



JÉSSICA SOUSA GUIMARÃES

**PREBIÓTICO E EDULCORANTES NATURAIS COMO
ALTERNATIVAS SAUDÁVEIS À SUBSTITUIÇÃO DE
SACAROSE EM IOGURTE**

**LAVRAS – MG
2018**

JÉSSICA SOUSA GUIMARÃES

**PREBIÓTICO E EDULCORANTES NATURAIS COMO ALTERNATIVAS
SAUDÁVEIS À SUBSTITUIÇÃO DE SACAROSE EM IOGURTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Ana Carla Marques Pinheiro
Orientadora

Profa. Dra. Sabrina Carvalho Bastos
Co-orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Guimarães, Jéssica Sousa.

Prebiótico e edulcorantes naturais como alternativas saudáveis
à substituição de sacarose em iogurte / Jéssica Sousa Guimarães. -
2018.

90 p.

Orientador(a): Ana Carla Marques Pinheiro.

Coorientador(a): Sabrina Carvalho Bastos.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Prebiótico. 2. Edulcorantes naturais. 3. Iogurte. I. Pinheiro,
Ana Carla Marques. II. Bastos, Sabrina Carvalho. III. Título.

JÉSSICA SOUSA GUIMARÃES

**PREBIÓTICO E EDULCORANTES NATURAIS COMO ALTERNATIVAS
SAUDÁVEIS À SUBSTITUIÇÃO DE SACAROSE EM IOGURTE**

**PREBIOTICS AND NATURAL SWEETENERS AS HEALTHY
ALTERNATIVES TO REPLACE SUCROSE IN YOGURT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de Fevereiro de 2018.

Dra. Sabrina Carvalho Bastos

UFLA

Dr. Adriano Gomes da Cruz

IFRJ

Profa. Dra. Ana Carla Marques Pinheiro

Orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por se fazer presente em cada instante da minha vida e em inúmeros momentos me conduziu, dando-me forças, sabedoria, serenidade e, principalmente, me fortalecendo para que pudesse a cada dia estar mais próxima de conquistar meus sonhos e objetivos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Programa de Pós-graduação em Ciências dos Alimentos, ao Departamento de Ciências dos Alimentos (DCA) por toda contribuição na minha formação e capacitação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

À minha orientadora Ana Carla pela oportunidade da orientação, por acreditar e confiar no meu trabalho, pelas inúmeras possibilidades de crescimento e, principalmente, pelo carinho, amizade e atenção. À minha co-orientadora Sabrina por estar sempre disposta a colaborar e pelos ensinamentos enriquecedores que possibilitaram a idealização deste trabalho. Obrigada por terem compartilhado e fazerem parte da minha história profissional e pessoal.

Ao docente Adriano Gomes pela gentileza em participar da banca, colaborando com o trabalho.

À docente Vanessa Rios de Souza por toda ajuda e ensinamentos.

À toda a equipe Verde Campo pela parceria e credibilidade que depositaram no trabalho, doando os iogurtes para o desenvolvimento do estudo. O meu muito obrigado pelo comprometimento e seriedade com a pesquisa!

Aos meus pais, Osvaldo e Marli, pelo amor incondicional e por sempre estarem ao meu lado me apoiando e dividindo comigo os meus projetos pessoais. Em todos os dias, principalmente nos dias quando tudo parecia desmoronar aos meus pés, me dedicaram atenção, amor, carinho e incentivo para buscar força interior e seguir sempre em frente. E como diz Rui Barbosa: “Se um dia, já homem feito e realizado, sentires que a terra cede a teus pés, que tuas obras desmoronam, que não há ninguém à tua volta para te estender a mão, esquece a tua maturidade, passa pela tua mocidade, volta à tua infância e balbucia, entre lágrimas e esperanças, as últimas palavras que sempre te restarão na alma: MINHA MÃE, MEU PAI?”. Obrigada por tudo, amo muito vocês!

Aos meus irmãos, Angélica e Igor, por todo carinho, amor, confiança e por alegrarem meus dias pelo simples fato da existência em minha vida.

À toda a equipe do Laboratório de Análise Sensorial por terem me acolhido e pelo empenho em auxiliar na execução do meu projeto. Gostaria de agradecer especialmente a técnica Cidinha pelos inúmeros conselhos sábios, pelo envolvimento e disposição em me ajudar e as minhas amigas Daniela (Dani), Michele (Mih), Kátia (Katita), Juliana (Jú), Letícia (Benzinho) e Ana Alice pela parceria, risadas, confraternizações e tentativas bem e mal sucedidas. Saibam que cada uma, de forma particular, tornaram a caminhada mais leve e prazerosa. Vocês são essenciais na minha vida!

Às minhas amigas Michele (Mih) e Isabel (Bel) pela amizade e colaboração com o trabalho, tornando possível sua realização e conclusão. Muito obrigada e por várias vezes me senti aliviada por saber que podia contar com vocês!

Aos meus queridos provadores pela preciosa participação ao decorrer do experimento, nada seria possível sem a colaboração e compromisso de cada um com a realização das análises sensoriais.

Aos meus amigos e colegas, em especial, Ana Beatriz (Bia), Mariana Mirelle (Mari), Lorena, Ana Paula (Paulinha), Sérgio, Mariana Crivelari, Jéssyca, Rafael, Ana Elisa, Tina, Creusa, Camila, Lucilene, Renata e Isabele.

Enfim, a todos os meus amigos e familiares que indiretamente ou diretamente compartilharam desta conquista.

MUITO OBRIGADA!

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

A ingestão excessiva de sacarose apresenta-se como um dos fatores de risco para as doenças crônicas não transmissíveis, tais como a obesidade, diabetes e síndrome metabólica. Nesse contexto, os consumidores têm demonstrado um crescente interesse em um planejamento alimentar saudável e equilibrado, buscando no mercado opções de produtos que satisfaçam as tendências de saudabilidade, bem-estar, praticidade e conveniência. Com isso, neste trabalho objetivou-se: (i) determinar a equivalência e a potência de doçura do prebiótico fruto-oligossacarídeo (FOS) e de edulcorantes naturais (stévia, xilitol, isomaltulose) em relação à sacarose em iogurtes; (ii) caracterizar o perfil sensorial dos iogurtes com prebiótico e edulcorantes naturais por meio de testes sensoriais descritivo e temporal, tais como o Check-All-That-Apply (CATA) e o Tempo-Intensidade (TI) e (iii) avaliar a aceitação dos iogurtes pelos consumidores. Avaliou-se um total de cinco amostras de iogurtes sendo elas adoçadas com sacarose, stévia, xilitol, isomaltulose e FOS e os testes sensoriais foram realizados por voluntários consumidores de iogurtes. Para determinar a equivalência e potência de doçura utilizou-se o método de escala de magnitude, sendo a concentração ideal de sacarose em iogurtes de 5,1%. Na análise de tempo-intensidade avaliou-se a intensidade de doçura das amostras ao longo do tempo de ingestão. Em relação à análise CATA, os consumidores foram solicitados a selecionarem atributos que caracterizavam cada amostra e em seguida avaliar a aceitação. Para a concentração ideal de 5,1% de sacarose, a stévia, o xilitol, a isomaltulose e o FOS devem ser adicionados ao iogurte nas concentrações de 0,0263%; 6,10%; 18,20% e 23,88%, respectivamente. Quanto à análise de tempo-intensidade, as amostras demonstraram perfil temporal de intensidade de doçura similar à sacarose, entretanto o FOS e a isomaltulose apresentaram intensidades maiores. No que diz respeito à análise CATA e aceitação, os iogurtes adoçados com FOS e isomaltulose foram caracterizados como viscosos, consistentes/encorpados, cremosos, aerados, aveludados, gosto doce e sabor característico de iogurte natural, sendo que essas características contribuíram para que as amostras fossem as preferidas pelos consumidores com média de aceitação de 5,58 e 5,84, respectivamente. O iogurte adoçado com sacarose apresentou as mesmas características de sabor do FOS e da isomaltulose, porém com textura líquida e também foi bem aceito pelos consumidores com média de 5,01. Já as amostras com xilitol e stévia foram descritas por apresentarem sabor de leite fermentado, gosto ácido e amargo, sabor metálico, gosto residual e líquido, e tais características contribuíram para que as amostras fossem menos preferidas pelos consumidores com médias de 4,58 e 4,09, respectivamente. Com base nos resultados, o FOS e a isomaltulose mostraram-se potenciais substitutos da sacarose em iogurtes, sendo bem aceitos pelos consumidores e agregando valor nutricional ao produto com efeitos benéficos para a saúde.

Palavras – chave: Fruto-oligossacarídeo. Isomaltulose. Xilitol. Glicosídeo de esteviol.

ABSTRACT

Excessive sucrose intake is a risk factor for chronic noncommunicable diseases, such as obesity, diabetes and metabolic syndrome. In this context, consumers have been showing a growing interest in healthy and balanced food planning, seeking product options that meet health, wellness, practicality and convenience trends. This research aimed to: (i) determine the equivalence and sweetness potency of the prebiotic fructo-oligosaccharide (FOS) and natural sweeteners (stevia, xylitol, isomaltulose) in relation to sucrose in yogurts; (ii) characterize yogurt sensory profile with prebiotic and natural sweeteners by means of descriptive and temporal sensorial tests, such as Check-All-That-Apply (CATA) and Time-Intensity (TI); and (iii) evaluate yogurt acceptance by consumers. Five yogurt samples were evaluated, each of them sweetened with sucrose, stevia, xylitol, isomaltulose or FOS. Sensorial tests were carried out by yogurt-consuming volunteers. Magnitude scale method was used to determine sweetness equivalence and potency, considering yogurt ideal sucrose concentration 5.1%. In time-intensity analysis, the sweetness intensity of the samples was evaluated over the time of ingestion. Regarding CATA analysis, consumers were asked to select attributes that characterized each sample and then evaluate the acceptance. To amount to the ideal sucrose concentration, stevia, xylitol, isomaltulose and FOS should be added to the yogurt at concentrations of 0.0263%; 6.10%; 18.20% and 23.88%, respectively. As for the time-intensity analysis, the samples showed a sweetness-intensity temporal profile similar to sucrose, but FOS and isomaltulose presented higher intensities. Regarding CATA analysis and acceptance, the yogurts sweetened with FOS and isomaltulose were characterized as viscous, consistent / full-bodied, creamy, aerated, velvety, sweet taste and characteristic flavor of natural yogurt. These characteristics contributed to the fact that consumers preferred the samples with an average acceptance of 5.58 and 5.84, respectively. Yogurt sweetened with sucrose presented the same flavor characteristics as FOS and isomaltulose, but with a liquid texture and it was well accepted by consumers with an average of 5.01. The samples with xylitol and stevia were described as fermented milk flavor, acid and bitter taste, metallic taste, residual taste and liquid, and these characteristics contributed to the fact that the samples were the least preferred by consumers with an average of 4.58 and 4.09, respectively. Based on the results, FOS and isomaltulose are potential sucrose substitutes in yogurts being well accepted by consumers and adding nutritional value to the product with beneficial health effects.

Keywords: Fructo-oligosaccharide. Isomaltulose. Xylitol. Steviol glycoside.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

Figura 1 - Stevia rebaudiana Bertoni	17
Figura 2 - Estrutura química do Esteviosídeo (A) e Rebaudiosídeo A (B).	18
Figura 3 - Estrutura química do xilitol	21
Figura 4 - Conversão da sacarose em isomaltulose	24
Figura 5 - Curva e os parâmetros do Tempo-Intensidade	39

SEGUNDA PARTE

Figura 1-Função de potência linearizada para iogurte com sacarose, fruto-oligossacarídeo e edulcorantes naturais (stévia, xilitol e isomaltulose).....	65
Figura 2 - Perfil de tempo-intensidade de amostras de iogurtes adoçadas com sacarose e diferentes substitutos da sacarose.	70
Figura 3 - Análise de Componentes Principais e Análise de Agrupamento Hierárquico dos parâmetros das curvas de TI.	72
Figura 4 - Representação dos termos e das amostras de iogurtes na primeira e segunda dimensões da Análise de Correspondência realizada na tabela de contingência CATA.....	77
Figura 5 - Análise de componentes principais das notas de aceitação dos iogurtes.....	79

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

Tabela 1 - Concentrações das amostras de sacarose e substitutos da mesma utilizadas para determinar a equivalência de doçura em relação ao ideal de 5,1% de sacarose em iogurte.	59
Tabela 2 - Lista de atributos utilizados na análise CATA para caracterização dos iogurtes em relação ao perfil de sabor e textura.	61
Tabela 3 - Antilog do intercepto y (a), intercepto na ordenada (n), coeficiente linear de determinação (R^2) e função de potência (Power Function) dos resultados para determinação da doçura equivalente do FOS e edulcorantes naturais (stévia, xilitol, isomaltulose) em relação a concentração de sacarose de 5.1% em iogurte.	66
Tabela 4 - Concentração e potência dos edulcorantes naturais e do FOS equivalentes a concentração de 5.1% de sacarose em iogurte.....	66
Tabela 5 - Valores médias do painel sensorial para os parâmetros da curva de tempo-intensidade para o gosto doce.	69
Tabela 6 - Tabela de contingência de 5 amostras e 19 atributos e valor p do teste Q de Cochran para os atributos.	74
Tabela 7 - Valor p do teste de sinais de Wilcoxon para comparação pareada entre a sacarose e cada edulcorante natural e o prebiótico.	75
Tabela 8 - Valores médios e desvios-padrão de aceitação dos cinco iogurtes.....	79

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Consumo de sacarose e as implicações para a saúde.....	15
2.2	Substitutos da sacarose: edulcorantes naturais e prebiótico	16
2.2.1	Stévia (glicosídeo de esteviol).....	17
2.2.2	Xilitol.....	20
2.2.3	Isomaltulose.....	23
2.2.4	Fruto-oligossacarídeo (FOS).....	25
2.3	Prebióticos na alimentação humana	26
2.3.1	O consumo de alimentos funcionais e aceitação de produtos prebióticos.....	26
2.3.2	Conceito de prebiótico e a classificação	27
2.3.3	Legislação para alegação de alimento funcional, produto prebiótico e segurança no uso.....	29
2.3.4	Benefícios à saúde advindos do consumo de prebióticos.....	30
2.3.5	Aplicação tecnológica dos prebióticos em alimentos	32
2.4	Iogurtes.....	35
2.5	Análise Sensorial: uma ferramenta no desenvolvimento de novos produtos	36
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
	ARTIGO 1 – Prebiótico e edulcorantes naturais como alternativas saudáveis à substituição da sacarose em iogurte	51

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A sacarose é utilizada pela indústria com o intuito de melhorar o sabor e ação conservante, prolongando a vida útil dos alimentos processados. Segundo Carcho, Morales e Ferreira (2017), o gosto doce é uma preferência natural dos indivíduos em relação aos demais gostos básicos e associado às sensações de prazer e felicidade, contribuindo para que as indústrias alimentícias adicionassem a sacarose em seus produtos.

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA) (2018), cada brasileiro consome 30,07 Kg de sacarose por ano, sendo muito superior ao recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) de que a população consuma, no máximo, 50 g diárias ou 18,25 Kg por ano, porém os esforços são para que adultos e crianças reduzam a ingestão diária de açúcares para menos de 10% da ingestão energética total (OMS, 2018a).

Essas recomendações vêm de encontro com o aumento na prevalência das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), tais como o excesso de peso, obesidade, diabetes, síndrome metabólica, entre outras, que têm um dos fatores de risco, a ingestão excessiva de sacarose. Segundo a Pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (Vigitel) (2016), no período de dez anos (2006-2016) houve um aumento considerável no excesso de peso, sendo de 42,6% a 53,8%, na obesidade de 11,8% a 18,9% e no diabetes de 5,5% para 8,9% (BRASIL, 2017a).

Nesse contexto, os consumidores têm demonstrado um crescente interesse em assuntos envolvendo nutrição e alimentação proveniente do conhecimento de que um planejamento alimentar saudável e equilibrado está diretamente relacionado com os benefícios à saúde e a qualidade de vida. Por isso, buscam no mercado opções de produtos que satisfaçam as tendências de saudabilidade, bem-estar, praticidade e conveniência, especialmente pela carga horária de trabalho (GONZALEZ; ADHIKARI; SANCHO-MADRIZ, 2011).

A indústria de alimentos tem procurado desenvolver novos produtos em resposta às necessidades e os desejos atuais dos consumidores, já que essas tendências determinam fortemente a competitividade e permanência no mercado, contribuindo para que os

prebióticos e os edulcorantes naturais apresentem-se como potenciais substitutos saudáveis da sacarose em alimentos.

Os prebióticos são definidos como ingredientes alimentares não digeríveis pelas enzimas presentes no trato gastrointestinal humano e que se comportam como fibras alimentares, atuando como substratos específicos para as bactérias benéficas intestinais (VOLPINI-RAPINA; SOKEI; CONTI-SILVA, 2012).

Um dos principais prebióticos é o fruto-oligossacarídeo (FOS) que se apresenta como um potencial substituto para a sacarose devido a suas características desejáveis, tais como uma baixa intensidade de doçura, maior solubilidade que a sacarose, o fornecimento de pequenas quantidades de calorias e não cariogênico (YUN, 1996; SAAD, 2006; MABEL et al., 2008; DOMINGUEZ et al., 2014). Portanto, a possibilidade de agregar valor nutricional e melhorar algumas propriedades sensoriais de formulações alimentares, acentuando o sabor dos produtos, faz com que o uso de ingredientes prebióticos torne-se vantajoso (MORAIS et al., 2015). Outros potenciais substitutos naturais da sacarose são a stévia, o xilitol e a isomaltulose.

O iogurte é um produto que possui em sua formulação uma quantidade expressiva de açúcar, característica indesejável pelos consumidores que tem buscado uma alimentação saudável, porém o produto está presente no hábito alimentar da população brasileira, incluindo as crianças. Neste contexto e acrescido ao fato do produto ser uma matéria-prima viável para ser adicionado de outros ingredientes como o FOS e os edulcorantes naturais, este se apresenta como uma alternativa à indústria de laticínios para reduzir o teor de açúcar ou até mesmo a total substituição utilizando os edulcorantes.

