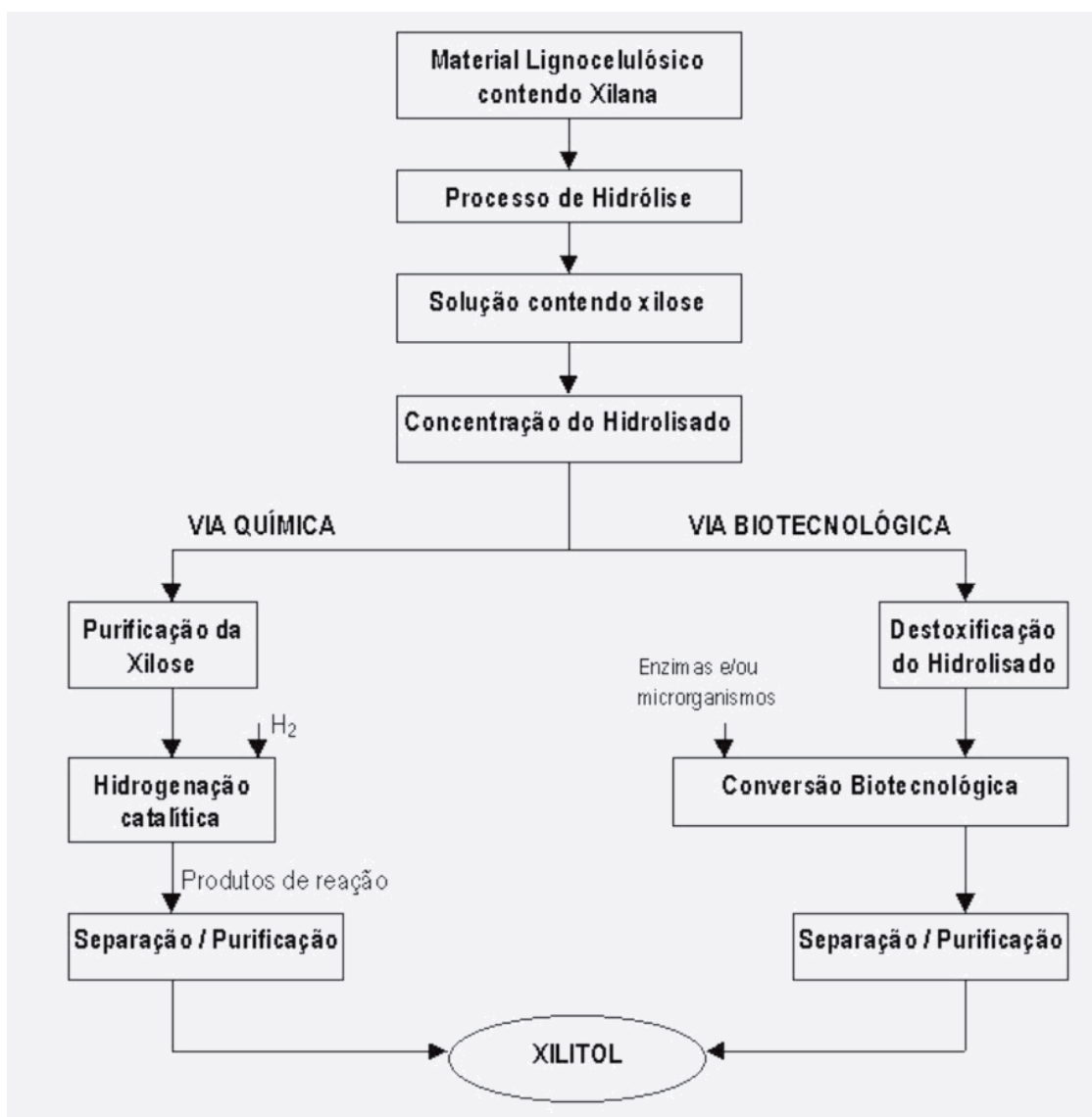


Figura 15. Fluxogramas das tecnologias disponíveis para produção de xilitol.

Fonte: MUSSATO e ROBERTO, 2002.

2.3.4 TOXICOLOGIA

Apesar de ser encontrado naturalmente em muitas frutas e vegetais, o xilitol apresenta efeitos colaterais associados ao seu consumo. Por ser absorvido muito lentamente pelo trato gastrointestinal, podem ocorrer diarreia osmótica e desconforto abdominal ocasionado pela ingestão de grandes quantidades deste carboidrato. (PEREIRA, 2007).

Limites de ingestão do xilitol ainda não foram precisamente definidos. Alguns estudos relatam que indivíduos adultos podem tolerar a ingestão de até 200 g de xilitol/dia, sem a presença de qualquer tipo de alteração gastrointestinal, enquanto que crianças toleram menores quantidades, até 45 g/dia do açúcar. Entretanto, BASTOS et al, 2006, afirmaram que a dosagem diária máxima recomendada para que efeitos indesejáveis não sejam observados em humanos é igual a 20 g/dia, não representando riscos significativos à saúde das pessoas.

2.4 MÉTODOS DE ANÁLISE

2.4.1. ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO

A espectroscopia compreende o estudo da interação da radiação eletromagnética com a matéria, cujo principal objetivo é a determinação dos níveis de energia e transições de espécies atômicas e moleculares (ARAÚJO, 2007).

A região do espectro correspondente ao infravermelho compreende a radiação com números de onda no intervalo de, aproximadamente, 12800 a 10 cm^{-1} , e pode ser dividido em infravermelho próximo (NIR – do inglês, Near Infrared), médio (MIR – do inglês, Middle Infrared) e distante (FIR – do inglês, Far Infrared). A Tabela 3 apresenta os limites aproximados para cada região.