Diante do exposto, os objetivos nesse trabalho foram: i) estudar a equivalência e a potência de doçura do FOS e de edulcorantes naturais (stévia, xilitol, isomaltulose) em relação a sacarose em iogurte; ii) caracterizar o comportamento das características sensoriais dos iogurtes por meio de testes sensoriais dinâmico e temporal, tais como o Check-All-That-Apply (CATA) e o Tempo-Intensidade (TI) e iii) avaliar a aceitação pelos consumidores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Consumo de sacarose e as implicações para a saúde

Os indivíduos apresentam uma tendência natural por preferirem alguns estímulos como o gosto doce em relação aos demais (ácido e amargo), o que contribuiu para que a indústria alimentícia adicionasse uma quantidade excessiva de sacarose aos produtos industrializados, tais como em cereais matinais, leites adoçados, iogurtes, sorvetes e bebidas açucaradas, estimulando o prazer de comer e, conseqüentemente, as vendas e comercialização dos produtos (OLIVEIRA et al., 2016; CAROCHO; MORALES; FERREIRA, 2017).

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA) (2018), cada brasileiro consome 30,07 Kg de sacarose por ano, sendo muito superior ao recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) de que a população consuma, no máximo, 50 g diárias ou 18,25 Kg por ano, porém os esforços são para que adultos e crianças reduzam a ingestão diária de açúcares para menos de 10% da ingestão energética total e, ainda, visando mais benefícios para a saúde, propõe-se que uma redução adicional abaixo de 5% ou aproximadamente 25 g/dia (OMS, 2018a).

A sacarose fornece uma quantidade de 4 Kcal/g e sua contribuição total na dieta é elevada de aproximadamente 500 Kcal/dia (MIELE et al., 2017), sendo relevante destacar que a ingestão dessas calorias ocorre muitas vezes de forma disfarçada na dieta e em excesso tem sido associada com a crescente prevalência de várias patologias, tais como as doenças crônicas não transmissíveis (obesidade, diabetes mellitus, entre outras) e cárie dentária (OLIVEIRA et al., 2016). A prevalência global de diabetes entre adultos com mais de 18 anos aumentou de 4,7% em 1980 para 9,5% em 2014 (OMS, 2018b).

De acordo com o levantamento da Vigitel (2016) o Brasil está em uma transição nutricional passando do estado de desnutrição para a obesidade, em que observa-se em um período de dez anos (2006-2016) um aumento considerável no excesso de peso, sendo de 42,6% para 53,8%, na obesidade de 11,8% para 18,9% e no diabetes de 5,5% para 8,9% (BRASIL, 2016). Também verificou-se que em 2016, apenas 1 entre 3 adultos consumiam frutas e hortaliças em cinco dias da semana e uma diminuição do consumo

regular de alimentos básicos como o feijão sendo de 67,5% em 2012 para 61,3% em 2016 (BRASIL, 2017a).

Diante da participação da sacarose na ingestão total de energia diária, o Ministério da Saúde em parceria com a ABIA tem discutido a definição de medida e o estabelecimento de acordos para a reformulação de alimentos processados que figura no Plano Nacional para Enfrentamento das Doenças Crônicas Não Transmissíveis no Brasil e em um acordo de cooperação técnica, com o intuito de reduzir gradualmente o consumo de açúcar advinda da ingestão de alimentos processados (BRASIL, 2011). Essa também é uma das metas do Plano de ação global para prevenção e controle de doenças não transmissíveis 2013-2020, visando melhora na qualidade de vida e hábitos alimentares saudáveis (OMS, 2018c).

De acordo com Morais et al. (2015), a indústria de alimentos demonstra um interesse em reduzir a concentração de açúcar em seus produtos, incluindo a indústria de laticínios, entretanto, é um grande desafio reformular o produto mantendo a sua popularidade e o carácter atraente.

2.2 Substitutos da sacarose: edulcorantes naturais e prebiótico

Um certo número de substitutos da sacarose conhecidos como edulcorantes têm sido utilizados na elaboração dos produtos industrializados, por exemplo, stévia, taumatina, sucralose, aspartame, entre outros. De acordo com Honorato et al. (2013), os edulcorantes são definidos como substâncias que ao interagirem com os receptores gustativos produzem o gosto doce e podem ser classificados em naturais e sintéticos ou calóricos e não calóricos. O termo não calórico refere-se ao fato de não serem metabolizadas pelo organismo ou por ser insignificante o aporte calórico uma vez utilizadas pequenas quantidades (HONORATO et al., 2013).

A utilização dos edulcorantes do ponto de vista tecnológico é seguro para o consumo, sendo permitido pela legislação. No entanto, para substituir a sacarose por um edulcorante e ou uma combinação destes, é necessário avaliar as particularidades e compatibilidade com o produto ao qual for inserido, determinar qual o melhor substituto, concentração capaz de produzir a mesma percepção de doçura da sacarose, verificar a similaridade com o produto tradicional, ter baixo teor calórico e ser viável

comercialmente (SOUZA et al., 2013; MORAIS et al., 2014a). Além disso, outros fatores tais como a temperatura, acidez e concentração do edulcorante também podem influenciar o desempenho do mesmo no produto no que diz respeito a intensidade e persistência do gosto doce e a presença de gosto amargo residual (REIS et al., 2011).

O uso de misturas de edulcorantes apresenta várias vantagens, tais como maiores estabilidades de doçura, efeito de sinergia que aumenta o poder edulcorante, custos reduzidos e melhora a qualidade de doçura (REIS et al., 2011).

2.2.1 Stévia (glicosídeo de esteviol)

A stévia, nome comum para o glicosídeo de esteviol, é extraída das folhas de *Stevia rebaudiana* Bertoni, um arbusto arbóreo ramificado da família Asteraceae (Figura 1). Entre as 230 espécies do gênero stévia, apenas as espécies rebaudiana e phlebophylla produzem os glicosídeos de esteviol (LEMUS-MONDACA et al., 2012).

A planta apresenta propriedade edulcorante por ser composta pelos glicosídeos diterpênicos e há pelo menos oito glicosídeos de esteviol, sendo eles: dulcosídeo A, esteviosídeo, rebaudiosídeo A, rebaudiosídeo B, rebaudiosídeo C, rebaudiosídeo D, rebaudiosídeo E e esteviolbiosídeo, sendo que o esteviosídeo e o rebaudiosídeo A são os compostos de interesse em pesquisas e comercialmente (LIMA FILHO et al., 2004; GUGGISBERG; PICCINALI; SCHREIER, 2011; LINDLEY, 2012).

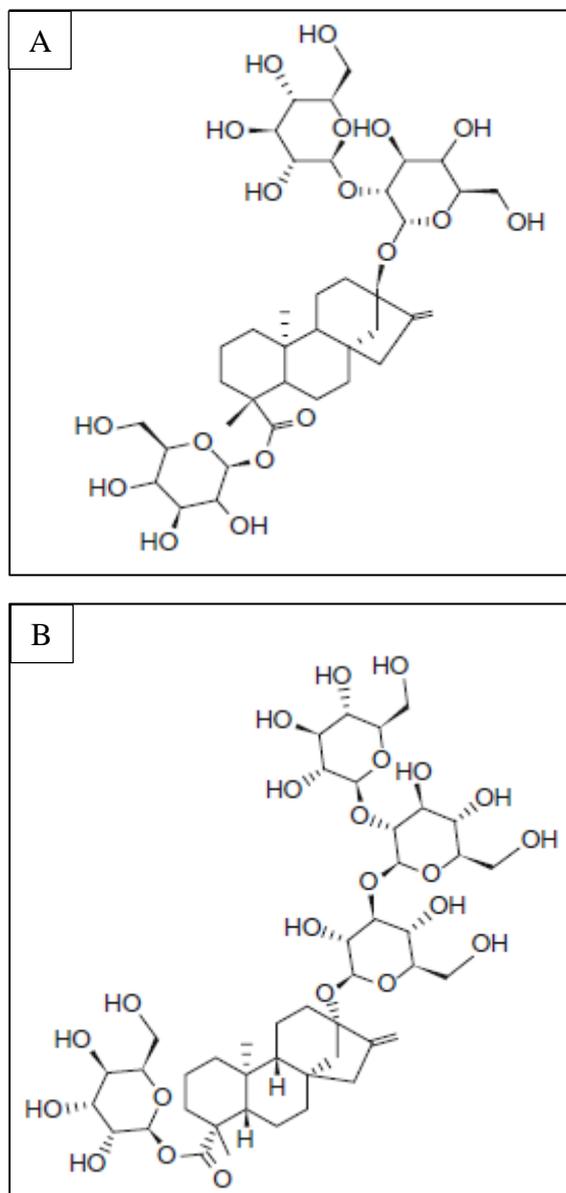
Figura 1 - *Stevia rebaudiana* Bertoni



Fonte: Lemus-Mondaca et al. (2012).

Os edulcorantes de glicosídeos de esteviol apresentam em comum uma aglicona, o esteviol, se diferenciando pelo número e as ligações de resíduos de carboidratos (especialmente glicose) ligados de modo a formar uma variedade de compostos e que influenciam nas características sensoriais. O esteviosídeo é composto de esteviol ligado a glicose (ligação β) e um dissacarídeo glicose-glicose (compreendendo as moléculas de β -D-glicose ligadas 2-1 com β -D-glicose) (Figura 2. A). O rebaudiosídeo A contém o esteviol no qual está ligado a glicose (ligação β) e um trissacarídeo glicose-glicose-glicose (porções de β -D-glicose ligadas 2-1 e 3-1 β -D-glicose) (Figura 2. B) (LINDLEY, 2012).

Figura 2 - Estrutura química do esteviosídeo (A) e Rebaudiosídeo A (B).



Fonte: Lindley (2012).

A stévia apresenta-se como substituta da sacarose ou como uma alternativa para os adoçantes artificiais pelo seu poder dulçor advindo dos glicosídeos de esteviol que é cerca de 150 a 300 vezes maior que o da sacarose, mas apresenta como principal desvantagem o gosto amargo residual. O esteviosídeo possui grande aplicação na indústria alimentícia devido a sua estabilidade térmica e um variável intervalo de pH (HONORATO et al., 2013).

O rebaudiosídeo A contém mais grupos polares comparado ao esteviosídeo e, com isso, é mais solúvel e proporciona gosto doce mais acentuado do que esteviosídeo que apresenta a desvantagem de um evidente gosto amargo residual (LINDLEY, 2012). Portanto, o poder dulçor é dependente da pureza e da proporção de esteviosídeo e rebaudiosídeo encontrados no extrato da planta (CARDELLO; SILVA; DAMASIO, 1999) e, por isso, os esforços consistiram na aplicação de processos de purificação adequados que asseguraram o produto comercial com uma concentração de 99% rebaudiosídeo A (LINDLEY, 2012).

O extrato puro é um pó branco e isento de calorias que tem se aplicado industrialmente em alimentos, especialmente para alimentos enlatados, biscoitos, gomas de mascar (CARDELLO; SILVA; DAMÁSIO, 2000), produtos lácteos, bebidas como refrigerantes de baixo teor calórico e alguns confeitos sem açúcar (AIDOO; AFOAKWA; DEWETTINCK, 2015).

A stévia e esteviosídeo também têm sido utilizados para o tratamento do diabetes mellitus, obesidade, hipertensão e prevenção de cárie. Além disso, a literatura sugere que o esteviosídeo, juntamente com compostos relacionados como o rebaudiosídeo A, o esteviol e o isosteviol, também podem oferecer benefícios terapêuticos, uma vez que, possuem propriedades anti-hiperglicêmicas, anti-hipertensivas, anti-inflamatórias, anti-tumorais, anti-diarréicos, diuréticos e imunomoduladores (CHATSUDTHIPONG; MUANPRASAT, 2009; LEMUS-MONDACA et al., 2012).

A utilização dos extratos de stévia e os edulcorantes de glicosídeos de esteviol purificados são aprovados como edulcorantes no Japão, Coréia do Sul, China, Brasil e Paraguai (LINDLEY, 2012; REIS et al., 2011). Segundo órgãos governamentais globais como *Food and Drug Administration* (FDA), o qual concedeu aprovação denominada como Geralmente Reconhecidos como Seguros (Generally Regarded as Safe - GRAS), e Organização Mundial de Saúde (OMS) juntamente com o *European Food Safety Authority* (EFSA) e *Joint Expert Committee on Food Additives* (JECFA) afirmaram que

o uso dos glicosídeos de esteviol puros ($\geq 95\%$) não são cancerígenos, genotóxicos ou associado a qualquer toxicidade em ingestão diária aceitável (ADI), expressos em equivalentes de esteviol, de 4 mg/Kg de peso corporal/dia (AIDOO; AFOAKWA; DEWETTINCK, 2015; LEMUS-MONDACA et al., 2012; ANTON et al., 2010; EFSA, 2010).

A legislação brasileira de acordo com a RDC nº18 de 24 de março de 2008 estabelece a aplicação de glicosídeos de esteviol na quantidade máxima de 0,06g/100g e corrobora com o JECFA que a ingestão, em seus limites máximos de uso, não deve ultrapassar os valores da ADI (BRASIL, 2008). Portanto, a stévia é um edulcorante natural de alta potência que tem sido utilizada com sucesso na indústria de alimentos e crescente potencial no mercado alimentício.

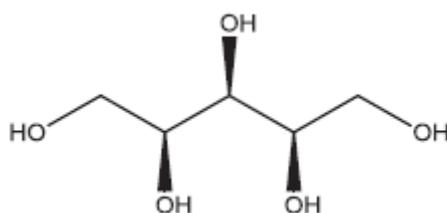
2.2.2 Xilitol

Outro edulcorante que tem atraído a atenção é o xilitol, membro de um grupo de carboidratos denominados como polióis (álcoois de açúcares) ou álcoois poli hídricos ou poli álcoois, que resultam da hidrogenação catalítica de açúcares redutores, ocorrendo a substituição do grupo carbonila, bastante comum nas frações aldose ou cetose de monossacarídeo, dissacarídeo, oligossacarídeo e polissacarídeos por um grupo álcool. Entre os polióis podem encontrar-se os monossacarídeos (sorbitol, manitol, xilitol, eritritol), dissacarídeos (maltitol, lactitol, isomalte) e mistura de mono, di, oli e polissacarídeos hidrogenados (xarope de glicose hidrogenada) (GREMBECKA, 2015; CAROCHO, MORALES, FERREIRA, 2017).

A estrutura molecular do xilitol compreende uma cadeia aberta com cinco grupos hidroxila (OH) ligados cada um ao átomo de carbono, portanto, um pentitol cuja fórmula molecular é $C_5H_{12}O_5$ (1,2,3,4,5-pentaidroxipentano) (Figura 3) (MUSSATTO, ROBERTO, 2002; MUSSATTO, 2012; CAROCHO, MORALES, FERREIRA, 2017). O composto ocorre naturalmente em frutas, vegetais, algas e cogumelos, contudo, em quantidades inferiores a 1000mg/100g, o que torna a extração dessas fontes economicamente inviável para a indústria. Sendo assim, é produzido industrialmente por conversão química com a redução catalítica de D-xilose pura, a partir de substrato rico em xilano. O substrato é obtido de materiais vegetais fontes de hemicelulose, tais como

as aparas de madeira e o milho, apresentando normalmente 20-35% de xilano, que facilmente é convertido em xilose por hidrólise que, por sua vez, sofre hidrogenação catalítica (CAROCHO, MORALES, FERREIRA, 2017; ZACHARIS, 2012; MUSSATTO, 2012).

Figura 3 - Estrutura química do xilitol



Fonte: Caroch, Morales, Ferreira (2017).

O composto é utilizado pela indústria de alimentos como um edulcorante natural, visto que, apresenta maior poder dulçor em relação aos polióis disponíveis, equivalendo ao da sacarose, associado ao fato de ter um perfil de intensidade de doçura ao longo do tempo parecido com a mesma e, ainda sendo, um terço menos calórico com a oferta de 2,4 Kcal/g e nenhum sabor desagradável (GREMBECKA, 2015; CAROCHO, MORALES, FERREIRA, 2017; AKESOWAN, 2015, ZACHARIS, 2012).

Uma outra característica do poliól refere-se à capacidade de conferir efeito de resfriamento, ou seja, sensação agradável de refrescância na boca quando em contato com a saliva, devido ao elevado calor de solução endotérmico. Portanto, o xilitol quando na forma de cristal absorve energia do ambiente à medida que se dissolve provocando a diminuição na temperatura (ZACHARIS, 2012).

O xilitol apresenta alta solubilidade, elevada pressão osmótica, atua como conservante contribuindo com a estabilidade microbiana de vários produtos, não participa de reações de escurecimento não enzimático (reação de Maillard e caramelização), menor viscosidade em solução em relação à sacarose, estável a altas temperaturas e alterações de pH e não cariogênico, visto que não pode ser utilizado por bactérias produtoras de ácido na cavidade bucal (MUSHTAQ et al., 2010; AKESOWAN, 2015; CAI et al., 2017; CAROCHO, MORALES, FERREIRA, 2017).

Em relação às propriedades fisiológicas e os efeitos benéficos para a saúde, o xilitol destaca-se por ser absorvido lentamente no trato gastrointestinal, ter baixa resposta glicêmica e não interferir no nível de insulina em razão de ser metabolizado pelo organismo por vias independentes de insulina, sendo assim, adequado para aplicação em produtos que atende ao público diabético e também encontra-se na literatura relatos de benefícios em infecções respiratórias, otite média aguda, processo inflamatório (ZACHARIS, 2012; EDWARDS et al., 2016; CAROCHO, MORALES, FERREIRA, 2017; RASOULI-PIROUZIAN, PEIGHAMBARDOUST, AZADMARD-DAMIRCHI, 2017).

O carboidrato é pouco digerível e parcialmente absorvido no intestino delgado, aproximadamente 50%, enquanto sua fermentação no intestino grosso, varia de 50 a 75%. A fermentação é realizada por bactérias benéficas, por exemplo, bifidobactérias e lactobacilos, resultando na produção de ácidos graxos de cadeia curta e diminuição do pH, o que leva uma modulação da microbiota intestinal com o crescimento e predominância de bactérias benéficas e inibição das bactérias prejudiciais (ZACHARIS, 2012; GREMBECKA, 2015).