Normalmente, não é possível causar transições eletrônicas em uma molécula incidindo sobre ela radiação infravermelha, já que tal faixa de comprimento de onda não possui energia suficiente para tanto. Para que uma molécula possa absorver

radiação com comprimento de onda no infravermelho, esta precisa sofrer uma variação no momento de dipolo como consequência do movimento vibracional ou rotacional.

Tabela 3. Regiões Espectrais do Infravermelho.

Região	Região de número de Onda ($\bar{\nu}$), cm^{-1}	Intervalo de Comprimento de Onda (λ), μm	Região de frequência (ν), Hz
Próximo (NIR)	12.800 a 4.000	0,78 a 2,5	$3,8 \times 10^{14}$ a $1,2 \times 10^{14}$
Médio (MIR)	4.000 a 200	2,5 a 50	$1,2 \times 10^{14}$ a $6,0 \times 10^{12}$
Distante (FIR)	200 a 10	50 a 1.000	$6,0 \times 10^{12}$ a $3,0 \times 10^{11}$

Fonte: SKOOG et al., 2002.

O momento de dipolo é determinado pela magnitude da diferença de carga e a distância entre dois centros de carga. Uma molécula que possui essa variação do momento dipolar, ao vibrar sofre uma variação regular do momento dipolar, ocasionando um campo que pode interagir com o campo elétrico associado à radiação infravermelha incidente. Quando a frequência da radiação coincide exatamente com a frequência vibracional natural da molécula, ocorre uma transferência de energia, resultando em uma variação da amplitude da vibração molecular e, conseqüentemente, na absorção de radiação (SKOOG et al., 2002)

As técnicas de espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) e no infravermelho médio (MIR) são cada vez mais utilizadas no controle de qualidade de processos e produtos industriais, principalmente porque as medidas são rápidas, utilizam pequena quantidade de amostra e, envolvem preparação rápida e simples das amostras. Tanto técnicas de NIR como de MIR permitem ainda a determinação simultânea de diferentes parâmetros, além de serem métodos não destrutivos, limpos, sem uso de reagentes agressivos e nem geração de resíduos (RIBEIRO, 2012).

Carvalho (2007), ao estudar a decomposição térmica dos edulcorantes não calóricos acesulfame-K, ciclamato de sódio, esteviosídeo, sacarina e sacarina sódica de crescente uso na indústria de alimentos, submeteu amostras desses edulcorantes a análises por Termogravimetria (TG), Termogravimetria derivada (DTG), Análise térmica diferencial (DTA) e Calorimetria exploratória diferencial (DSC).

As amostras empregadas no estudo foram: edulcorantes comerciais antes e após recristalização, comparadas a amostras de edulcorantes padrões (puros). Na figura 16 e 17 estão ilustrados os espectros de Infravermelho do ciclamato de sódio e da sacarina sódica comerciais e recristalizados comparados aos espectros das amostras puras desses edulcorantes.

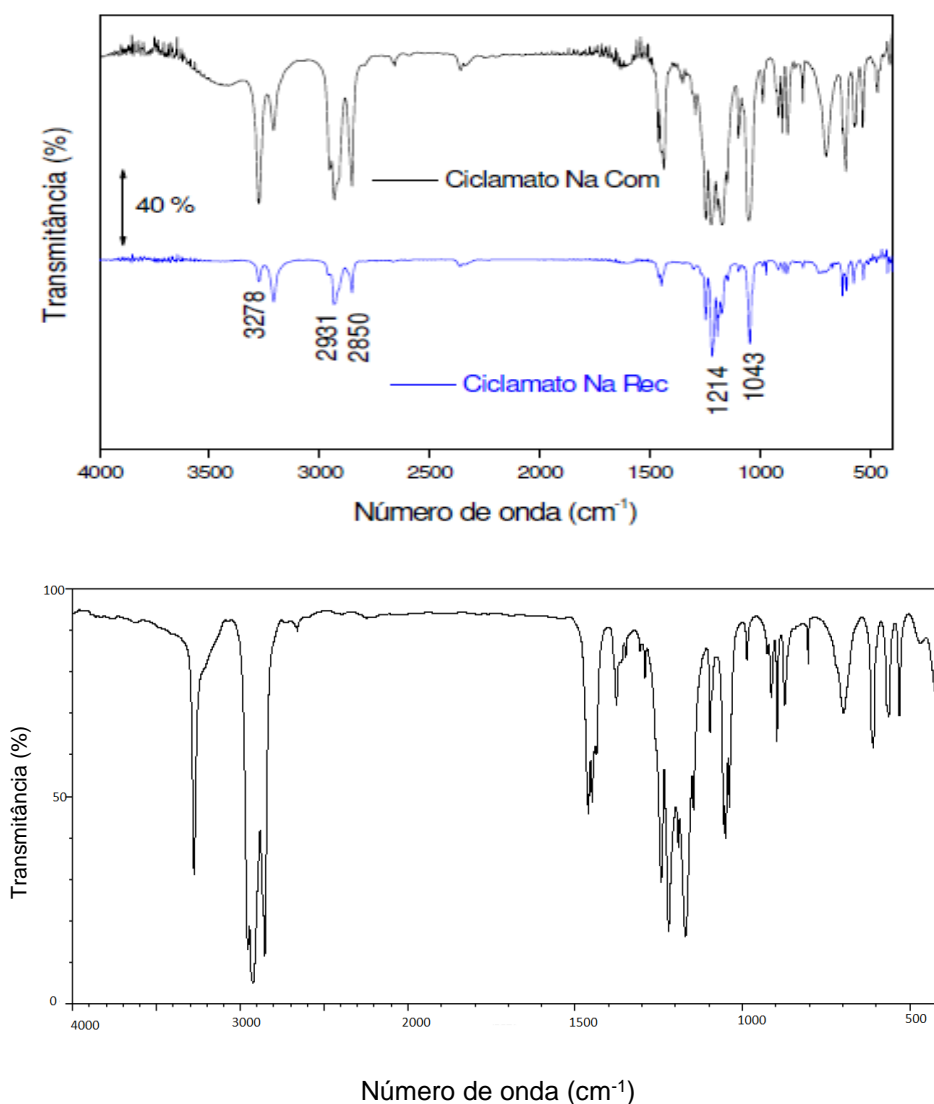


Figura 16. Espectros de absorção do ciclamato comercial e o recristalizados comparados ao espectro do ciclamato puro.

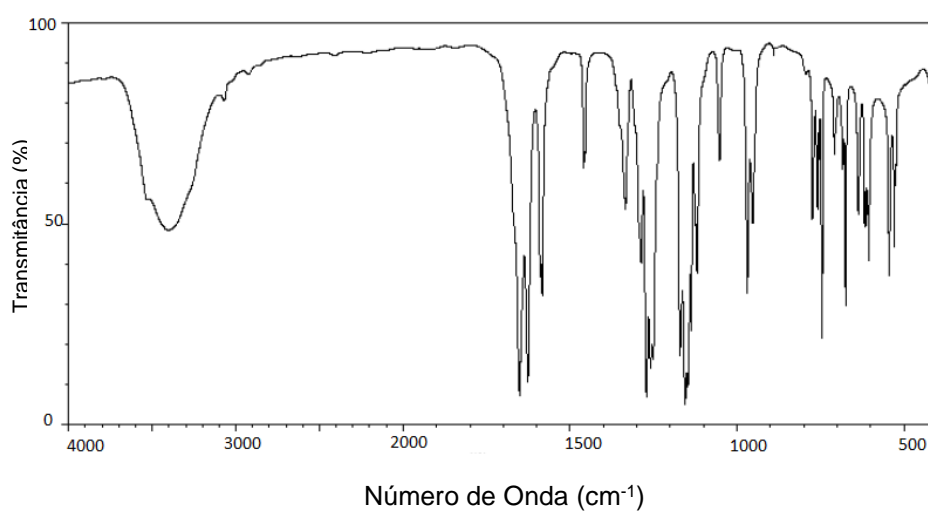
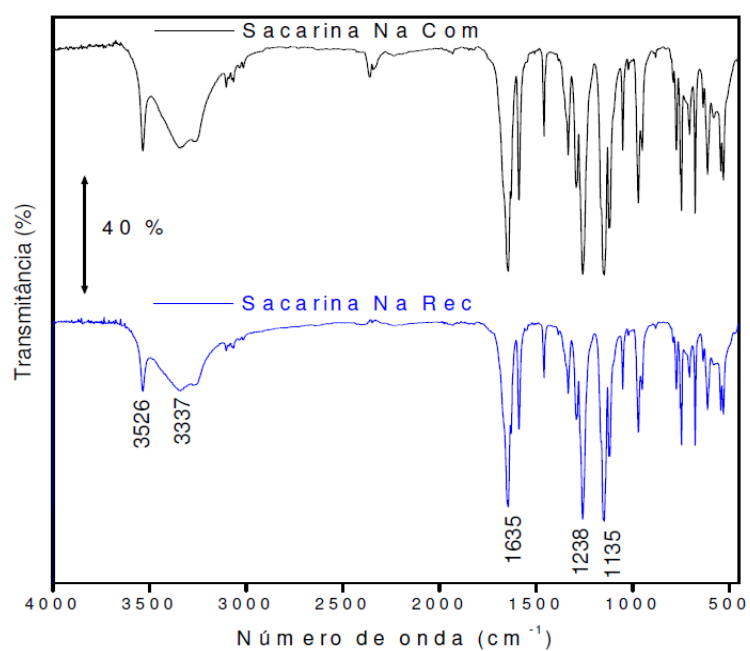


Figura 17: Espectro de Absorção na região do infravermelho da sacarina sódica comercial, recristalizada e pura.

Fonte: Carvalho, 2007.

Os resultados obtidos mostraram que a recristalização resultou em diferenças espectrais e térmicas pouco significativas, sugerindo grau de pureza elevado para estes compostos.

Após a desidratação, pode-se afirmar que os edulcorantes apresentaram a seguinte ordem de estabilidade: esteveosídeo < aspartame < sacarina sódica < ciclamato de sódio < acessulfame –K.

CAPÍTULO 3: ANÁLISE SENSORIAL

Um estudo sobre a aceitação de edulcorantes foi realizado através da análise sensorial empregando teste de aceitação em escala hedônica (gostei muitíssimo até desgostei muitíssimo).

As amostras analisadas foram os edulcorantes: sucralose /acesulfame –K, stévia e aspartame empregados para adoçar suco de limão natural.

3.1 ELABORAÇÕES DOS SUCOS

Três amostras codificadas com algarismos de 1 dígito, escolhidos aleatoriamente, elaboradas no laboratório de Química da Faculdade Campo Limpo Paulista e adoçadas com edulcorantes.

A quantidade de edulcorante utilizada nos sucos foi proporcional à quantidade de açúcar tradicional utilizado para promover o mesmo teor de doçura, levando em conta a recomendação do fabricante.