As principais aplicações do xilitol na indústria de alimentos são em gomas de mascar, doces, caramelos, chocolates, sorvetes, gelatinas, marmeladas e bebidas (ALBUQUERQUE et al., 2014), bem como é utilizado em produtos farmacêuticos e cosméticos (SOKMEN, GUNES, 2006; DASGUPTA et al., 2017) e em pesquisas científicas com chocolates (BELSCAK-CVITANOVIC et al. 2015; SOKMEN, GUNES, 2006), bolos (HAO et al., 2016), cookies (KUTYLA-KUPIDURA et al., 2016; MUSHTAQ et al., 2010) e leite achocolatado (RASOULI-PIROUZIAN, PEIGHAMBARDOUST, AZADMARD-DAMIRCHI, 2017).

Um aditivo (INS E967) legalmente permitido para a incorporação em alimentos em mais de cinquenta países no mundo, considerado como seguro na Europa desde 1984 e classificado nos Estados Unidos pela FDA como do tipo GRAS desde 1986. Em 1983, o JEFCA declarou como uma substância atóxica e visto que o total de ingestão diária da substância utilizada nos níveis necessários para alcançar o efeito desejado não representa perigo para a saúde, tornou-se desnecessário o estabelecimento de uma ADI. Portanto, a quantidade utilizada do aditivo é conforme o efeito desejado no produto (MUSSATTO, ROBERTO, 2002; MUSSATTO, 2012; ZACHARIS, 2012)

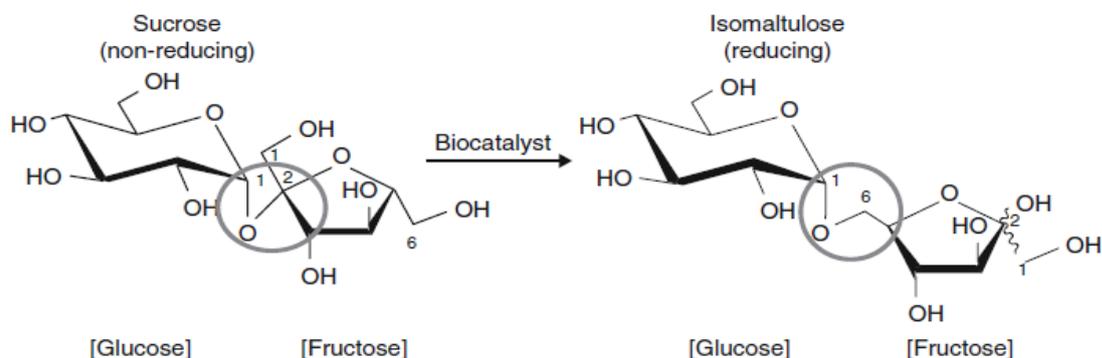
Contudo, a literatura relata que o xilitol é extremamente tolerado pelo organismo humano quando ingerido em doses, durante um período de tempo adequado, em uma quantidade máxima de 20 g e a ingestão diária não ultrapassar 60 g, uma vez que, doses superiores podem provocar sintomas adversos como efeito laxativo, flatulência, tempo de trânsito intestinal acelerado, outros desconfortos abdominais e em casos graves, diarreia. (MUSSATTO, ROBERTO, 2002; ALBUQUERQUE et al., 2014; ZACHARIS, 2012).

No Brasil, em conformidade com a Resolução RDC nº18 de 24 de março de 2008, o xilitol é um aditivo que pode ser utilizado em alimentos e bebidas, estabelecendo o emprego na quantidade necessária para se obter o efeito desejado (“quantum satis”) (BRASIL, 2008).

2.2.3 Isomaltulose

A isomaltulose é comercialmente conhecida pelo nome de palatinose, e quimicamente denominada como 6-*O*-(α -D-glicopiranosil)-D-frutofuranose, um dissacarídeo redutor e isômero estrutural da sacarose (1-*O*- β -D-frutofuranosil- α -D-glicopiranosil) constituída por ligações $\alpha(1\rightarrow6)$ entre glicose e frutose. Esse carboidrato ocorre naturalmente em pequenas quantidades no mel, no extrato de cana-de-açúcar e na beterraba açucareira e a produção em escala industrial consiste na conversão enzimática a partir da sacarose (Figura 4), pela ação da enzima α -glicosiltransferase, também conhecida como sacarose isomerase ou isomaltulose sintase, em que a ligação glicosídica $\alpha(1\rightarrow2)$ entre glicose e frutose da mesma é rearranjada para a ligação $\alpha(1\rightarrow6)$ seguida da cristalização (JONKER, LINA, KOZIANOWSKI, 2002; KAWAGUTI, SATO, 2008; GUGGISBERG, PICCINALI, SCHREIER, 2011; AIDOO et al., 2013).

Figura 4 - Conversão da sacarose em isomaltulose



Fonte: Sentko, Willibald-Ettle (2012).

A isomaltulose possui propriedades físicas e sensoriais similares da sacarose, demonstrando-se como um substituto promissor para a mesma, tais como um gosto doce suave, apresentando cerca de 50% da doçura da sacarose, fornece aproximadamente 4 Kcal/g, funde a uma temperatura mais baixa (123-124°C) em comparação com a mesma (160-185°C) e é mais estável sob condições ácidas (JONKER, LINA, KOZIANOWSKI, 2002; AIDOO et al., 2013; LINA, JONKER, KOZIANOWSKI, 2002; MU et al., 2014). Além disso, apresenta à temperatura ambiente metade da solubilidade da sacarose e a viscosidade em solução aquosa de ambos são semelhantes, participa de reações de escurecimento não enzimático (reação de Maillard e caramelização), mas devido à sua menor temperatura de fusão e maior estabilidade química, apresenta menos caramelização do que a sacarose (AIDOO et al., 2013; MU et al., 2014) e estabilidade térmica ligeiramente inferior a mesma (SAWALE et al., 2017).

Associado às características tecnológicas mencionadas, os benefícios para a saúde também tem sido alvo de interesse, uma vez que, embora o dissacarídeo seja completamente hidrolisado em glicose e frutose pela isomaltase e absorvido no intestino delgado, esse metabolismo, no entanto, ocorre de forma gradual sendo de quatro a cinco vezes mais lento do que a sacarose, ou seja, evita picos glicêmicos e insulinêmicos. Portanto, essa característica de baixo índice glicêmico é vantajosa para os indivíduos diabéticos que podem utilizar a isomaltulose e também o público no geral. Além do mais, a ingestão tem sido associada com uma maior contribuição da utilização de gordura para o gasto energético total principalmente em indivíduos fisicamente ativos e é um

edulcorante nutritivo não cariogênico (KAWAGUTI, SATO, 2010; GUGGISBERG, PICCINALI, SCHREIER, 2011; SENTKO, WILLIBALD-ETTLE, 2012; AIDOO et al., 2013; HENRY et al., 2017).

A isomaltulose é aplicada em produtos alimentares sem causar modificações nos processos de fabricação e as principais aplicações na indústria em substituição à sacarose são em produtos de panificação, doces, frutas enlatadas, gomas de mascar, produtos à base de chocolate, confeitaria e bebidas esportivas (AIDOO et al., 2013).

Em relação à tolerância gastrointestinal da ingestão da isomaltulose, apresenta-se semelhante à sacarose, não sendo observado nenhum desconforto gastrointestinal mesmo com doses elevadas, em razão de ser totalmente metabolizada. A aplicação em alimentos e o consumo são considerados seguros, sem efeitos toxicológicos e sem especificações quanto a ADI, sendo utilizada no Japão desde 1985 com o termo de “Food for Specified Health Uses (FOSHU)” devido aos seus benefícios a saúde bucal, nos Estados Unidos é classificada como GRAS, assim como aprovada na União Europeia (SENTKO, WILLIBALD-ETTLE, 2012; AIDOO et al., 2013; BAREA-ALVAREZ et al., 2014).

No Brasil de acordo com a Resolução RDC nº18 de 24 de março de 2008, a isomaltulose (isomalt, isomaltitol) como um edulcorante pode ser utilizada na quantidade necessária para se obter o efeito desejado em alimentos e bebidas (BRASIL, 2008).

2.2.4 Fruto-oligossacarídeo (FOS)

O FOS compreende-se em moléculas de sacarose em que 1, 2 ou 3 unidades de frutose adicionais são acrescentadas enzimaticamente por meio de ligação $\beta(2\rightarrow1)$ a unidade de frutose da sacarose. O prebiótico FOS é encontrado naturalmente em compostos de origem vegetal como no alho, mel, cebola, banana, centeio, aspargo, entre outros. Porém, apresenta baixa concentração tornando a produção em escala industrial limitada. Sendo assim, faz-se necessário e mais viável, a produção microbiana pela ação de fungos frutossil-transferase em sacarose (SANGEETHA; RAMESH; PRAPULLA, 2005b).

O prebiótico FOS apresenta-se como potencial substituto com características desejáveis tais como uma baixa intensidade de doçura, uma vez que, são apenas cerca de um terço da doçura da sacarose, propriedade interessante para vários tipos de alimentos

com o intuito de atender públicos específicos como os diabéticos, maior solubilidade que a sacarose, o fornecimento de pequenas quantidades de calorias, visto que não são hidrolisados pelas enzimas digestivas e, com isso, não são utilizados como uma fonte de energia no corpo, não cariogênicos e os demais atributos funcionais e fisiológicos de prebiótico (YUN, 1996; SAAD, 2006; MABEL et al., 2008; DOMINGUEZ et al., 2014).

2.3 Prebióticos na alimentação humana

2.3.1 O consumo de alimentos funcionais e aceitação de produtos prebióticos

O conhecimento de que os alimentos estão diretamente relacionados com a saúde advindo da comprovação de estudos contribuem para que os alimentos funcionais se apresentem como uma das alternativas saudáveis para a alimentação cotidiana dos indivíduos e uma oportunidade de mercado. No entanto, o desenvolvimento destes alimentos é muito mais complexo comparado ao alimento tradicional (SANGEETHA; RAMESH; PRAPULLA, 2005a).

Há alguns anos, a grande maioria da população consumia, preferencialmente, uma alimentação com elevada ingestão de açúcares, sal, gorduras saturadas e trans em detrimento de um planejamento alimentar com baixa ingestão de fibras, vitaminas e minerais essenciais ao organismo. Consequentemente, houve um aumento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Neste contexto, o conceito de alimentos funcionais foi lançado inicialmente no Japão na década de 1980 e em 1991, estabeleceram-se os Regulamentos de Rotulagem de Alimentos para Uso Específico de Saúde (Foods for Specified Health Use - FOSHU) para uma categoria específica de alimentos relacionados à saúde (ROBERFROID, 2000; SIRÓ et al., 2008; GRANATO et al., 2010).

O termo alimentos funcionais refere-se a alimentos ou ingredientes que proporcionam benefícios adicionais para a saúde dos indivíduos, auxiliando na redução do risco de doenças (produtos que reduzem o colesterol) e/ou manutenção da condição saudável (prebióticos e os probióticos), para além das atribuições básicas, como o fornecimento de nutrientes ou outras substâncias que são fontes de energia, sustentam o crescimento ou mantêm e reparam processos vitais no organismo (GRANATO et al., 2010; SIRÓ et al., 2008).

Na elaboração de alimentos funcionais com probióticos e prebióticos são relevantes que os produtos apresentem características sensoriais que os consumidores gostem, contribuindo com a preferência pelos produtos, principalmente quando comparados aos respectivos produtos na forma convencional, ou seja, as condições fundamentais para a suplementação com prebióticos e probióticos são que o alimento tradicional e o modificado devem ser muito semelhantes a ponto que os consumidores não diferenciem um do outro e serem sensorialmente aceitos pelos consumidores (CRUZ et al., 2011).

Segundo Sampaio, Behrens e Silva (2011), a escolha do consumidor por um produto específico entre as várias opções no mercado é em grande parte influenciada pelas características sensoriais, mas as alegações de saúde podem contribuir de forma positiva na aceitação e compra de alimentos funcionais.

O mercado de alimentos e bebidas associados à saúde e ao bem-estar atingiu aproximadamente US\$ 750 bilhões em 2013, sendo que US\$ 264 bilhões representam apenas os produtos funcionais ou fortificados, ou seja, alimentos e bebidas que continham ingredientes especiais em suas formulações para proporcionar benefícios à saúde. Neste contexto, a América Latina teve US\$ 45 bilhões ou 17% do mercado de alimentos e bebidas funcionais. A categoria de alimentos funcionais registrou 91 novos produtos nesse ano e o número total de produtos aprovados atingiu 743, principalmente, nos segmentos de alegações de saúde e funcional, substâncias bioativas e probióticos com reivindicações de saúde ou propriedades funcionais (ROLIM, 2015).

2.3.2 Conceito de prebiótico e a classificação

Os prebióticos são definidos como ingredientes alimentares não digeríveis pelas enzimas presentes no trato gastrointestinal humano e que se comportam como fibras alimentares facilmente fermentáveis, atuando como substratos específicos para as bactérias benéficas intestinais. Ou seja, estimulam seletivamente a proliferação e/ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon, tais como as bifidobactérias e os lactobacilos, e inibe o crescimento de bactérias patogênicas (GIBSON; ROBERFROID, 1995; SAAD, 2006; VOLPINI-RAPINA; SOKEI; CONTI-SILVA,

2012), resultando positivamente na modulação da microbiota intestinal que beneficia a saúde do hospedeiro.

Atualmente, os principais prebióticos disponíveis e utilizados pela indústria mundial de alimentos são os fruto-oligossacarídeos (FOS), galacto-oligossacarídeos (GOS), xilo-oligossacarídeos (XOS), isomalto-oligossacarídeos (IMO) e inulina. Dentre os citados, destacam-se os FOS e a inulina que são frutanos fermentáveis não digeríveis, também em pesquisas científicas e os mais bem estabelecidos, para os quais a alegação de efeito na modulação da microbiota intestinal, no que diz respeito ao equilíbrio é permitida no Brasil (SAAD, 2006; SIRÓ et al., 2008; DOMINGUEZ et al., 2014; BRAGA; CONTI-SILVA, 2015; ANVISA, 2018).

O termo genérico frutano é empregado para descrever todos os oligossacarídeos ou polissacarídeos de ocorrência natural em vegetais e refere-se a qualquer hidrato de carbono em que uma ou mais ligações frutossil-frutose predominam dentre as ligações glicosídicas. Os frutanos são polímeros de frutose linear ou ramificada unidos por ligações $\beta(2\rightarrow1)$ presentes na inulina ou $\beta(2\rightarrow6)$ em frutanos do tipo levanos. São os polissacarídeos não estruturais mais abundantes na natureza, após o amido e estão presentes em grande variedade de vegetais, e também em algumas bactérias e fungos (CARABIN; FLAMM, 1999; SAAD, 2006).

Em relação aos frutanos do tipo inulina, estes são classificados geralmente em dois grupos, a saber: a inulina e os compostos a ela relacionados – oligofrutose e os fruto-oligossacarídeos. Entretanto, esses prebióticos são quimicamente similares quanto à estrutura básica (ligações $\beta(2\rightarrow1)$ de unidades frutossil, algumas vezes terminadas em uma unidade glicosil) diferenciando-se sinteticamente apenas quanto ao grau de polimerização, ou seja, o número de unidades individuais de monossacarídeos que compõem a molécula (CARABIN; FLAMM, 1999; SAAD, 2006).

A inulina é constituída por uma mistura de cadeias de oligômeros e polímeros com número variável de subunidades de frutose, unidas por ligações $\beta(2\rightarrow1)$ que normalmente também incluem uma molécula de glicose terminal na cadeia e apresentando um grau médio de polimerização de 10 ou superior (CARABIN; FLAMM, 1999; VILLEGAS et al., 2010). A chicória (*Cichorium intybus*) e a alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus*) são as principais fontes de inulina e oligofrutose empregadas industrialmente no setor alimentício (DRABINSKA; ZIELINSKI; KRUPA-KOZAK, 2016).

Já a oligofrutose é uma inulina de cadeia curta obtida a partir da hidrólise enzimática parcial da inulina nativa, apresentando um grau de polimerização inferior a 10, com média oscilando entre 2 e 7 (TÁRREGA; ROCAFULL; COSTELL, 2010). O termo oligofrutose é mais frequentemente utilizado para referir-se a inulina de cadeia curta obtida por hidrólise parcial da inulina da chicória enquanto o termo FOS descreve frutanos do tipo inulina de cadeia curta sintetizados a partir da sacarose (CARABIN; FLAMM, 1999; SAAD, 2006).

2.3.3 Legislação para alegação de alimento funcional, produto prebiótico e segurança no uso

Segundo a Resolução nº18 de 30 de abril de 1999, o alimento ou ingrediente em que for declarado características funcionais ou associadas à saúde deve ser capaz de produzir efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde adicionais das funções nutricionais básicas inerentes à própria composição do alimento (BRASIL, 1999).

A legislação brasileira define a alegação de propriedades funcionais ou de saúde para alimentos ou ingredientes que adicionados às funções nutricionais básicas exercem efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou benéficos à saúde, devendo ser seguro para o consumo sem supervisão médica e contribuindo para a manutenção da saúde, ao papel fisiológico e a redução de risco a doenças, mas não são permitidas referências à cura ou prevenção de doenças (BRASIL, 1999).

Os alimentos funcionais podem ser apresentados de diversas formas como alimentos convencionais, tais como iogurtes com componentes bioativos inerentes aos alimentos e ainda como um produto especificamente melhorado para reduzir o risco de doença, tais como iogurtes enriquecidos com probióticos/prebióticos com o intuito de manter a integridade do cólon e reduzindo o risco de câncer de cólon (GONZALEZ; ADHIKARI; SANCHO-MADRIZ, 2011).

Contudo, no Brasil para o efeito funcional em relação aos alimentos prebióticos, tais como inulina e FOS, a legislação permite a alegação restrita à contribuição para o equilíbrio na microbiota intestinal, uma vez que, a sua ingestão esteja associada a uma dieta equilibrada, hábitos de vida saudáveis e o consumo do produto também deve ser

acompanhado pela ingestão de líquidos (VOLPINI-RAPINA; SOKEI; CONTI-SILVA, 2012; ANVISA, 2018).