A amostra codificada com o número 1 foi referente ao suco feito com o adoçante de marca comercial Finn sob a forma líquida, que possui, em sua composição, o edulcorante artificial Aspartame.

A amostra codificada com o número 2 foi referente ao suco feito com o adoçante de marca comercial Doce Menor sob a forma líquida, que possui, em sua composição, o edulcorante natural Stévia.

A amostra codificada com o número 3 foi referente ao suco feito com o adoçante de marca comercial Finn sob a forma líquida, que possui, em sua composição, os edulcorantes artificiais sucralose e acessulfame-k.

3.2 ANÁLISE SENSORIAL

Quarenta e dois (42) indivíduos foram selecionados como julgadores voluntários e não treinados, alunos da Faculdade Campo Limpo Paulista – Faccamp, com faixa etária entre 20 e 40 anos, sendo 57,14% (n=24) pertencentes ao sexo feminino e 42,85% (n=18), pertencentes ao sexo masculino.

O estudo foi previamente encaminhado ao Comitê de Ética e Pesquisa da Instituição, onde foi constatado que não seria necessário o aval do Comitê por não se tratar de uma pesquisa científica.

Os julgadores tiveram o auxílio de uma ficha de resposta para teste de aceitação, contendo uma escala hedônica de 9 pontos, com os termos gostei extremamente (9) e desgostei extremamente (1) a fim de avaliar o atributo sabor das 3 amostras.

A ficha de resposta para teste de aceitação utilizada no julgamento das amostras encontra-se no Anexo 1.

As 3 amostras foram apresentadas em copos descartáveis brancos de 50 mL codificados com um algarismo.

Água mineral sem gás em copo plástico de 100 ml de capacidade para serem consumidos entre as amostras a fim de lavar as papilas gustativas e retirar resquício da amostra anterior de modo que seu sabor não interferisse na seguinte amostra.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise sensorial é uma técnica que permitem perceber, mostrar, medir, analisar, identificar e interpretar as reações das propriedades sensoriais dos alimentos.

É uma análise indispensável para a indústria alimentícia, pois através dela pode se determinar a qualidade de um determinado produto, averiguar a percepção e a reação humana diante dos atributos de um alimento, analisar se o produto avaliado tem qualidade superior aos produtos concorrentes, verificar se formulações diferentes são melhores ou piores que a original.

Para que os edulcorantes obtenham uma boa aceitação por parte dos consumidores, é necessário que, além de sua segurança absoluta seja comprovada, eles apresentem características sensoriais agradáveis e com doçura semelhante à da sacarose. (BIACCHI, 2006).

Vale ressaltar que a única forma de se avaliar a aceitação de um edulcorante é através de uma análise sensorial.

Na análise estatística dos dados, no atributo sabor, quanto maior a média atingida pelas amostras, maior é a sua aceitação.

Estatisticamente, amostra mais aceita entre os julgadores foi a Sucralose/ Acesulfame-K, o resultado foi obtido através da soma das notas dadas pelos julgadores como mostra na tabela 4 e na figura 18.

O índice de aceitação das amostras entre os julgadores femininos e masculinos também foram obtidos através da soma das notas cedidas por eles, como mostra na tabela 5 e na figura 19.

Tabela 4: Somatória das notas entre os julgadores.

Voluntários	Aspartame	Glicosídeo de Esteviol	Sucralose/ Acessulfame-K
1	7	6	8
2	2	3	2
3	3	7	8
4	7	8	9
5	1	5	9
6	7	8	6
7	8	9	9
8	8	9	5
9	5	6	8
10	9	8	7
11	5	5	5
12	5	3	1
13	4	6	6
14	6	7	8
15	8	5	7
16	7	3	8
17	3	9	7
18	7	5	8
19	6	4	2
20	6	8	5
21	8	7	6
22	1	4	5
23	7	2	5
24	6	8	5
25	9	5	6
26	8	8	8
27	9	6	7
28	8	5	8
29	7	6	5
30	8	7	9
31	7	7	9
32	6	8	7
33	7	8	8
34	6	5	3
35	7	8	6
36	8	7	6
37	3	6	7
38	3	5	9
39	6	8	1
40	7	5	8
41	8	9	9
42	2	9	8
Total	255	267	273

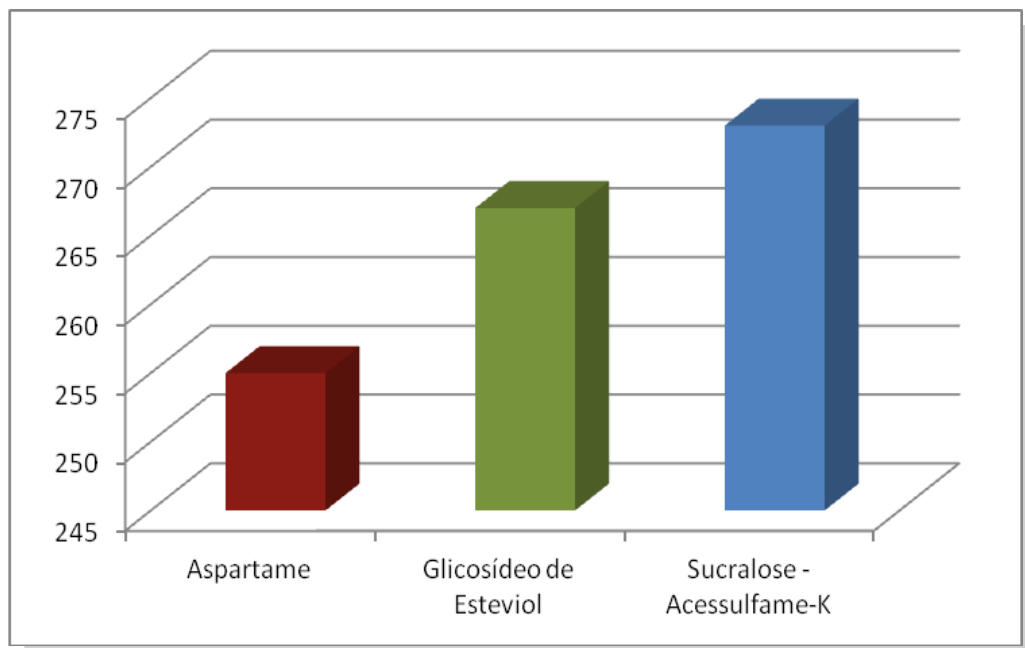


Figura 18: Índices de aceitação das amostras.

Tabela 5: Somatória das notas entre julgadores masculinos e femininos.

Voluntários	Aspartame	Glicosídeo de Esteviol	Sucralose/Acessulfame-K
Masculino			
1	7	2	5
2	6	8	5
3	9	5	6
4	8	8	8
5	9	6	7
6	8	5	8
7	7	6	5
8	8	7	9
9	7	7	9
10	6	8	7
11	7	8	8
12	6	5	3
13	7	8	6
14	8	7	6
15	3	6	7
16	3	5	9
17	6	8	1
18	7	5	8
Total	122	114	117
Feminino			
1	8	9	9
2	2	9	8
3	7	6	8
4	2	3	2
5	3	7	8
6	1	5	9
7	7	8	6
8	8	9	9
9	8	9	5
10	5	6	8
11	9	8	7
12	5	5	5
13	5	3	1
14	4	6	6
15	6	7	8
16	8	5	7
17	3	9	7
18	7	5	8
19	6	4	2
20	6	8	5
21	8	7	6
22	1	4	5
23	7	8	9
24	7	3	8
Total	133	153	156

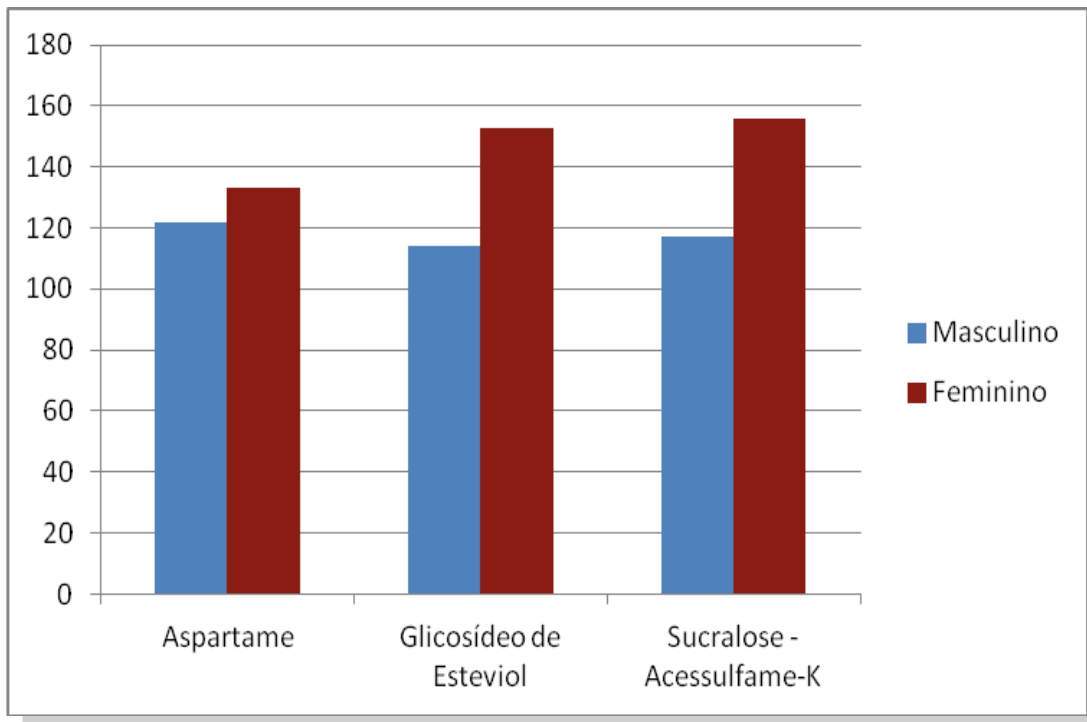


FIGURA 19: Índices de aceitação das amostras entre julgadores masculinos e femininos.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir deste estudo sobre a aceitação dos edulcorantes avaliados que o adoçante mais aceito, com a maior soma de notas, foi a sucralose/acessulfame-K.

O edulcorante mais aceito pelos julgadores de sexo masculino foi o edulcorante contendo aspartame, enquanto que para os julgadores femininos houve pouca diferença nas notas entre os edulcorantes sucralose/acessulfame-K e glicosídeo de esteviol, os de maior nota.

Deve-se observar que há diferenças significativas entre as notas conferidas para os 3 edulcorantes , principalmente entre os voluntários masculinos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

✓ Do presente estudo pode-se concluir que os edulcorantes atingem o objetivo de conferir sabor doce aos alimentos e bebidas, com graus variados de doçura.

✓ Os estudos toxicológicos realizados até o presente revelam que, entre os edulcorantes aqui abordados, não há riscos toxicológicos dentro dos valores de ingestão diária aceitável recomendados pela legislação através da ANVISA.