Portanto, para a utilização da alegação no produto contendo FOS, a legislação propõe como requisito específico que a porção do produto pronto para consumo forneça no mínimo 2,5 g de FOS. Além disso, na tabela de informação nutricional deve ser declarada a quantidade do prebiótico, abaixo do conteúdo de fibras alimentares e o uso do ingrediente não deve ultrapassar 30 g na recomendação diária do produto pronto para consumo, conforme indicação do fabricante (ANVISA, 2018).

Adicionalmente aos propósitos benéficos à saúde e os atributos como um alimento saboroso e atraente, os consumidores também buscam por um alimento seguro. De acordo com a literatura, o prebiótico FOS é um ingrediente que não apresenta toxicidade e, portanto, considerado seguro (CRUZ et al., 2013a; DOMINGUEZ et al., 2014).

2.3.4 Benefícios a saúde advindos do consumo de prebióticos

Os prebióticos denominados de frutanos, são fibras solúveis resistentes à digestão na parte superior do trato gastrointestinal por não serem digeridos pela α -amilase e enzimas hidrolíticas (sacarase, maltase, isomaltase) e, por isso, sendo fermentados no cólon. A estrutura física e química das fibras solúveis influencia diretamente na extensão da fermentação que é realizada por bactérias anaeróbicas do cólon (SAAD; BEDANI; MAMIZUKA, 2011).

A modulação da microbiota intestinal pelos prebióticos é resultante da fermentação específica com capacidade de alterar a composição desta microbiota aumentando os grupos de micro-organismos que são capazes de utilizarem os prebióticos como substratos fonte de energia em seus processos de fermentação (VALCHEVA; DIELEMAN, 2016).

No intestino grosso, as bactérias benéficas, tais como as bifidobactérias e os lactobacilos, fermentam os prebióticos produzindo gases, ácidos graxos de cadeia curta (acetato, butirato e propionato) e também há produção de ácido lático utilizados como fonte de energia. Os produtos finais da fermentação provocam a diminuição do pH intestinal e, conseqüentemente, acidificam o meio. O meio mais ácido inibe a proliferação

de micro-organismos patogênicos e estimulam o crescimento dos benéficos (VOLPINI-RAPINA; SOKEI; CONTI-SILVA, 2012; OLIVEIRA; GONZÁLEZ-MOLERO, 2016).

O FOS, como substrato para bifidobactérias, apresenta alta especificidade resultante da atividade das enzimas β -frutosidases (inulinases) associadas a células específicas as quais hidrolisam monômeros de frutose da extremidade não redutora da cadeia de inulina ou de determinados açúcares em que o resíduo de frutose ocorre na posição β -(2 \rightarrow 1) (SAAD; BEDANI; MAMIZUKA, 2011).

A literatura menciona que os prebióticos como a inulina e a oligofrutose também contribuem de forma benéfica na biodisponibilidade e absorção de alguns minerais com ênfase para cálcio, magnésio e ferro e diversos mecanismos são propostos para explicar ação dos mesmos (ARYANA; MCGREW, 2007; PIMENTEL; MADRONA; PRUDENCIO, 2015).

De acordo com um dos mecanismos, os ácidos graxos de cadeia curta derivados da fermentação dos prebióticos, inclusive o FOS, no intestino grosso provocam a diminuição do pH intestinal tornando o meio mais ácido e, conseqüentemente, a concentração de minerais ionizados aumenta, o que resulta em uma maior solubilidade mineral. Além disso, o efeito de hipertrofia do intestino melhorando a funcionalidade da área de absorção contribui com o aumento da difusão passiva dos minerais (SANGEETHA; RAMESH; PRAPULLA, 2005a; DOMINGUEZ, et al., 2014).

Uma outra suposição refere-se ao efeito osmótico dos prebióticos na transferência do cálcio do intestino delgado para o grosso, resultando na passagem de água e, com isso, permite que o mineral torne-se mais solúvel. Ainda existe a teoria que uma melhor biodisponibilidade do cálcio, poderia ser decorrente da hidrólise do complexo cálcio-fitato por ação de fitases liberadoras de cálcio bacterianas (SAAD; BEDANI; MAMIZUKA, 2011).

Assim como as demais fibras da dieta, os prebióticos também exercem um efeito de aumento de volume da massa fecal decorrente do aumento da biomassa microbiana que resulta da fermentação, promovendo um aumento na frequência de evacuações, auxiliando na prevenção e tratamento da constipação. Ademais, outros efeitos são atribuídos aos prebióticos como proporcionar uma sensação de saciedade, redução do risco de câncer de cólon, estímulo para o sistema imunológico, alteração no metabolismo lipídico com diminuição na síntese de triglicerídeos e lipoproteínas de muito baixa

densidade (VLDL) (ARYANA; McGREW, 2007; SAAD; BEDANI; MAMIZUKA, 2011).

2.3.5 Aplicação tecnológica dos prebióticos em alimentos

A concepção, aquisição e a crescente aceitação sensorial dos consumidores por produtos alimentares que proporcionam benefícios à saúde se tornou uma realidade que tem feito com que as indústrias alimentícias procurem investir na formulação ou reformulação de seus produtos adotando um conceito mais saudável. Diversas estratégias podem ser veiculadas em produtos na tentativa de atrair o consumidor, tais como redução, substituição, enriquecimento ou fonte em determinados nutrientes e também existe uma variedade de produtos destinados a atender públicos específicos com determinadas restrições (diet, sem glúten, sem lactose, entre outros).

Os ingredientes prebióticos apresentam algumas vantagens que têm contribuído para sua utilização na elaboração de novos produtos, destacando-se as propriedades nutricionais, tecnológicas e a possibilidade de melhorar as qualidades sensoriais (WANG, 2009).

Tecnologicamente, a oligofrutose é muito mais solúvel, mais doce e menos calórica comparada com a inulina nativa. Possui propriedades equivalentes à sacarose, porém mais solúvel do que a mesma e é utilizada para substituí-la parcialmente em combinação com edulcorantes de alta intensidade, uma vez que fornece aproximadamente de 30 a 50% de doçura (KAUR; GUPTA, 2002; SAAD, 2006; CRUZ et al., 2013a). Além disso, a oligofrutose apresenta outras propriedades tecnológicas, tais como, conferir consistência a produtos lácteos, maciez a produtos de panificação, diminuir o ponto de congelamento de sobremesas, conferir crocância a biscoitos com baixo teor de gordura e substituir também a sacarose atuando como ligante em barras de cereais fornecendo mais benefícios, visto que, têm-se menos calorias, enriquecimento de fibras e as demais propriedades nutricionais dos prebióticos (KAUR; GUPTA, 2002).

A oligofrutose também apresenta aspectos sensoriais desejáveis, visto que não cristaliza e nem precipita, não deixa uma sensação seca ou arenosa na boca e tem uma viscosidade semelhante à da sacarose (CRUZ et al., 2013a).

Os frutanos são não cariogênicos, em razão de não serem utilizados como substrato pelos micro-organismos, *Streptococcus mutans*, responsáveis pelo aparecimento de cárie com formação de ácidos e glucanos (KAUR; GUPTA, 2002, SAAD, 2006).

Alguns estudos já foram realizados com o objetivo de avaliar as características sensoriais de produtos alimentares que continham prebióticos, principalmente, inulina e FOS, e também associação de prebiótico e probiótico denominado simbiótico.

Gonzalez, Adhikari e Sancho-Madriz (2011) que avaliaram o efeito de um prebiótico (FOS) e um ingrediente simbiótico (FOS e *Lactobacillus Acidophilus*) sobre os atributos sensoriais e a aceitação pelos consumidores de iogurtes com sabor de pêssego, observaram que o iogurte com prebiótico apresentou um desempenho semelhante ao controle, sendo sensorialmente aceito, enquanto a combinação simbiótica teve um impacto negativo na aceitação do produto.

De acordo com Allgeyer, Miller e Lee (2010) ao adicionar fibra solúvel de milho, inulina, polidextrose em quantidades consideradas pela legislação como excelente fonte de fibra (5 g fibra/porção) e boa fonte (2,5 g fibra/porção) e probióticos em iogurtes, verificou-se que inulina e polidextrose foram preferidas sobre a fibra solúvel de milho. Além disso, os consumidores determinaram que um iogurte com prebiótico e probiótico com características desejáveis deve apresentar-se mais viscoso, um equilíbrio entre o gosto amargo e a doçura, ou seja, com doçura intermediária, sendo o mais preferido no estudo.

Na otimização de formulações de sobremesas lácteas achocolatadas com adição de prebióticos (inulina e fruto-oligosacarídeo) combinados com diferentes concentrações de gomas (xantana e guar), verificou-se que a aceitabilidade e cremosidade ideal dependiam da concentração em que ambos os ingredientes foram adicionados às formulações, estabelecendo como níveis ótimos de 7,5% de prebióticos e 0,2% de gomas. Por conseguinte, avaliou-se a substituição da sacarose por diferentes edulcorantes de alta intensidade, encontrando como concentração de sacarose considerada ideal de 8% e que as concentrações de sucralose, aspartame, stévia e neotame ao serem adicionados à sobremesa processada seria de 0,0160; 0,0540; 0,100 e 0,0016%, respectivamente para se atingir a equivalência de doçura comparada à sacarose (MORAIS et al., 2014a).

A incorporação de prebióticos em bolos de laranja também se demonstrou viável, visto que, a aceitabilidade e preferência pelos consumidores foram semelhantes para os

bolos com prebióticos e o padrão foi superior comparado aos produtos comerciais, possibilitando a comercialização do produto com valor nutricional agregado a qualidades sensoriais equivalentes aos produtos convencionais. A adição de inulina e oligofrutose em bolos de laranja provocou alterações em alguns atributos, tais como maiores intensidades da cor marrom na casca e da cor bege na massa, maior dureza e viscosidade, que contribuíram para distinguir do bolo padrão (VOLPINI-RAPINA; SOKEI; CONTI-SILVA, 2012).

Morais et al. (2014b) verificaram por meio da análise descritiva quantitativa que para pão sem glúten acrescido de prebiótico, as características sensoriais eram dependentes da variação de alguns ingredientes (sacarose, adoçantes e prebióticos) adicionados nas formulações do produto. As formulações que apresentaram maior aceitabilidade pelos consumidores celíacos foram os pães desenvolvidos com sacarose e FOS e os resultados também indicaram que os atributos determinantes para a aceitação do consumidor no produto são cor do miolo, doçura, aroma de pão tradicional, suavidade aparente, enquanto que dureza, mastigabilidade e aroma de levedura eram atributos indesejáveis.

De acordo com Morais et al. (2015) para o desenvolvimento de sobremesas lácteas achocolatadas diet/light e com prebióticos, os atributos sensoriais fundamentais que determinam a aceitabilidade pelo consumidor são doçura, sabor de chocolate ao leite e aroma doce, à medida que o gosto amargo foi considerado o atributo desagradável nas amostras avaliados no estudo. As sobremesas lácteas achocolatadas desenvolvidas além de serem reduzidas em calorias e gorduras, sem sacarose, apresentam propriedades funcionais devido à adição de prebióticos, sendo sensorialmente aceita pelos consumidores.

Pimentel, Madrona e Prudencio (2015) investigaram o efeito da adição de oligofrutose ou sucralose como substitutos do açúcar e *Lactobacillus Paracasei ssp.* como um probiótico sobre o perfil sensorial e aceitação de suco de maçã e concluíram que a aceitação foi impulsionada positivamente pelos atributos gosto doce, aroma doce e gosto amargo, e negativamente pelo sabor de maçã, aroma de maçã, cor mais escura e gosto azedo. O suco de maçã é um meio adequado para incorporação do probiótico, pois não alterou a aceitação (aparência, aroma, sabor, textura e impressão global), aumentando somente a turbidez do suco. Em relação aos substitutos da sacarose, a oligofrutose mostrou-se com um poder dulçor menor do que a sacarose, enquanto o suco com sucralose

apresentou cor mais clara, porém ambas contribuíram para a aceitação do suco tornando-o semelhante ao do produto com sacarose.

Para o suco de mamão formulado com inulina e oligofrutose observou-se que ao aumentar a proporção de açúcar e misturar o açúcar e inulina contribuiu favoravelmente na percepção dos atributos sabor, doçura e na aceitabilidade geral de néctares. Os resultados sensoriais também mostraram que os néctares com os prebióticos foram bem apreciados tanto quanto o néctar contendo somente açúcar, com exceção de algumas formulações com menores quantidades de açúcar que obteve menor aceitabilidade. Portanto, néctares de mamão podem ser adicionados de oligofrutose e inulina na quantidade necessária para serem considerados prebióticos, uma vez que, a quantidade mínima de frutanos utilizado no estudo de 4 g/ 100 g excede a quantidade diária recomendada na porção sendo aceito sensorialmente (BRAGA; CONTI-SILVA, 2015).

2.4 Iogurtes

O iogurte é um dos produtos lácteos fermentados que se têm destacado quanto ao aumento na produção e no consumo mundial, uma vez que, são muito apreciados por serem considerados importantes na dieta humana como um produto saudável na percepção dos consumidores (CALEJA et al., 2016; CRUZ et al., 2013b). Ressalta-se ainda que o valor acessível de comercialização do produto também favorece para sua popularidade e participação no hábito alimentar diário da população.

Segundo o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), artigo 386, o iogurte é caracterizado como um leite fermentado resultante do processo de fermentação láctea obtido por coagulação e diminuição do pH do leite mediante ação de micro-organismos específicos, tais como o *Streptococcus salivarius* subespécie *thermophilus* e o *Lactobacillus delbrueckii* subespécie *Bulgaricus*, aos quais se podem acompanhar, de forma complementar, outras bactérias ácido lácticas. No produto final os micro-organismos devem ser viáveis, ativos e abundantes durante o prazo de validade (BRASIL, 2017b).

De acordo com a pesquisa Brasil Dairy Trends 2020, os dados da produção inspecionada (Serviço de Inspeção Federal - SIF) de iogurtes, leites fermentados e coalhadas nos anos de 2015 e 2016 mostraram que os iogurtes foram responsáveis por

76% do total em 2015 passando a representar 71% em 2016. Destaca-se ainda que em 2016 foi produzido 473 milhões de litros de iogurtes em que a maior contribuição foi da região Sudeste representando 71% do total, seguido do Sul (17,3%) e do Nordeste (10,4%) (ZACARCHENCO; VAN DENDER; REGO, 2017).

O iogurte do ponto de vista nutricional é um produto lácteo interessante devido à adição de culturas bacterianas ativas, o elevado conteúdo de proteínas, por conter micronutrientes, tais como cálcio, magnésio, fósforo, vitaminas, entre outros (CORMIER et al., 2016). Além disso, nos últimos anos uma área de crescimento potencial para os produtos lácteos inclui produtos de valor agregado como variedades de baixo teor calórico, reduzidas em gorduras, diet, adicionadas de ingredientes funcionais como os prebióticos, probióticos, antioxidantes, vitaminas, entre outros (ROUTRAY; MISHRA, 2011; O'SULLIVAN et al., 2016).

2.5 Análise Sensorial: uma ferramenta no desenvolvimento de novos produtos

A análise sensorial é uma das ferramentas mais importante e amplamente utilizada no desenvolvimento de novos produtos pela indústria de alimentos e em pesquisas científicas, apresentando-se como uma etapa decisória que busca identificar e atender os desejos e as necessidades dos consumidores, garantindo a permanência em um mercado cada vez mais competitivo e dinâmico. Também aplica-se como instrumento para garantir o controle de qualidade, avaliar a vida de prateleira do produto assim como os efeitos das alterações em função de matérias-primas, embalagens ou processamento tecnológico, entre outras situações (VIDAL et al., 2014; LUCIA, MINIM, CARNEIRO, 2013).

Quando o propósito é a substituição com sucesso da sacarose por edulcorantes em formulações alimentares e garantir que a percepção de doçura não seja prejudicada, fazem-se necessários estudos preliminares para determinar a concentração do mesmo que seja equivalente a doçura em relação à sacarose. O método sensorial mais empregado para se obter essa informação é a escala de magnitude que permite uma medida quantitativa direta da intensidade subjetiva de doçura (ROCHA, BOLINI, 2015). Ou seja, determinar a concentração de um componente que promove a mesma intensidade de uma determinada sensação que outro componente conhecido.

O método consiste em utilizar uma amostra de referência que serve de parâmetro para o provador com uma intensidade de valor arbitrário, por exemplo, designado de 100, seguido por uma série de amostras em ordem aleatorizada, com intensidades maiores e menores do que a referência. Os provadores são solicitados a estimar a intensidade de doçura das amostras em relação à referência. Por exemplo, se a amostra apresentar o dobro de doçura da referência, deve-se atribuir o valor de 200, se for metade da doçura deverá ter o valor de 50, e assim por diante (STONE, OLIVER, 1969; MOSKOWITZ, 1970; SOUZA et al., 2011; ROCHA, BOLINI, 2015).

Os resultados atribuídos pelos provadores e os valores das concentrações avaliadas passam por um tratamento matemático em que são convertidos em médias geométricas, normalizados e ajustados para uma escala logarítmica, obtendo-se uma equação de regressão a qual obedece à lei de Stevens ou função de potência (“Power Function”), a saber: $S = aC^n$, onde S é a sensação percebida, C é a concentração do estímulo, a é o antilog do valor de Y no intercepto e n é o coeficiente angular da reta obtida (STONE, OLIVER, 1969; MOSKOWITZ, 1970; SOUZA et al., 2011; ROCHA, BOLINI, 2015).

Os métodos sensoriais descritivos tradicionais consistem em descreverem os aspectos qualitativos e/ou quantitativos dos produtos, ou seja, o objetivo é caracterizar as propriedades sensoriais do produto fornecendo resultados detalhados, consistentes e confiáveis. Entretanto, apresentam como desvantagens o fato de serem demorados e estáticos, visto que não consideram a dinâmica da percepção sensorial ao longo do tempo de ingestão de um produto. Diante disso, a depender dos objetivos, já que uma não substitui a outra, tem-se procurado novas abordagens sensoriais com metodologias mais rápidas e temporais, tais como Check-All-That-Apply (CATA) e Tempo-Intensidade (TI), respectivamente (ARES et al., 2015; DOS SANTOS et al., 2015; ESMERINO et al., 2017).