✓ Os testes de aceitação dos edulcorantes avaliados, acessulfame-K/sucralose (sintético), aspartame (sintético) e glicosídeo de esteviol (natural) revelaram que os julgadores do sexo feminino aceitaram e conferiram notas elevadas aos edulcorantes sucralose/acessulfame –K, enquanto os julgadores masculinos conferiram, em média, nota menor que os julgadores femininos para o adoçante mais aceito, aspartame.

✓ Os edulcorantes são a única possibilidade de “adoçar” para os indivíduos que apresentam restrições calóricas, seja por alteração de peso, sejam problemas fisiológicos mais graves como o diabetes, sendo por isso, importante o estudo de suas preferências e grau de aceitação, principalmente quando novos produtos estão para serem disponibilizados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, L. T. **Espectrometria de Raios-X Aliada à Quimioterapia no Estudo de Vegetais. Dissertação (Mestrado)** , Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007, 106 p.

ARAÚJO, DE B. DANILO.; BARRAL T.; ARAÚJO DE C. P. ROBERTO. **Análise das Características de Produto Contendo Aspartame Comercializados em Salvador, Bahia, Brasil.** João Pessoa, n.8, p. 223-228, maio/ago. 2008.

ARAÚJO, P. T. **Emprego de Espectroscopia no Infravermelho e Métodos Quimiométricos para a Análise direta de Tetraciclinas em Leite Bovino. Dissertação (Mestrado)** , Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007, 96 p.

ARRUDA, J. G. F.; MARTINS, A. T.; AZOUBEL, R. *Ciclamato de sódio e rim fetal Sodium cyclamate and fetal kidney.* **Revista Brasileira de Saúde Materna Infantil**, v.3, n. 2, p. 147-150, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14141: Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1998.

ATKINS, W. P. **Moléculas.** 1ª ed. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 2000. P.105-107 .

BARREIROS, C. R. Adoçantes Nutritivos e Não Nutritivos. *Nutritive and Non – Nutritive Sweeteners.* **Rev. Fac. Ciênc. Méd. Sorocaba**, v. 14, n. 1, p. 5 - 7, Mar./ 2012.

BASTOS, M .R. J.; PINZAN, A.; ELIAS, F. **Influência do complexo flúor-xilitol no controle de placa dentária e do sangramento gengival em pacientes**

herbiátricos com aparelho ortodôntico fixo. Maringá, v. 11, n. 5, p. 42-56, set./out. 2006.

BIACCHI, M. SIMONE. **Análise Qualitativa e Sensorial de Edulcorantes em Bolo Caseiro.** Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharel em Nutrição – Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2006.

CARDELLO, B. A. M. H.; SILVA, A. P. A.; DAMÁSIO, H. M. **Análise tempo-intensidade dos estímulos doce e amargo de extrato de folhas de estévia [*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni] em doçura equivalente a sacarose.** Campinas, v.19, n. 1,p.1-21, jan./abr. 1999.

CARVALHO, DE C. L. **Estudos termoanalíticos dos edulcorantes acessulfame-k, aspartame, ciclamato, esteviosídeo e sacarina.** 2007. Dissertação (Mestrado), Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CASTRO, G.P. A.; FRANCO, J. L. **Caracterização do Consumo de Adoçantes alternativos e Produtos Dietéticos por Indivíduos Diabéticos.** São Paulo, v. 46, n. 3, p. 280-287, jun. 2002.

CAVALLINI, U. C. DANIELA.; BOLINI, A. M. HELENA. Comparação da percepção temporal de doçura, amargor e sabor de fruta em suco de manga reconstituído e adoçado com sacarose, mistura ciclamato/sacarina 2:1, aspartame, sucralose e estévia. **Boletim CEPPA**, Curitiba, PR, v. 23, n.2, p. 361-382, 2005.

COELHO, M. D. S. C. **O formaldeído em Ambiente Laboral: Determinação do Ácido Fórmico em Urina de Trabalhadores de uma Fábrica produtora de Formaldeído.** Dissertação (Mestrado) , Toxicologia Analítica, Clínica e Forense- Universidade do Porto, Porto, 2009, 128 p.

CORRER, J. C. **Efeito de um Programa de Seguimento Farmacoterapêutico em Pacientes com *Diabetes Mellitus* Tipo 2 em Farmácias Comunitárias.** Tese (Doutorado) Fac. Medicina , Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008, 212 p.

FARIA, P.; RETONDO, G. C. **Química das Sensações**. 2ª ed. Campinas. Editora Átomo, 2008. P. 129-150.

FATIBELLO-FILHO O.; VIEIRA, C. I.; GOUVEIA, T. S.; CALAFATTI, A. S. **Adoçantes Artificiais**. Química Nova, 19(3), 1996.

FERNANDES, M. P. A.; PACE, E. A.; ZANETTI, L. M.; FOSS, C. M.; DONADI, A. E. Fatores Imunogenéticos Associados ao *Diabetes Mellitus* do tipo 1. **Rev. Latino-am Enfermagem**, Ribeirão Preto, 13(5):743-9, set.out. 2005.

FIGUEIRA, J. **Toxicidade do Aspartame: Desafio Ético**. 2012. P.01-14. Mestrado em Bioquímica Aplicada. Universidade da Madeira, Funchal, 2012.

FREIRE, L. M. R. **Estudo da Estabilidade Térmica de Adoçantes Naturais e Artificiais**. Dissertação (Mestrado) Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010, 130 p.

FREITAS, S. A. ARAÚJO, B. A. Edulcorante Artificial: Aspartame – uma revisão de literatura. **Revista Eletrônica Multidisciplinar Pindorama do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA**, Bahia, n. 01, p.01-08, agosto 2010.

GOTO, A. **Avaliação da Clarificação de Subproduto da Extração de Esteviosídeo por Troca Iônica**. 2004. P. 217. Doutorado em Ciências de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

GOTO, A. CLEMENTE, E. **Influência do Rebaudiosídeo A na solubilidade e no sabor do esteviosídeo**. Maringá, Ciênc. Tecnol. Alimentos, vol.18, n.1 Campinas Jan./Abr.. 1998.

GROSS, L. J.; SILVEIRO, P. S.; CAMARGO, L. J.; REICHELT, J. A.; AZEVEDO, J. M. **Diabetes Melito: Diagnóstico, Classificação e Avaliação do Controle Glicêmico**, Porto Alegre, Arq. Bras. Endocrinol. Metab. v. 46, n. 1, Fev. 2002.

INMETRO. **Edulcorantes e suas características.** Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/adocantes.pdf>. Acessado em 07/06/2012

KIMURA, A. I.; CANO, B. C.; MARTINS, S. M.; NAGATO, A. F. L. **Determinação de sucralose em néctares de frutas “light” por CLAE-IR.** *Determination of sucralose in light nectars by HPLC-RI.* São Paulo, 66(3): 249-255, 2007.

LOURENÇO, S. Aspartame sabor doce, que dissabores? Portugal, **Nutricias**, n.05, p. 20-23, maio, 2005.

MAIA, A. C. M.; GALVÃO, K. L. G. P. A.; MODESTA, D. C. R.; PEREIRA, J. N. **Avaliação sensorial de sorvetes à base de xilitol.** *Sensory evaluation of ice creams prepared with xylitol.* Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 28, no.1, 146-151, jan.-mar. 2008.

MARTINI, R. **Formulação de doces cremosos à base de frutas com baixo teor de sólidos solúveis e diferentes edulcorantes.** Dissertação (Mestrado) Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008, 110 p.

MARTINS, M. R. I.; AZOUBEL, R. **Efeitos do Aspartame no Rim Fetal de Ratos- Estudo Cariométrico.** São José do Rio Preto, J.Bras. Nefrol. Vol.28, n.3, p. 151-157, Set., 2006.

MIOTTO, M. M. D.; MACHADO, F. C. R. N. **Purificação do subproduto do processo de extração de esteviosídeo.** Maringá, 24(1): 146-150 jan./mar. 2004.

MUSSATO, I. S.; ROBERTO, C. I. Xilitol: Edulcorante com Efeitos benéficos para a saúde humana. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, Lorena, v. 38, n.04, Out./Dez., 2012.

NATIVIDADE, P. D.; RODRIGUES, A. G. C. D.; VIEIRA, S. V. Xenobióticos: frequência da inserção na dieta alimentar dos adoçantes artificiais com destaque para o Aspartame, Ciclamato de Sódio e Sacarina Sódica - possíveis efeitos adversos. **Revista Práxis**, Rio de Janeiro, ano III, nº 5, jan. 2011.

OLIVEIRA, Q. MICHELLE. **Adoçantes Sintéticos: Aspectos Fisiológico, Nutricional e Toxicológico**. Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Química – FACP - Instituto de Educação Superior São Paulo, Paulínia, 2008, 46 p.

ORNELLAS, R. F.; NETO, R. O. **Teorias Moleculares do Sabor Doce. Análise o Modelo de Shallenberger Via Cálculos Mecânico-Quânticos de Propriedades Moleculares das 2-R-5-Nitroanilinas**. Química Nova, v.11, no. 2, 271-274, 1987.

PACHIONE, R. Indústria do diet engorda as vendas. **Revista Química e Derivados on line**, Set. 2003. Ed. 419.

PACKER, F. J. **Modificação enzimática de glicosídeos de Stevia Rebaudiana por Gibberella fujikuroi**. **Dissertação (Mestrado)** Fac. de Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 89 p.

PEREIRA, F. F. A. **Possíveis estratégias para a prevenção de otite média aguda: estudo in vitro da liberação de xilitol em saliva artificial após aplicação de verniz em diferentes concentrações**. **Dissertação (Mestrado)** Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo, Bauru, 2007, 119 p.

PEREIRA, F. F. A.; SILVA, C. T.; CALDANA L. M.; MACAHADO, M. A. A. M.; BUZALAF, R. A. M. **Revisão de Literatura: Utilização do Xilitol para a Prevenção de Otite Média Aguda**. Arq. Int. Otorrinolaringol. / Intl. Arch. Otorhinolaryngol., São Paulo, v.13, n.1, 87-92, 2009.

PEREIRA, V. A.; MARCOLINO-JUNIOR LH.; FATIBELLO-FILHO O. **Determinação espectrofotométrica de aspartame em adoçantes por injeção em fluxo usando**

um reator em fase sólida contendo fosfato de zinco imobilizado. Química Nova, v. 23, no. 2, 167-172, 2000.

POLÔNIO, T. L. M.; PERES, F. **Consumo de Aditivos Alimentares e Efeitos à Saúde: Desafios para a Saúde Pública Brasileira.** Cadernos de Saúde Pública, v. 25, no. 8, 1653-1666, 2009.

PORTUGAL, P. E. **Influência de Fungos Micorrízicos Arbusculares, Sistemas de Cultivo e Parâmetros pós-colheita na concentração de esteviosídeos e desenvolvimento de Stevia rebaudiana (BERT.) Bertoni.** 2006. Tese (Doutorado) Fac. de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006, 114 p.