O método CATA consiste em uma lista de palavras ou frases a partir da qual os consumidores são solicitados a selecionar aquelas que em seu julgamento consideram apropriadas para descrever um produto (ARES et al., 2015). De acordo com Fleming, Ziegler e Hayes (2015), a geração das características que compõem a lista de termos da ficha sensorial pode ser obtida de várias maneiras, tais como por um painel treinado pelos consumidores durante o teste (perfil de escolha livre modificado), por um grupo de foco ou com base na literatura para produtos similares.

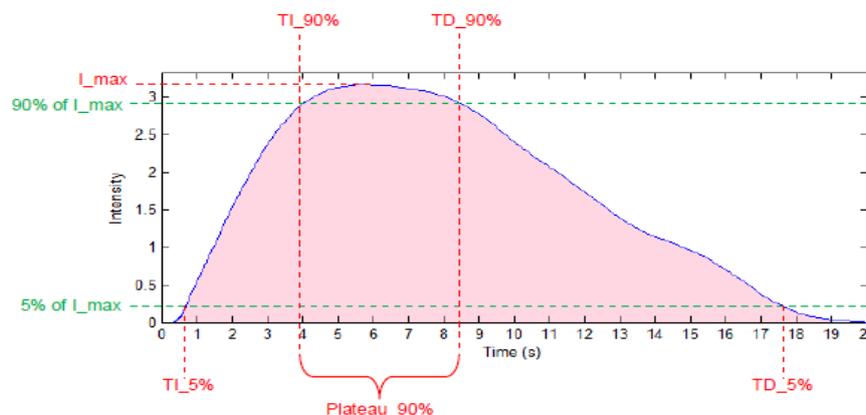
A principal vantagem do método CATA em relação às outras análises descritivas é que os consumidores consideram uma tarefa fácil de ser realizada por sua simplicidade e não sendo tediosa de completar. Além disso, juntamente com o CATA consegue-se, por meio de escala hedônica, avaliar a aceitação dos produtos (ARES et al., 2015; AGUDELO, VARELA, FISZMAN, 2015).

A análise de dados do método CATA consiste em contabilizar a frequência de citação de cada termo, podendo aplicar a análise multivariada como análise de componentes principais (PCA) ou análise de correspondência (AGUDELO, VARELA, FISZMAN, 2015).

Em relação ao método de TI, é uma metodologia que permite monitorar as sensações percebidas durante a ingestão do alimento, sendo aplicada quando se tem como objetivo avaliar o comportamento temporal da intensidade de um atributo em um produto (MORAIS et al., 2014c). Consiste em um teste sensorial realizado com provadores selecionados e treinados em que, por meio de programas computacionais, exemplo sensoMaker, são solicitados a expressar a intensidade, utilizando uma escala, de um determinado atributo ao longo do tempo de ingestão (CADENA, BOLINI, 2011; PINHEIRO, NUNES, VIETORIS, 2013; AZEVEDO et al., 2017). O método é definido como a medida da velocidade, duração e a intensidade com que um estímulo foi percebido de uma única sensação (FREITAS, DUTRA, BOLINI, 2015).

Os dados coletados de TI geralmente são representados por curvas (Figura 5) com a intensidade do atributo em função do tempo, das quais são obtidos os principais parâmetros, a saber: intensidade máxima (I_{max}) que indica a máxima intensidade percebida durante o teste; tempo da intensidade máxima ($T_{I_{max}}$), o tempo quando a intensidade máxima foi percebida; tempo total (T_{tot}), duração total do estímulo; platô (plateau) que é o tempo de duração da intensidade máxima e área sob a curva (Área) que indica a amplitude total ou resposta gustativa total. Posteriormente, os parâmetros podem ser avaliados por análise de variância (ANOVA) a fim de verificar diferenças significativas entre os tratamentos e caso exista, é necessário teste de médias (GOODSTEIN et al., 2014).

Figura 5 – Curva e os parâmetros do Tempo-Intensidade



I_max: maximum intensity

TI_5%: time when intensity is 5% of I_max at increasing part of the curve

TD_5%: time when intensity is 5% of I_max at decreasing part of the curve

TI_90%: time when intensity is 90% of I_max at increasing part of the curve

TD_90%: time when intensity is 90% of I_max at decreasing part of the curve

Plateau_90%: time interval which the intensity is $\geq 90\%$ of I_max

Area: area under the curve

Fonte: Nunes, Pinheiro (2014).

O TI tem sido útil no desenvolvimento de novos produtos em que substituição da sacarose pelos edulcorantes pode provocar alterações na percepção de gostos amargo e doce. É importante que o edulcorante apresente um perfil de doçura próximo do açúcar durante o tempo de permanência do produto na boca e sem gosto de amargor (CADENA, BOLINI, 2011; SOUZA et al., 2013).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição da sacarose em produtos alimentares tornou-se imprescindível, visto que os produtos processados apresentam uma elevada quantidade desse ingrediente e, sabe-se, que os mesmos contribuem de forma expressiva com a ingestão diária total de calorias, estando o consumo excessivo associado ao desencadeamento de doenças com relevância na saúde pública. Sendo o iogurte um produto presente no hábito alimentar da população é importante que o mesmo seja uma opção saudável. Assim, os potenciais substitutos da sacarose como stévia, xilitol, isomaltulose e o prebiótico FOS, podem ser uma estratégia eficiente e com boa aceitação desde que determinada a concentração ótima para que apresentem a mesma percepção de doçura comparado ao produto tradicional. Para isto, faz-se necessário a aplicação de testes sensoriais que possibilitem avaliar o perfil sensorial dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIA. **Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação**. Disponível em: <<http://www.abia.org.br/vsn/temp/z2017620abiaacucar200617.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2018.
- AGUDELO, A.; VARELA, P; FISZMAN, S. Methods for a deeper understanding of the sensory perception of fruit fillings. **Food Hydrocolloids**, v. 46, p. 160-171, April 2015.
- AIDOO, R. P. et al. Industrial manufacture of sugar-free chocolates – Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. **Trends in Food Science & Technology**, v. 32, n. 2, p. 84-96, Aug. 2013.
- AIDOO, R. P.; AFOAKWA, E. O.; DEWETTINCK, K. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/ polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 592-597, June 2015.
- AKESOWAN, A. Optimization of textural properties of konjac gels formed with κ -carrageenan or xanthan and xylitol as ingredients in jelly drink processing. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n.6, p. 1735-1743, Dec. 2015.
- ALLGEYER, L. C.; MILLER, M. J.; LEE, S. Y. Drivers of Liking for Yogurt Drinks with Prebiotics and Probiotics. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 4, p. S212-S219, May 2010.
- ANTON, S. D. et al. Effects of stevia, aspartame, and sucrose on food intake, satiety, and postprandial glucose and insulin levels. **Appetite**, v. 55, n.1, p. 37-43, Aug. 2010.
- ANVISA. **AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA**. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, 22 de dezembro de 2016. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegacoes>>. Acesso em: 01 jan. 2018.
- ARES, G. et al. Comparison of sensory product profiles generated by trained assessor and consumers using CATA questions: Four case studies with complex and/or similar samples. **Food Quality and Preference**, v. 45, p. 75-86, Oct. 2015.
- ARYANA, K. J.; MCGREW, P. Quality attributes of yogurt with *Lactobacillus casei* and various prebiotics. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n.10, p. 1808-1814, Dec. 2007.
- AZEVEDO, B. M. et al. Bittersweet chocolates containing prebiotic and sweetened with stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) with different Rebaudioside A contents: multiple time–intensity analysis and physicochemical characteristics. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 8, p. 1731-1738, Aug. 2017.

BAREA-ALVAREZ, M. et al. Synthesis and characterization of isomaltulose-derived oligosaccharides produced by transglucosylation reaction of *Leuconostoc mesenteroides* dextransucrase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n.37, p. 9137-9144, Aug. 2014.

BELSCAK-CVITANOVIC, A. et al. Physical, bioactive and sensory quality parameters of reduced sugar chocolates formulated with natural sweeteners as sucrose alternatives. **Food Chemistry**, v 167, p. 61-70, Jan. 2015.

BRAGA, H. F.; CONTI-SILVA, A. C. Papaya nectar formulated with prebiotics: Chemical characterization and sensory acceptability. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n.1, p. 854-860, June 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 18 de 30 de abril de 1999. Dispõe sobre as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e/ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, de 30 abril 1999. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/18_99.htm>. Acesso em: 13 de nov. de 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº18 de 24 de março de 2008. Dispõe sobre o "Regulamento Técnico que autoriza o uso de aditivos edulcorantes em alimentos, com seus respectivos limites máximos". **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, de 24 março 2008. Disponível em: <http://www.anvisa.org.br>. Acesso em: 13 de nov. de 2016.

BRASIL. Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017. Aprova o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil** de 30 de março de 2017. Brasília: 2017b.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Secretária de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação de Saúde. Plano de ações estratégicas para o enfrentamento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) no Brasil 2011-2022/Ministério da Saúde. Ministério da Saúde. Secretária de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação de Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2011. 160 p.

BRASIL. **Ministério da Saúde**. Secretária de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. Vigitel Brasil 2016: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico: estimativas sobre a frequência e distribuição sócio demográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2016/Ministério da Saúde, Secretária de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2017a. 160 p.

CADENA, R. S.; BOLINI, H. M. A. Time–intensity analysis and acceptance test for traditional and light vanilla ice cream. **Food Research International**, v. 44, n. 3, p. 677-683, April 2011.

CAI, L. et al. Confectionery gels: Effects of low calorie sweeteners on the rheological properties and microstructure of fish gelatina. **Food Hydrocolloids**, v. 67, p. 157-165, June 2017.

CALEJA, C. et al. Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives. **Food Chemistry**, v. 210, p. 262-268, Nov. 2016.

CARABIN, I.G.; FLAMM, W.G. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 30, n.3, p. 268-282, Dec. 1999.

CARDELLO, H. M. A. B.; DA SILVA, M. A. P. A.; DAMÁSIO, M. H. Measurement of the relative sweetness of stevia extract, aspartame and cyclamate/saccharin blend as compared to sucrose at different concentrations. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 54, p. 119-130, May 1999.

CARDELLO, H. M. A. B.; SILVA, M. A. A. P.; DAMÁSIO, M. H. Análise descritiva quantitativa de edulcorantes em diferentes concentrações. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 318-328, Sept. /Dec. 2000.

CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. **Food and Chemical Toxicology**, v. 107, p. 302 – 317, Sept. 2017.

CHATSUPTHIPONG, V.; MUANPRASAT, C. Stevioside and related compounds: Therapeutic benefits beyond sweetness. **Pharmacology & Therapeutics**, v.121, p. 41–54, 2009.

CORMIER, H. et al. Association between yogurt consumption, dietary patterns, and cardio-metabolic risk factors. **European Journal of Nutrition**, v. 55, n. 2, p. 577-587, Mar. 2016.

CRUZ, A. G. et al. Análise sensorial de produtos alimentícios probióticos e prebióticos. In: SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. **Probióticos e Prebióticos em Alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas**. 1 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2011, cap. 8, p. 195-222.

CRUZ, A. G. et al. Consumer perception of probiotic yogurt: Performance of check-all-that-apply (CATA), projective mapping, sorting and intensity scale. **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 601-610, Nov. 2013b.

CRUZ, A. G. et al. Developing a prebiotic yogurt: Rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. **Journal of Food Engineering**, v. 114, n.3, p. 323–330, Feb. 2013a.

DASGUPTA, D. et al. Challenges and prospects of xylitol production with whole cell bio-catalysis: A review. **Microbiological Research**, v. 197, p. 9-21, April 2017.

- DOMINGUEZ, A. L. et al. An overview of the recent developments on fructo-oligosaccharide production and applications. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n.2, p. 324-337, Feb. 2014.
- DOS SANTOS, B. A. et al. Check all that apply and free listing to describe the sensory characteristics of low sodium dry fermented sausages: Comparison with trained panel. **Food Research International**, v. 76, p. 725-734, Oct. 2015.
- DRABINSKA, N.; ZIELINSKI, H.; KRUPA-KOZAK, U. Technological benefits of inulin-type fructans application in gluten-free products - A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 56, p. 149-157, Oct. 2016.
- EDWARDS, C. H. et al. The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. **Trends in Food Science & Technology**, v. 56, p. 158-166, Oct. 2016.
- EFSA (European Food Safety Authority). Scientific Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive. *EFSA Journal*, v. 8, n.4, p. 1537, 2010.
- ESMERINO, E. A. et al. Dynamic profiling of different ready-to-drink fermented dairy products: A comparative study using Temporal Check-All-That-Apply (TCATA), Temporal Dominance of Sensations (TDS) and Progressive Profile (PP). **Food Research International**, v. 101, p. 249-258, Nov. 2017.
- FLEMING, E. E.; ZIEGLER, G. R.; HAYES, J. E. Check-all-that-apply (CATA), sorting, and polarized sensory positioning (PSP) with astringent stimuli. **Food Quality and Preference**, v. 45, p. 41-49, Oct. 2015.
- FREITAS, M. L. F.; DUTRA, M. B. de L.; BOLINI, H. M. A. Time-intensity profile of pitanga nectar (*Eugenia uniflora* L.) with different sweeteners: Sweetness and bitterness. **Food Science and Technology International**, v. 22, n. 1, p. 58-67, Jan. 2015.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v.125, n.6, p. 1401-1412, June 1995.
- GONZALEZ, N. J.; ADHIKARI, K.; SANCHO-MADRIZ, M. F. Sensory characteristics of peach-flavored yogurt drinks containing prebiotics and synbiotics. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n.1, p. 158-163, Jan. 2011.
- GOODSTEIN, E. S. et al. Perception of flavor finish in model white wine: A time-intensity study. **Food Quality and Preference**, v. 36, p. 50-60, Sept. 2014.
- GRANATO, D. et al. Probiotic dairy products as functional foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, p. 455 – 470, 2010.

GREMBECKA, M. Sugar alcohols – their role in the modern world of sweeteners: a review. **European Food Research and Technology**, v. 214, n. 1, p. 1-14, July 2015.

GUGGISBERG, D.; PICCINALI, P.; SCHREIER, K. Effects of sugar substitution with Stevia, ActilightTM and Stevia combinations or PalatinoseTM on rheological and sensory characteristics of low-fat and whole milk set yoghurt. **International Dairy Journal**, v. 21, n. 9, p. 636-644, Sept. 2011.

HAO, Y. et al. Sucrose substitution by polyols in sponge cake and their effects on the foaming and thermal properties of egg protein. **Food Hydrocolloids**, v. 57, p. 153-159, June 2016.

HENRY, C. J. et al. A low glycaemic index diet incorporating isomaltulose is associated with lower glycaemic response and variability, and promotes fat oxidation in Asians. **Nutrients**, v. 9, n. 473, p. 1-13, 2017.

HONORATO, T. C. et al. Aditivos alimentares: aplicações e toxicologia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 01 – 11, Dez. 2013.

JONKER, D.; LINA, B. A. R.; KOZIANOWSKI, G. 13-Week oral toxicity study with isomaltulose (Palatinose[®]) in rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 40, n. 10, p. 1383-1389, Oct. 2002.

KAUR, N.; GUPTA, A. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. **Journal of Biosciences**, v. 27, n. 7, p. 703-714, Dec. 2002.

KAWAGUTI, H. Y.; SATO, H. H. Produção de isomaltulose, um substituto da sacarose, utilizando glicosiltransferase microbiana. **Química Nova**, v. 31, n. 1, p. 134-143, 2008.

KAWAGUTI, H. Y.; SATO, H. H. Isomaltulose production by free cells of *Serratia plymuthica* in a batch process. **Food Chemistry**, v. 120, n. 3, p. 789-793, June 2010.

KUTYLA-KUPIDURA, E. M. et al. Properties of sugar-free cookies with xylitol, sucralose, acesulfame K and their blends. **Journal of Food Process Engineering**, v. 39, n. 4, p. 321-329, Aug. 2016.

LEMUS-MONDACA, R. et al. Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. **Food Chemistry**, v. 132, n. 3, p. 1121–1132, June 2012.

LINA, B. A. R.; JONKER, D.; KOZIANOWSKI, G. Isomaltulose (Palatinose[®]): a review of biological and toxicological studies. **Food and Chemical Toxicology**, v. 40, n. 10, p. 1375-1381, Oct. 2002.

LINDLEY, M. G. Natural high-potency sweeteners. In: O'DONNELL, K; KEARSLEY, M. W. **Sweeteners and sugar alternatives in food technology**. 2nd ed., Wiley-Blackwell, 2012, cap. 9, p.185-207.

LUCIA, S. M. D.; MINIM, V. P. R.; CARNEIRO, J. D. S. Análise sensorial de alimentos. In: MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 3 ed. atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2013. cap. 1, p. 13-48.

MABEL, M. J. et al. Physicochemical characterization of fructooligosaccharides and evaluation of their suitability as a potential sweetener for diabetics. **Carbohydrate Research**, v. 343, n. 1, p. 56-66, Jan. 2008.

MORAIS, E. C. et al. Development of chocolate dairy dessert with addition of prebiotics and replacement of sucrose with different high-intensity sweeteners. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 5, p. 2600-2609, May 2014a.

MORAIS, E. C. et al. Prebiotic gluten-free bread: Sensory profiling and drivers of liking. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, n.1, p. 248-254, jan. 2014b.

MORAIS, E. C. et al. Multiple time-intensity analysis and temporal dominance of sensations of chocolate dairy dessert using prebiotic and different high-intensity sweeteners. **Journal of Sensory Studies**, v. 29, n.5, p. 339-350, Oct. 2014c.

MORAIS, E. C. et al. Prebiotic and diet/light chocolate dairy dessert: Chemical composition, sensory profiling and relationship with consumer expectation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n.1, p. 424-430, June 2015.

MOSKOWITZ, H.R. Ratio scales of sugar sweetness. **Attention, Perception Psychophys**, Austin, v.7, n. 5, p.315-20, 1970.

MUSHTAQ, Z. et al. Impact of xylitol replacement on physicochemical, sensory and microbial quality of cookies. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 9, n. 6, p. 605-610, 2010.

MUSSATTO, S. I.; ROBERTO, I. C. Xilitol: edulcorante com efeitos benéficos para a saúde humana. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 38, n. 4, p. 401-413, out./dez. 2002.

MUSSATTO, S. I. Application of Xylitol in food formulations and benefits for health. In: DA SILVA, S. S.; CHANDEL, A. K. **D-Xylitol fermentative production, application and commercialization**. 1nd ed., Springer, 2012. cap. 14, p. 309-323.

MU, W. et al. Current studies on sucrose isomerase and biological isomaltulose production using sucrose isomerase. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 98, n. 15, p. 6569-6582, Aug. 2014.

NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M. **SensoMaker: user guide**. Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, MG, Brasil., p. 35, May 2014. -

OLIVEIRA, D. et al. Difference thresholds for added sugar in chocolate-flavoured milk: Recommendations for gradual sugar reduction. **Food Research International**, v. 89, p. 448-453, Nov. 2016.

OLVEIRA, G.; GONZÁLEZ-MOLERO, I. Actualización de probióticos, prebióticos y simbióticos en nutrición clínica. **Endocrinología y Nutrición**, v. 63, n.9, p.482-494, Nov. 2016.

OMS. **Organização Mundial da Saúde**. WHO calls on countries to reduce sugars intake among adults and children. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/sugar-guideline/en/>>. Acessado em: 07 fev. 2018a.

OMS. **Organização Mundial da Saúde**. World Health Organization (WHO). Diabetes. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/>>. Acessado em: 07 fev. 2018b.

OMS. **Organização Mundial da Saúde**. World Health Organization (WHO). Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013-2020. 55 p. Disponível em: <<http://www.who.int/nmh/publications/ncd-action-plan/en/>>. Acessado em: 10mar. 2018c.

O'SULLIVAN, A. M. et al. Seaweed extracts as potential functional ingredients in yogurt. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 37, p. 293–299, Oct. 2016.

PIMENTEL, T. C.; MADRONA, G. S.; PRUDENCIO, S.H. Probiotic clarified apple juice with oligofructose or sucralose as sugar substitutes: Sensory profile and acceptability. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 838-846, June 2015.

PINHEIRO, A. C. M.; NUNES, C. A.; VIETORIS, V. SensoMaker: a tool for sensorial characterization of food products. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 1, p. 199-201, maio/jun., 2013.

RASOULI-PIROUZIAN, H.; PEIGHAMBARDoust, S. H.; AZADMARD-DAMIRCHI, S. Rheological properties of sugar-free milk chocolate: comparative study and optimisation. **Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties**, v. 35, n. 5, p. 440-448, 2017.

REIS, R. C. et al. Sweetness equivalence of different sweeteners in strawberry-flavored yogurt. **Journal of Food Quality**, v.34, n. 3, p. 163–170, June 2011.

ROBERFROID, M. B. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, p. 1660S – 1664S, 2000.

ROCHA, I. F. de O., BOLINI, H. M. A. Different sweeteners in passion fruit juice: Ideal and equivalent sweetness. **LWT – Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 861-867, June 2015.

ROLIM, P. M. Development of prebiotic food products and health benefits. **Food Science and Technology**, Campinas, vol. 35, n.1, p. 3-10, Jan./Mar. 2015.

ROUTRAY, W.; MISHRA, H. N. Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 10, p. 208-220, 2011.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 1-14, jan./mar. 2006.

SAAD, S. M. I.; BEDANI, R.; MAMIZUKA, E. M. Benefícios à saúde dos probióticos e prebióticos. In: SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. **Probióticos e Prebióticos em Alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas**. 1 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2011, cap. 2, p. 51-84.

SAMPAIO, K. L.; BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. Influência da expectativa do consumidor na aceitação de produtos probióticos e prebióticos. In: SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. **Probióticos e Prebióticos em Alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas**. 1 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2011, cap. 9, p. 223-237.

SANGEETHA, P. T.; RAMESH, M. N.; PRAPULLA, S. G. Recent trends in the microbial production, analysis and application of Fructooligosaccharides. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n.10, p. 442–457, Oct. 2005a.

SANGEETHA, P. T.; RAMESH, M. N.; PRAPULLA, S. G. Maximization of fructooligosaccharide production by two stage continuous process and its scale up. **Journal of Food Engineering**, v. 68, n.1, p. 57–64, May 2005b.

SAWALE, P. D. et al. Isomaltulose (Palatinose) – Na emerging carbohydrate. **Food Bioscience**, v. 18, p. 46-52, June 2017.

SENTKO, A.; WILLIBALD-ETTLE, I. Isomaltulose. In: O'DONNELL, K; KEARSLEY, M. W. **Sweeteners and sugar alternatives in food technology**. 2nd ed., Wiley-Blackwell, 2012, cap. 18, p.397-415.

SIRÓ, I. et al. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance - A review. **Appetite**, v. 51, n. 3, p. 456–467, Nov. 2008.

SOKMEN, A.; GUNES, G. Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. **LWT – Food Science and Technology**, v. 39, n. 10, p. 1053-1058, Dec. 2006.

SOUZA, V. R. et al. Analysis of various sweeteners in Petit Suisse Cheese: Determination of the ideal and equivalent sweetness. **Journal of Sensory Studies**, v. 26, n. 5, p. 339–345, Oct. 2011.

SOUZA, V. R et al. Analysis of various sweeteners in low-sugar mixed fruit jam: equivalent sweetness, time-intensity analysis and acceptance test. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 7, p. 1541–1548, July 2013.

STONE, H.; OLIVER, S. M. Measurement of the relative sweetness of selected sweeteners and sweetener mixtures. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 34, n. 2, p. 215-222, 1969.

TÁRREGA, A.; ROCAFULL, A.; COSTELL, E. Effect of blends of short and long-chain inulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 556–562, Apr. 2010.

VALCHEVA, R.; DIELEMAN, L. A. Prebiotics: Definition and protective mechanisms. **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology**, v. 30, n.1, p. 27-37, Feb. 2016.

VIDAL, L. et al. Stability of sample configurations from projective mapping: How many consumers are necessary? **Food Quality and Preference**, v. 34, p. 79-87, June 2014.

VILLEGAS, B. et al. Optimising acceptability of new prebiotic low-fat milk beverages. **Food Quality and Preference**, v. 21, n. 2, p. 234–242, Mar. 2010.

VOLPINI-RAPINA, L. F.; SOKEI, F. R.; CONTI-SILVA, A. C. Sensory profile and preference mapping of orange cakes with addition of prebiotics inulin and oligofructose. **LWT - Food Science and Technology**, v. 48, n.1, p. 37-42, Setp. 2012.

WANG, Y. Prebiotics: Present and future in food science and technology. **Food Research International**, v. 42, n. 1, p. 8–12, Jan. 2009.

YUN, J. W. Fructooligosaccharides – occurrence, preparation and application. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 19, n.2, p. 107-117, Aug. 1996.

ZACARCHENCO, P. B.; VAN DENDER, A. G. F; REGO, R. A. Brasil dairy trends 2020: Tendências do mercado de produtos lácteos. 1. Ed. – São Paulo, Campinas: ITAL, 343p., 2017.

ZACHARIS, C. Xylitol. In: O'DONNELL, K; KEARSLEY, M. W. **Sweeteners and sugar alternatives in food technology**. 2nd ed., Wiley-Blackwell, 2012, cap. 16, p. 347-371.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Prebiótico e edulcorantes naturais como alternativas saudáveis à substituição da sacarose em iogurte

Será submetido à Food Research International (ISSN 0963 -9969), sendo apresentado de acordo com as regras de publicação desta revista.

Jéssica Sousa Guimarães ^a, Sabrina Carvalho Bastos ^b, Ana Carla Marques Pinheiro ^{c,*}

^aDepartamento Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras – MG, Brasil, jsguimaraes.nutri@gmail.com

^b Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras – MG, Brasil, sabrinabastos@dnu.ufla.br

^{*c} Departamento Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras – MG, Brasil, anacarlamp@dca.ufla.br

RESUMO

Objetivou-se determinar a equivalência e a potência de doçura do fruto-oligossacarídeo e de edulcorantes naturais (stévia, xilitol, isomaltulose) em relação à sacarose em iogurtes, caracterizar o comportamento da doçura no aspecto temporal, obter o perfil descritivo e a aceitação de iogurtes com sacarose e seus potenciais substitutos. Para isto, o estudo envolveu análises de equivalência e potência dos substitutos por meio do método de escala de magnitude, tempo-intensidade, análise check-all-that-apply e teste de aceitação e foram avaliadas um total de cinco amostras de iogurtes adoçadas com sacarose, stévia, xilitol, isomaltulose e fruto-oligossacarídeo. Os testes foram realizados por voluntários consumidores de iogurtes. A concentração ideal de sacarose a ser adicionada no iogurte foi de 5,1% e as concentrações equivalentes dos substitutos para promover a mesma percepção de doçura da sacarose foram de 0,0263% de stévia, 23,88% de fruto-oligossacarídeo, 6,10% de xilitol e 18,20% de isomaltulose. Quanto à análise de tempo-intensidade, as amostras demonstraram perfil temporal de intensidade de doçura similar à sacarose enquanto que o fruto-oligossacarídeo e a isomaltulose apresentaram intensidades maiores. No que diz respeito à análise check-all-that-apply, os iogurtes adoçados com fruto-oligossacarídeo e isomaltulose foram caracterizados como viscosos, consistentes/encorpados, cremosos, aerados, aveludados, gosto doce e sabor característico de iogurte natural. O iogurte adoçado com sacarose apresentou as mesmas características de sabor do fruto-oligossacarídeo e isomaltulose, porém com textura líquida. Já as amostras com stévia e xilitol foram descritas por apresentarem sabor de leite fermentado, gosto ácido e amargo, sabor metálico, gosto residual e líquidas. Os consumidores avaliaram o aspecto global dos produtos e preferiram as amostras adoçadas com isomaltulose (5,84), fruto-oligossacarídeo (5,58) e sacarose (5,01). A amostra adoçada com xilitol foi a segunda menos preferida pelos consumidores com média de (4,58) e desgostaram do iogurte com stévia (4,09). Portanto, a possibilidade de substituição da sacarose por prebiótico e edulcorantes naturais em iogurtes é uma estratégia bem aceita pelos consumidores e também promissora, pois a redução no consumo de sacarose tem sido um problema crítico na saúde pública e também um desejo dos consumidores.

Palavras – chave: Fruto-oligossacarídeo. Xilitol. Isomaltulose. Stévia. Escala de magnitude. Questões CATA. Tempo-Intensidade.

ABSTRACT

This research aimed to determine the equivalence and the sweetness potency of the fructooligosaccharide and of natural sweeteners (stevia, xylitol, isomaltulose) in relation to sucrose in yogurts, to characterize sweetness behavior in the temporal aspect, to obtain the descriptive profile and acceptance of yogurt with sucrose and its potential substitutes. The study involved equivalence and potency analyses of sucrose substitutes using magnitude, time-intensity, check-all-that-apply and acceptance test methods. Five samples of yogurts each of them sweetened with sucrose, stevia, xylitol, isomaltulose and fructooligosaccharide. Volunteers who consume yogurts conducted the tests. The ideal concentration of sucrose added to yogurt is 5.1% and the equivalent concentrations of the substitutes to promote the same sweetness perception as sucrose were 0.0263% stevia, 23.88% fructooligosaccharide, 6.10% xylitol and 18.20% isomaltulose. As for the time-intensity analysis, the samples showed a sweetness intensity profile similar to sucrose, while fructooligosaccharide and isomaltulose presented higher intensities. Regarding the check-all-that-apply analysis, fructooligosaccharide and isomaltulose sweetened yogurts were characterized as viscous, consistent / full-bodied, creamy, aerated, velvety, sweet taste and characteristic yogurt flavor. Sucrose-sweetened yogurt presented the same flavor characteristics as fructooligosaccharide and isomaltulose, but with a liquid texture. The samples with stevia and xylitol were described as fermented milk flavor, acid and bitter taste, metallic taste, residual taste and liquid. Consumers evaluated overall appearance of the products and preferred the samples sweetened with isomaltulose (5.84), fructooligosaccharide (5.58) and sucrose (5.01). The xylitol sweetened sample was the second least preferred by consumers with an average of (4.58) and the least preferred was stevia-sweetened yogurt (4.09). Therefore, the possibility of replacing sucrose with prebiotic and natural sweeteners in yogurts is a well-accepted and promising consumer strategy, as the reduction in sucrose consumption has been a critical problem in public health and also a consumer wish.

Keywords: Fructooligosaccharide. Xylitol. Isomaltulose. Stevia. Magnitude scale. CATA question. Time-intensity.

1 INTRODUÇÃO

Os indivíduos apresentam uma preferência natural pelo gosto doce, o que contribuiu para que a indústria alimentícia adicionasse uma quantidade excessiva de sacarose em produtos industrializados, tais como em cereais matinais, leites adoçados, iogurtes, sorvetes e bebidas açucaradas, estimulando o prazer de comer esses produtos e, conseqüentemente, um efeito lucrativo nas vendas e comercialização dos produtos (Oliveira et al., 2016).

No entanto, a sacarose tem contribuído de forma relevante e disfarçada com calorias na dieta e é reconhecido que a ingestão excessiva está associada com a crescente prevalência de várias enfermidades, tais como as doenças crônicas não transmissíveis (obesidade, diabetes mellitus, síndrome metabólica, entre outras) e cárie dentária (Oliveira et al., 2016).

No cenário atual no qual os consumidores estão mais conscientes em relação à saúde e aos benefícios de um planejamento alimentar equilibrado, estes têm procurado por produtos naturais e com apelo de saudabilidade (Gonzalez, Adhikari & Sancho-Madriz, 2011; Azevedo, Morais-Ferreira, Luccas & Bolini, 2017; Konar, Toker, Oba & Sagdic, 2016). Por isso, no desenvolvimento de novos produtos com o intuito de atender as expectativas e desejos dos consumidores, têm-se buscado estratégias para reduzir a adição de sacarose em alimentos (Souza et al., 2013). Nesse sentido os edulcorantes naturais e os ingredientes prebióticos são potenciais substitutos.

Dentre as opções de edulcorantes conhecidos, a stévia, nome comum para o glicosídeo de esteviol, tornou-se um substituto atraente tanto para as indústrias de alimentos quanto para o consumidor, pelo fato de seu alto poder dulçor cerca de 200 a 300 vezes maior que o da sacarose, além de ser um edulcorante natural, não calórico e seguro para o consumo (Guggisberg, Piccinali & Schreier, 2011; Gasmalla, Yang & Hua, 2014). A literatura relata a aplicação da stévia em chocolates (Aidoo, Afoakwa & Dewettinck, 2015; Azevedo, Morais-Ferreira, Luccas & Bolini, 2017), iogurtes (Reis et al., 2011; Guggisberg, Piccinali & Schreier, 2011), leite achocolatado (Paixão, Rodrigues, Esmerino, Cruz & Bolini, 2014) e sucos (Mielby et al., 2016; Reis, Alcaire, Deliza & Ares, 2017).

Outros substitutos promissores para a sacarose e que tem sido alvo de interesses são o xilitol e a isomaltulose. A absorção desses edulcorantes no trato gastrointestinal

ocorre lentamente ocasionando uma baixa resposta glicêmica e insulinêmica, sendo assim, adequado para aplicação em produtos que atende ao público diabético (Guggisberg, Piccinali & Schreier, 2011; Edwards, Rossi, Corpe, Butterworth & Ellis, 2016; Caroch, Morales & Ferreira, 2017).

O xilitol apresenta poder dulçor equivalente à sacarose e perfil de intensidade de doçura ao longo do tempo parecido com a mesma, porém menos calórico e nenhum sabor desagradável (Grembecka, 2015; Akesowan, 2015). A isomaltulose, comercializada com o nome de palatinose, demonstra gosto doce suave, apresentando cerca de 50% da doçura da sacarose e mesmo valor calórico da sacarose (Lina, Jonker & Kozianowski, 2002; Mu, Li, Wang, Zhang & Jiang, 2014). Alguns estudos têm mostrado resultados satisfatórios para a substituição da sacarose por xilitol (Ronda, Gómez, Blanco & Caballero, 2005) e isomaltulose (Periche, Heredia, Escriche, Andrés & Castelló, 2014; Periche, Heredia, Escriche, Andrés & Castelló, 2015; Silva et al., 2016; Rubio-Arreaez, Ferrer, Capella, Ortolá & Castelló, 2017).

Outro possível substituto parcial da sacarose é o fruto-oligossacarídeo (FOS), um prebiótico que atua na modulação da microbiota intestinal como substrato específico para as bactérias benéficas intestinais, não cariogênico, com maior solubilidade que a sacarose e fornecendo pequenas quantidades de calorias (Saad, 2006; Mabel, Sangeetha, Platel, Srinivasan & Prapulla 2008; Dominguez, Rodrigues, Lima & Teixeira, 2014). Estudos avaliaram a adição de FOS isolado ou combinado a outro prebiótico em diferentes produtos, tais como em iogurtes (Guggisberg, Piccinali & Schreier, 2011; Gonzalez, Adhikari & Sancho-Madriz, 2011; Cruz et al., 2013a), sorvete produzido com leite de ovelha (Balthazar et al., 2017) e sobremesa láctea achocolatada (Morais, Morais, Cruz & Bolini, 2014).