REIS, C. **Efeitos de Adoçante Dietético (Aspartame) e da Sacarose no peso corporal e na ingestão calórica de ratos wistar.** Dissertação (Mestrado) , Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2010, 65p.

REIS, S. A. **Ligações de Hidrogênio no Cotidiano – uma Contribuição para o Ensino de Química.** 2008. Dissertação (Mestrado) , Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008, 79 p.

RIBEIRO, F. L. **Uso de Espectroscopia Infravermelho e Análise Multivariada para Previsão de ácidos Graxos em Linhaça Dourada e Marrom.** 2012. Dissertação (Mestrado) Engenharia de Alimentos – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012, 119 p.

SANTOS, R. J.; ENUMO, F. R. S.; **Adolescentes com Diabetes Mellitus Tipo 1: Seu Cotidiano e Enfrentamento da Doença.** Espírito Santo, Psicologia: Reflexão e Crítica, p. 411-425. Fev./2003.

SARTORELLI, S. D.; CARDOSO, A. M. **Associação Entre Carboidratos da Dieta Habitual e *Diabetes Mellitus* Tipo 2: Evidências Epidemiológicas**. Ribeirão Preto, Arq. Bras. Endocrinol. Metab., vol 50, nº 3, Jun. 2006.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2002. P. 342-345.

SOLBERG-COLLETT, F. P. Cetoacidose diabética em crianças: revisão da fisiopatologia e tratamento com o uso do “método de duas soluções salinas”. **Jornal de Pediatria**, Durham. USA, Vol. 77, N°1, 2001. P. 9-16.

SOUSA, R. R.; CASTRO, D. R.; MONTEIRO, H. C.; SILVA, C. S.; NUNES, B. A. **O Paciente Odontológico Portador de Diabetes Mellitus: Uma Revisão da Literatura**, João Pessoa, v. 3, n. 2, p. 71-77, jul./dez. 2003.

SVS/MS. **Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997**. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d1b6da0047457b4d880fdc3fbc4c6735/POR_TARIA_540_1997.pdf?MOD=AJPERES

TAMANINI, C.; HAULY, O.C.M. **Resíduos agroindustriais para produção biotecnológica de xilitol**. Agro-industrial residues in biotechnological production of xylitol. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 25, n. 4, p. 315-330, out./dez. 2004.

TORLONI, R. M.; NAKAMURA, U. M.; MEGALE, A.; SANCHEZ S. H. V.; MANO C. FUSARO, S. A.; MATTAR R. R. O uso de adoçantes na gravidez: uma análise dos produtos disponíveis no Brasil. *The use of sweeteners in pregnancy: an analysis of products available in Brazil*. **Revista Brasileira Ginecologia Obstetrícia**, São Paulo, p. 267-275, abril 2007.

TOZETTO, A.; DEMIATE M. I.; NAGATA, N. **Análise exploratória de adoçantes de mesa via espectroscopia no infravermelho (FTIR) e análise por componentes principais (ACP)**. Exploratory analysis of commercial sweeteners by

infrared spectroscopy (FTIR) and principal component analysis (PCA). *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 27(4): 723-728, out.-dez. 2007.

TOZETTO, A. **Controle de Qualidade de Edulcorantes em Adoçantes Comerciais Via Espectrometria e Métodos de Calibração Multivariada**. 2005. P.25-26. Dissertação Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

VIGGIANO, E. CELESTE. **O produto dietético no Brasil e sua Importância para Indivíduos Diabéticos**. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, v.1, n 1, p. 37-42, 2003.

WARKENTIN, S.; MOURA, M.; SANTOS, F.; SIMONY, R. F. Diabetes Mellitus: Evolução Histórica e Dietoterápica. **Revista Multidisciplinar do Diabetes, Obesidades e das Patologias Associadas**, São Paulo, n.04, p.325-334, jul-ago 2008.

ZABAGLIA, R.; ASSUMPÇÃO, O. C.; URTADO, B. C.; SOUZA, F. M. T. Efeito dos Exercícios Resistidos em Portadores de Diabetes Mellitus. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v.3, n.18, p.547-558. Nov/Dez. 2009. ISSN 1981-9900.

ANEXO 1 – FICHA DE RESPOSTA PARA TESTE DE ACEITAÇÃO

Idade: _____ Sexo: _____

Amostra:	Julgador:	Data:
Você está recebendo três amostras codificadas. Avalie globalmente cada uma segundo o grau de gostar ou desgostar, utilizando a escala abaixo.		
(9) gostei extremamente	_____	()
(8) gostei moderadamente		
(7) gostei regularmente	_____	()
(6) gostei ligeiramente		
(5) não gostei, nem desgostei	_____	()
(4) desgostei ligeiramente		
(3) desgostei regularmente		
(2) desgostei moderadamente		
(1) desgostei extremamente		
Comentários:		

Fonte: ABNT, NBR 14141, 1998.

ANEXO 1 – FICHA DE RESPOSTA PARA TESTE DE ACEITAÇÃO

Idade: _____ Sexo: _____

Amostra:	Julgador:	Data:
Você está recebendo três amostras codificadas. Avalie globalmente cada uma segundo o grau de gostar ou desgostar, utilizando a escala abaixo.		
(9) gostei extremamente	_____	()
(8) gostei moderadamente		
(7) gostei regularmente	_____	()
(6) gostei ligeiramente		
(5) não gostei, nem desgostei	_____	()
(4) desgostei ligeiramente		
(3) desgostei regularmente		
(2) desgostei moderadamente		
(1) desgostei extremamente		
Comentários:		

Fonte: ABNT, NBR 14141, 1998.