Portanto, considerando a crescente busca do consumidor por produtos com redução ou substituição da sacarose por diferentes substâncias edulcorantes naturais e os malefícios para a saúde do consumo excessivo de sacarose, as estratégias para reduzir ou substituir a mesma tem relevância para as indústrias alimentícias e na saúde pública, mas é um desafio a preservação das características sensoriais similares ao produto tradicional. Tendo em vista que as substâncias edulcorantes podem originar mudanças nos atributos sensoriais da matriz alimentar e, assim, determinar a sua aceitação no mercado, torna-se fundamental o conhecimento das características sensoriais do produto modificado. Neste contexto, os objetivos deste estudo foram determinar a equivalência e a potência de

doçura do FOS e de edulcorantes naturais (stévia, xilitol, isomaltulose) em relação à sacarose em iogurtes, caracterizar o comportamento da doçura no aspecto temporal, obter o perfil descritivo e a aceitação dos iogurtes com sacarose e seus potenciais substitutos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostras

As amostras de iogurte natural sem adição de sacarose ou edulcorantes foram adquiridas da marca Verde Campo, localizada na cidade de Lavras – MG, Brasil. Os demais ingredientes utilizados foram: fruto-oligossacarídeo (*SENSUS* – Frutalose® OFP), xilitol (Nutrify®), isomaltulose (Vitafor®) e glicosídeo de esteviol (75% de Esteviosídeo + Rebaudiosídeo A).

2.2 Análise Sensorial

As sessões dos testes sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em cabines individuais com iluminação adequada (sob luz branca) e temperatura do laboratório à 22-23°C, garantindo assim conforto e privacidade para os provadores. A aprovação das questões éticas do estudo foi obtida pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFLA (CAAE: 64259616.9.0000.5148) e os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os participantes eram consumidores diários de iogurte, do sexo feminino e masculino, com idade variando entre 18 e 50 anos. Os iogurtes foram distribuídos aos provadores em temperatura de refrigeração de 4° C.

2.2.1 Seleção de provadores

Foram recrutados trinta indivíduos consumidores de iogurtes interessados em participar da pesquisa, com disponibilidade e sem restrição quanto ao consumo de qualquer um dos ingredientes utilizados.

A seleção foi feita a partir da realização de testes de reconhecimento de gostos básicos (ISO 8586:2012) e testes triangulares com o iogurte contendo duas concentrações diferentes de aspartame com diferença significativa, obtida por meio do teste de comparação pareada, ao nível de 1% de significância. Os testes triangulares foram

utilizados para selecionar indivíduos com uma boa capacidade de discriminar amostras (Souza et al., 2011).

Posteriormente aplicou-se a análise sequencial de Wald (Amerine, Pangborn & Roessler, 1965) para verificar a aptidão dos candidatos em discriminar amostras (Meilgaard, Civille & Carr, 1999). Para isto utilizou-se os valores de $p=0,30$ (máxima inabilidade aceitável), $p_1=0,70$ (mínima habilidade aceitável), e para os riscos $\alpha=0,10$ (probabilidade de aceitar um candidato sem acuidade sensorial) e $\beta=0,10$ (probabilidade de rejeitar um candidato com acuidade sensorial). A partir dos parâmetros definidos, foram obtidas duas equações de reta utilizadas para construir o gráfico de análise de Wald com três áreas: aceitação, dúvida e rejeição. Os provadores foram selecionados ou rejeitados de acordo com o número de testes corretos analisados no gráfico. Quinze provadores foram selecionados para o teste de determinação das concentrações equivalentes de doçura do FOS e dos diferentes edulcorantes (xilitol, stévia e isomaltulose).

2.2.2 Teste de Magnitude

2.2.2.1 Treinamento para a análise com a escala de magnitude

Os provadores selecionados foram treinados para familiarização com a metodologia de escala de magnitude e explicação do uso correto da escala (Souza et al., 2011). No treinamento utilizaram-se três amostras de iogurtes adoçadas nas concentrações de 3,2%, 5,1% e 8,16% de sacarose. Os provadores foram solicitados a estimar a intensidade de doçura em comparação com a referência (5,1% de sacarose) realizado em três repetições.

2.2.2.2 Determinação da equivalência e potência de doçura em iogurtes

A concentração central da sacarose foi baseada na doçura ideal de sacarose em iogurte natural estabelecida no estudo de Ribeiro (2017), sendo esta de 5,1%.

As concentrações centrais dos substitutos da sacarose basearam-se no poder de doçura relativa conforme informações do fabricante e confirmadas ou reajustadas por pré-testes. Para calcular as demais concentrações utilizou-se um fator de multiplicação de 1,6,

de acordo com Souza et al. (2011), apresentadas na Tabela 1. Os testes foram realizados em três sessões, para cada um dos substitutos e para a sacarose.

Tabela 1 Concentrações das amostras de sacarose e dos substitutos da mesma utilizadas para determinar a equivalência de doçura em relação ao ideal de 5,1% de sacarose em iogurte.

Amostras	Concentrações (%)				
Sacarose	2	3,2	5,1	8,16	13,06
Stévia	0,011	0,016	0,022	0,031	0,043
FOS	8,0	12,75	20,4	32,64	52,22
Xilitol	2	3,2	5,1	8,16	13,06
Isomaltulose	6,38	10,20	16,32	26,11	41,77

Os provadores selecionados e treinados receberam uma amostra referência R (iogurte com adição ideal de sacarose), com intensidade designada por um valor arbitrário de doçura 100, seguida de cinco amostras de iogurte (20 mL) com as diferentes concentrações de sacarose e de seus substitutos codificadas em ordem balanceada (Macfie, Bratchell, Greenhoff & Vallis, 1989). Os provadores foram solicitados a estimar as intensidades de doçura das amostras codificadas em relação à referência R. Por exemplo, se a amostra apresentasse o dobro da doçura da referência, deveria receber valor 200, se apresentasse a metade da doçura, 50 e, assim por diante.

2.2.3 Tempo-Intensidade (TI)

2.2.3.1 Seleção e treinamento

Para participar da análise de TI foram recrutados os quinze provadores selecionados no painel do teste de escala de magnitude que realizaram o treinamento para intensidade de doçura. Nas três sessões de treinamento os provadores foram instruídos e familiarizados a usarem o programa computacional de coleta de dados SensoMaker (Nunes & Pinheiro, 2013; Pinheiro, Nunes & Vietoris, 2013) e foram definidos os tempos de espera inicial e o tempo total do teste de 2 e 30 segundos, respectivamente. No

treinamento receberam três amostras de iogurtes codificadas e aleatorizadas (20 mL) com as concentrações de 4,25%; 5,1% (doçura ideal) e 6,12% de sacarose.

2.2.3.2 Teste final de Tempo-Intensidade (TI)

Nesta etapa foram avaliadas as cinco amostras de iogurte (20 mL) na concentração ideal de 5,1% de sacarose e as demais equivalentes de doçura do FOS e dos edulcorantes naturais em relação à sacarose de forma monádica, aleatoriamente e em três repetições. Os treze provadores selecionados e treinados registraram a intensidade percebida do gosto doce durante o tempo estabelecido.

A aquisição de dados para o teste foi no programa SensoMaker, versão 1.91, UFLA, Lavras - Brasil (Nunes & Pinheiro, 2013; Pinheiro, Nunes & Vietoris, 2013). Os parâmetros da curva T-I avaliados foram: $I_{máx}$ (Intensidade máxima), $TI_{máx}$ (Tempo de intensidade máxima), Platô (Tempo de duração da intensidade máxima), Área (Área sob a curva), Td (tempo correspondente ao ponto onde a intensidade máxima começa a declinar) e T total (tempo total de duração do estímulo). A escala usada para a análise foi de dez pontos, sendo zero referente a nenhuma percepção e dez referente a uma extrema percepção do gosto avaliado.

2.2.4 Check-All-That-Apply (CATA) e aceitação

O método CATA foi realizado por 106 consumidores de iogurte, recrutados aleatoriamente que avaliaram as cinco amostras (20 mL) codificadas, em ordem balanceada e monadicamente (Varela & Ares, 2012). Uma das amostras correspondia à concentração ideal de 5,1% de sacarose e as demais nas concentrações equivalentes de FOS e dos edulcorantes naturais em relação à sacarose.

A lista de atributos, conforme a Tabela 2, consistiu de vinte atributos agrupados em duas colunas, doze atributos referentes a sabor, sete para textura e a opção outro, na qual o provador tinha a liberdade de expressar alguma característica percebida e ausente na lista. O levantamento das características mais relevantes dos iogurtes foi definido por meio de um grupo de foco (Lawless & Heymann, 2010) com participação de vinte consumidores de iogurte.

Tabela 2 Lista de atributos utilizados na análise CATA para caracterização dos iogurtes em relação ao perfil de sabor e textura.

Sabor	Textura
Gosto doce	Cre moso
Gosto ácido (azedo)	Consistente/encorpado
Adstringência (característico de banana verde)	Aerado
Sabor característico de iogurte natural	Ralo/líquido
Sabor de leite fermentado	Aveludado
Sabor refrescante	Viscoso
Sabor metálico	Arenoso (presença de cristais)
Sabor cítrico	
Residual oleoso (sensação gordurosa na boca)	
Gosto residual (doçura que permanece na boca)	
Gosto amargo	
Sem sabor	
Outro (s). Qual (ais)?	

Para a realização da análise CATA, os provadores foram instruídos à leitura dos atributos presentes na ficha antes de iniciarem a análise. Em seguida, solicitados que após experimentar as amostras, deveriam marcar os atributos que em seu julgamento eram apropriados para descreverem cada amostra, ressaltando que não existia um número fixo de atributos a serem marcados, podendo marcar um ou mais, de acordo com a opinião do provador em relação à amostra (Varela & Ares, 2012).

Na ficha do teste CATA, o provador foi instruído que a última etapa consistia em avaliar a aceitação quanto a impressão global, utilizando uma escala hedônica não estruturada de 9 centímetros, na qual a extremidade esquerda era ancorada com o termo “desgostei extremamente”, na direita com “gostei extremamente” e no centro correspondia a indiferente a amostra (Stone & Sidel, 1985). As notas das amostras foram obtidas medindo, com um auxílio de uma régua, as marcações feitas pelos provadores considerando a extremidade esquerda (0 cm) e direita (9 cm).

2.2.5 Análises estatísticas

2.2.5.1 Escala de Magnitude

Para a análise dos dados, os valores de magnitude estimados de doçura da sacarose e de seus substitutos foram convertidos em médias geométricas e esses valores foram ajustados para uma escala logarítmica. Obteve-se uma equação de regressão ($y = a + bx$), em que as concentrações versus a resposta sensorial para cada ingrediente, correspondia a uma função de potência (“Power Function”) com as seguintes características: $S = aC^n$, onde S é a sensação percebida, C é a concentração do estímulo, a é o antilog do valor de y no intercepto e n é o coeficiente angular da reta obtida (Moskowitz, 1970).

No cálculo da concentração equivalente dos substitutos utilizou-se inicialmente a função da sacarose, no lugar de C (concentração de sacarose) atribuiu-se o valor de 5,1% que correspondia à doçura ideal de sacarose no iogurte, deste modo foi possível calcular o parâmetro S, que é a sensação percebida de doçura no iogurte natural elaborado com sacarose. O valor de S para a sacarose foi substituído então, na equação dos edulcorantes e FOS, e assim determinou qual a concentração ideal do FOS e de cada edulcorante em mesma equivalência ao iogurte com 5,1% de sacarose (Moskowitz, 1970; Souza et al., 2011).

A potência de doçura dos substitutos foi definida pelo número de vezes que o composto é mais doce que a sacarose com base na sua doçura equivalente à sacarose. Ou seja, calculada pela razão entre a concentração de sacarose utilizada no iogurte natural (5,1%) e a concentração equivalente dos substitutos em mesma equivalência ao iogurte com adição de sacarose (Souza et al., 2011).

2.2.5.2 Análise de dados de Tempo-Intensidade

Treinamento e seleção final de provadores

Na seleção final do TI avaliaram-se os resultados do treinamento para o parâmetro intensidade máxima (I_{max}) por meio de uma análise de variância (ANOVA) para cada provador e para o estímulo avaliado, selecionando os provadores de acordo com a capacidade de discriminação ($p < 0,30$) e repetibilidade ($p > 0,05$).

Análise dos resultados do teste final

Os dados coletados para cada parâmetro da curva ($I_{máx}$, $TI_{máx}$, Platô, Área, Td, Ttotal) de doçura foram submetidos a uma análise de variância - ANOVA (fontes de variação: amostras, provadores e interações de amostra * provadores) e as médias das amostras comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Quando uma diferença significativa foi observada na interação amostra e provadores ($p \leq 0,05$), utilizou-se o programa estatístico Painel Check para identificar os provadores que não estavam em consenso com a equipe (Tomic, Nilsen, Martens & Naes, 2007). Assim, os participantes que discordaram foram identificados e excluídos da análise e realizou-se novamente a ANOVA. Para a análise de dados o programa estatístico utilizado foi o SensoMaker, versão 1.91, UFLA, Lavras - Brasil (Nunes & Pinheiro, 2013; Pinheiro, Nunes & Vietoris, 2013).

As curvas de TI das cinco amostras foram representadas graficamente com os parâmetros coletados durante a análise, por meio do programa estatístico Sigma Plot versão 11.0, utilizando as médias de todos os provadores e todas as repetições para cada uma das amostras durante o tempo de análise (Souza et al., 2013).

A média dos parâmetros das curvas de TI foram analisadas por meio da Análise de Componentes Principais (PCA) para avaliar as diferenças e semelhanças entre as amostras com base em seus parâmetros resumidos. Os parâmetros das curvas foram dispostos em uma matriz de linhas i (amostras) e j colunas (parâmetros) (Rodrigues, Condino, Pinheiro & Nunes, 2016). Por último, a análise de agrupamento hierárquico (HCA) também foi realizada para os parâmetros do TI a fim de encontrar grupos de amostras discriminadas pelos mesmos, utilizaram-se os parâmetros originais considerando a distância euclidiana e tipo de ligação na média (Cruz et al., 2013b). As análises foram realizadas no SensoMaker, versão 1.91, UFLA, Lavras - Brasil (Nunes & Pinheiro, 2013; Pinheiro, Nunes & Vietoris, 2013).

2.2.5.3 Análise dos dados de CATA e Teste de Aceitação

Na análise de dados do CATA, a frequência de citação de cada atributo foi determinada com a contagem do número de vezes que os consumidores marcaram cada atributo para cada amostra, denominada matriz de contingência.

O teste Q de Cochran foi utilizado para verificar diferenças significativas entre as amostras para cada atributo. Em seguida, para os atributos que apresentaram diferenças significativas no teste Q de Cochran, realizou-se o teste de sinais de Wilcoxon que é uma análise de comparação múltipla indicada para dados binários com o objetivo de identificar quais os pares de produtos diferem para quais atributos, sendo avaliados os iogurtes adoçados com os edulcorantes naturais e o FOS em relação à sacarose (Meyners, Castura & Carr, 2013; Meyners & Castura, 2014). A análise de correspondência (CA) foi calculada sobre a matriz contendo a frequência de citação dos atributos para os quais foram detectadas diferenças significativas pelo teste Q de Cochran, a fim de determinar a configuração espacial dos atributos, bem como das amostras, ou seja, uma representação bidimensional das amostras e dos atributos que permitiu determinar as semelhanças e diferenças entre produtos (Meyners, Castura & Carr, 2013; Meyners & Castura, 2014). O programa estatístico utilizado foi a versão R e o pacote Senso MineR (Husson, Le & Cadoret, 2017).

Os resultados do atributo sensorial (impressão global) obtido a partir do teste de aceitação foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) para verificar se houve diferença entre as amostras a um nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$), seguindo da comparação de médias por meio do teste de médias Tukey (Souza et al., 2013). A análise de Componentes Principais (PCA) foi calculada para avaliar a configuração das amostras e as notas de aceitação, ou seja, a preferência dos consumidores em relação às amostras.

3 Resultados

3.1 Equivalência e potência de doçura

A partir dos dados do teste de escala de magnitude, os valores das concentrações (C) (eixo X) em relação às magnitudes estimadas de doçura (estimadas por meio da sensação percebida) (eixo Y) para a sacarose, o FOS e os edulcorantes naturais foram normalizados e plotados em uma escala logarítmica. Obteve-se uma regressão linear dos pontos para cada substituto e da sacarose e as equações lineares foram determinadas para cada um conforme a Figura 1.

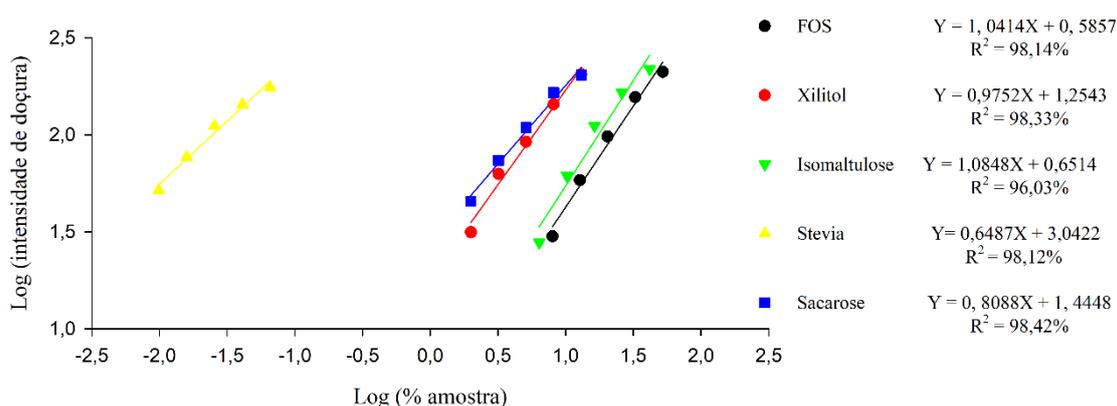


Figura 1. Função de potência linearizada para o iogurte adoçado com sacarose, fruto-oligossacarídeo e edulcorantes naturais (stévia, xilitol e isomaltulose).

De acordo com o posicionamento das curvas (Figura 1) é possível identificar o poder relativo de doçura dos substitutos da sacarose. Pode-se observar que a proximidade das curvas de sacarose e xilitol indicaram que foi necessária quantidade muito similar de xilitol comparado à sacarose para produzir a mesma percepção de doçura. Já o distanciamento das curvas do FOS e da isomaltulose em relação à sacarose, demonstraram que fez-se necessária uma quantidade maior desses substitutos para atingir a percepção de doçura de 5,1% conferida pela sacarose. A stévia destacou-se por requerer quantidade mínima, justificado por apresentar elevada potência em relação aos outros substitutos, em razão de ser um edulcorante natural de alta intensidade (Guggisberg, Piccinali & Schreier, 2011; Gasmalla, Yang & Hua, 2014).

A interceptão das ordenadas (interceptação Y), as inclinações da função linear, os coeficientes de correlação linear e as funções de potência da sacarose e de cada substituto são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 Antilog do intercepto y (a), intercepto na ordenada (n), coeficiente linear de determinação (R^2) e função de potência (Power Function) dos resultados para determinação da doçura equivalente do FOS e edulcorantes naturais (stévia, xilitol, isomaltulose) em relação a concentração de sacarose de 5,1% em iogurte.

Amostras	a	n	Power function	R^2
Sacarose	1,4448	0,8088	$S=27,85 (5,1)^{0,8088}$	98,42%
Stévia	3,0422	0,6487	$S=1101,5C^{0,6487}$	98,12%
FOS	0,5857	1,0414	$S=3,85C^{1,0414}$	98,14%
Xilitol	1,2543	0,9752	$S=17,96C^{0,9752}$	98,33%
Isomaltulose	0,6514	1,0848	$S=4,48C^{1,0848}$	96,03%

A partir das funções de potência obtidas para a sacarose e para seus substitutos, calculou-se a quantidade equivalente de cada substituto necessária para proporcionar a mesma doçura que 5,1% de sacarose em iogurte conforme Tabela 4.

Tabela 4 Concentração e potência dos edulcorantes naturais e do FOS equivalentes à concentração de 5,1% de sacarose em iogurte.

Amostra	Concentração (%)	Potência
Stévia	0,0263	193,91
FOS	23,88	21,35
Xilitol	6,10	83,60
Isomaltulose	18,20	28,02

Na Tabela 4 e na Figura 1, observa-se que o FOS e a isomaltulose apresentaram baixas potências comparado à sacarose, ou seja, no iogurte é necessário adicionar uma quantidade, aproximadamente, cinco vezes maior de FOS e quatro vezes mais isomaltulose em relação à sacarose para mesma sensação de doçura. A stévia apresentou

potência de doçura de aproximadamente 200 vezes maior que a sacarose e, o xilitol, poder dulçor semelhante à sacarose.

No presente estudo a isomaltulose apresentou potência de doçura inferior ao relatado na literatura. Segundo Grembecka (2015), o poder dulçor relativo da isomaltulose varia de 45 a 65% comparado à sacarose, uma vez que depende da concentração, da temperatura e da forma de produto em que a mesma é utilizada. Em relação ao FOS, a literatura relata baixo poder dulçor, aproximadamente um terço da sacarose (Yun, 1996; Dominguez, Rodrigues, Lima & Teixeira, 2014), o que corrobora o resultado obtido no presente estudo, assim como para o xilitol que é mencionado por ter mesma percepção de doçura da sacarose (Grembecka, 2015; Akesowan, 2015).

A potência encontrada para a stévia nesse estudo foi superior ao obtido em sobremesa láctea achocolatada (Morais, Morais, Cruz & Bolini, 2014) e leite achocolatado (Rodrigues, Paixão, Cruz & Bolini, 2015) sendo somente de 80 e 90 vezes mais doce que a sacarose, respectivamente, e de 134 vezes em néctar de manga (Cadena & Bolini, 2012).

Portanto, observa-se variação da potência de doçura da stévia em função da composição e também da matriz alimentar. A potência de doçura da stévia depende da pureza e da proporção de esteviosídeos e rebaudiosídeos no extrato, sendo que os rebaudiosídeos conferem maior percepção de doçura e os esteviosídeos, maior percepção de amargor (Cadena & Bolini, 2012; Dutra & Bolini, 2014).

Reis et al. (2011) afirmam que a complexidade da matriz alimentar está diretamente relacionada com as diferenças no poder dulçor dos edulcorantes em cada produto, isto é, as diversas interações entre o edulcorante e outros ingredientes como gordura, proteínas, ácidos, carboidratos provocam mudanças na percepção de doçura e, com isso, na potência do edulcorante. Outros fatores também influenciam no atributo como temperatura, sinergismo entre edulcorantes e meio de dispersão (Souza et al., 2011).

Tendo em vista a baixa potência de doçura do FOS, a quantidade equivalente a doçura da sacarose para substituição total da mesma ultrapassa o limite máximo estabelecido pela legislação. De acordo com a RDC nº 359/2003 (Brasil, 2003), uma porção de iogurte é de 200 ml e a concentração máxima permitida para adicionar FOS em produtos é de 30g, ou seja, 15% de FOS (ANVISA, 2018). A concentração necessária de FOS para obtenção da equivalência de doçura da sacarose foi de 23,88%, não sendo viável a substituição total da sacarose pelo prebiótico FOS. Uma alternativa viável conhecendo

a potência do FOS, seria sua adição na concentração máxima permitida ou desejada em combinação com um edulcorante de alta intensidade, como exemplo, da stévia.

A adição do FOS em produtos, ademais a função de substituir a sacarose diminuindo o consumo da mesma e alegação de funcionalidade ao produto, tem-se a possibilidade de introdução do prebiótico na alimentação diária da população e, com isso, os benefícios à saúde tais como: modulação da microbiota intestinal (Valcheva & Dieleman, 2016), contribui positivamente na biodisponibilidade e absorção de minerais (Aryana & McGrew, 2007; Pimentel, Madrona & Prudencio, 2015), aumento na frequência de evacuações auxiliando na prevenção e tratamento da constipação, sensação de saciedade, redução do risco de câncer de cólon, estímulo benéfico para o sistema imunológico, alteração no metabolismo lipídico com diminuição na síntese de triglicerídeos e lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) (Aryana & McGrew, 2007; Saad, Bedani & Mamizuka, 2011).

Em relação à isomaltulose, a concentração equivalente de doçura à sacarose foi de 18,20%, sendo viável a substituição total da sacarose, visto que de acordo com a RDC nº 18/2008 pode-se utilizar a quantidade necessária a fim de se obter o efeito desejado em alimentos e bebidas (Brasil, 2008). Além disso, a tolerância gastrointestinal da isomaltulose apresenta-se semelhante à sacarose, não sendo observado nenhum desconforto gastrointestinal mesmo em dose elevada, em razão de ser totalmente metabolizada (Sentko & Willibald-Ettle, 2012; Aidoo, Depypere, Afoakwa & Dewettinck, 2013).

Os benefícios para a saúde advindos da substituição da sacarose por isomaltulose tem sido alvo de interesse, uma vez que, embora o dissacarídeo seja completamente hidrolisado em glicose e frutose e absorvido, esse metabolismo ocorre de forma gradual evitando picos glicêmicos e insulinêmicos. Portanto, o baixo índice glicêmico é vantajoso para os indivíduos diabéticos assim como para o público no geral. Além do mais, a ingestão tem sido associada com uma maior contribuição da utilização de gordura para o gasto energético total principalmente em indivíduos fisicamente ativos e é um edulcorante nutritivo não cariogênico (Kawaguti & Sato, 2010; Guggisberg, Piccinali & Schreier, 2011; Sentko & Willibald-Ettle, 2012; Aidoo, Depypere, Afoakwa & Dewettinck., 2013; Henry, Kaur, Quek, & Camps, 2017).

3.2 Tempo-Intensidade

A análise de TI definitiva foi realizada por treze provadores que no treinamento apresentaram habilidade em discriminar as amostras ($p F_{amostra} < 0,30$) e repetibilidade ($p F_{repetição} > 0,05$) para o estímulo em estudo considerando o parâmetro de I_{max} (Anexo A).

Na Tabela 5 estão apresentadas as médias dos parâmetros I_{max} e área para cada amostra em relação ao gosto doce com o painel sensorial composto pelos treze provadores, em que se garantiu uma interação amostra*provador não significativa ($p \geq 0,05$).

Tabela 5 Valores médias do painel sensorial para os parâmetros da curva de tempo-intensidade para o gosto doce.

Amostras	I_{max}	Área
Sacarose	5,57 ^a	81,426 ^{ab}
Stévia	5,92 ^{ab}	102,807 ^b
FOS	6,60 ^{bc}	94,004 ^{ab}
Xilitol	5,71 ^a	76,281 ^a
Isomaltulose	6,82 ^c	101,178 ^{ab}

Médias seguidas com a mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$) de acordo com o teste de tukey.

I_{max} : intensidade máxima; Área: área abaixo da curva.

As amostras de iogurtes adoçadas com sacarose, FOS e edulcorantes naturais não apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para $TI_{5\%}$, $TD_{5\%}$, $TI_{90\%}$, $TD_{90\%}$ e platô, sendo estatisticamente diferentes apenas para os parâmetros de I_{max} e área (Tabela 5). Pode-se verificar que as amostras com isomaltulose e FOS apresentaram maior I_{max} , sendo semelhantes entre si e ambas estatisticamente diferentes da sacarose. Já as amostras com stévia e xilitol foram iguais à sacarose. Em relação à área, observou-se diferença estatística somente entre as amostras com stévia e xilitol. Entretanto, todas as amostras, incluindo o FOS e a isomaltulose, não diferem da sacarose em relação à área sob a curva de TI (Tabela 5).

Na Figura 2 está demonstrada as curvas de tempo-intensidade dos cinco iogurtes adoçados com sacarose, diferentes edulcorantes naturais e o prebiótico FOS em concentrações equivalentes à 5,1% de sacarose, obtidas a partir das médias dos treze provadores.

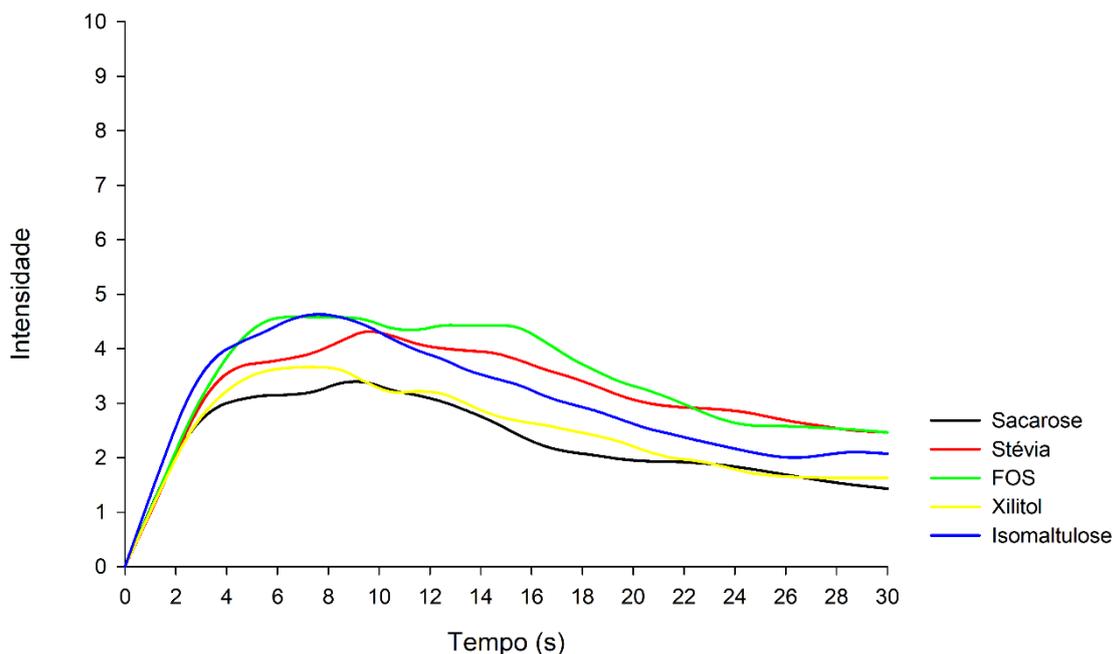


Figura 2. Perfil de tempo-intensidade de amostras de iogurtes adoçadas com sacarose e diferentes substitutos.

De acordo com a Figura 2, o perfil de doçura da amostra de xilitol comparado à sacarose demonstrou similaridade para a intensidade máxima e duração total do estímulo. A isomaltulose e o FOS apresentaram perfis similares entre si com maiores I_{max} quando comparados à sacarose. Observa-se que apenas para a stévia a percepção da intensidade máxima demorou um tempo maior para ocorrer.

Embora não fosse esperado que a intensidade máxima apresentasse diferença significativa entre as amostras, em razão de terem sido analisadas as concentrações equivalentes de todos os substitutos em relação à sacarose, acredita-se que a textura influenciou na percepção de doçura das amostras adicionadas de FOS e isomaltulose, que apresentaram mais consistentes/encorpadas e cremosas comparadas às demais, fato confirmado pela análise descritiva CATA (Tabela 6 e Figura 4).

Resultado similar já foi observado no estudo de Cadena e Bolini (2011) que afirmam que diversos fatores como viscosidade, temperatura, estado químico da própria saliva, presença de saborizantes na solução, entre outros, podem influenciar a percepção do gosto doce, visto que no estudo com sorvete de baunilha tradicional e light, a percepção do estímulo doce aumentou com o aumento do conteúdo lipídico. Alcaire, Antúñez, Vidal, Giménez e Ares (2017) também relataram que uma maior concentração de amido em sobremesas lácteas provocou um aumento na percepção de sabor de baunilha, assim como em amostras com 40 e 60% de redução de açúcar e maior concentração de aroma de baunilha e amido, também levou a um aumento na percepção de doçura. Os autores pressupõem que um aumento na concentração de amido provoca uma melhor percepção de sabor por meio da modulação nos processamentos de sinais de sabor e aroma devido ao aumento da viscosidade e/ou alterações na salivação.

A firmeza da rede de gel de iogurte adicionado com FOS ou isomaltulose pode ser influenciada positivamente ou negativamente de acordo com Guggisberg, Piccinali e Schreier (2011). Os autores encontraram efeitos positivos com a adição de FOS ou isomaltulose em amostras de iogurte, observando um aumento na cremosidade e consistência e a utilização de FOS combinado com a stévia aumentou a percepção de doçura em comparação com a amostra que continha apenas isomaltulose. Porém ressalta-se que as concentrações utilizadas não eram equivalentes à sacarose, sendo as intensidades de doçura inferiores à mesma e diferentes deste estudo.

Na Figura 3 estão apresentados o PCA e a análise HCA dos parâmetros da curva de TI para os iogurtes adoçados com sacarose, FOS e os edulcorantes naturais.

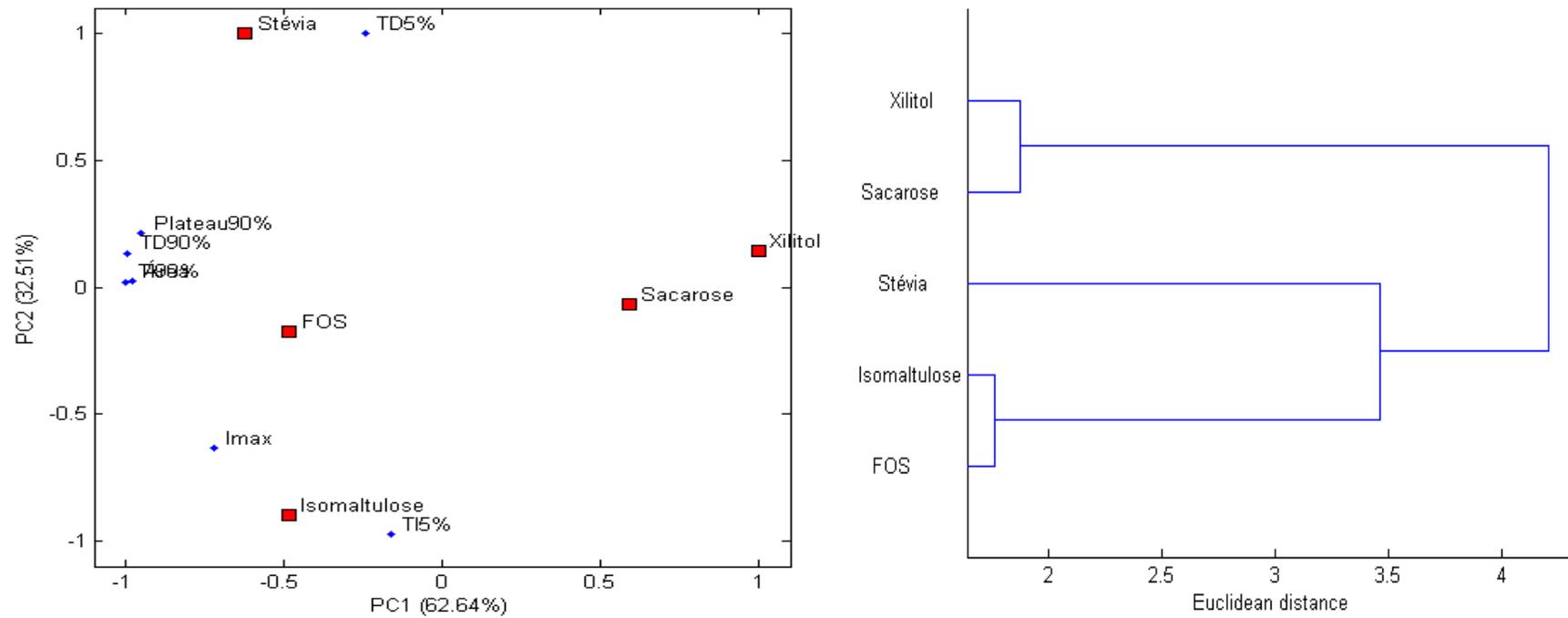


Figura 3. Análise de Componentes Principais e Análise de Agrupamento Hierárquico dos parâmetros das curvas de TI.

Legenda: I_{max} : intensidade máxima; $TI_{5\%}$: tempo em que a intensidade é 5% da I_{max} na parte crescente da curva; $TD_{5\%}$: tempo em que a intensidade é 5% da I_{max} na parte decrescente da curva; $TI_{90\%}$: tempo em que a intensidade é 90% da I_{max} na parte crescente da curva; $TD_{90\%}$: tempo em que a intensidade é 90% da I_{max} na parte decrescente da curva; $Platô_{90\%}$: tempo em que o intervalo da intensidade é ≥ 90 da I_{max} ; Área: área abaixo da curva.

O PCA explicou 95,15% da variabilidade dos dados, sendo que a variância do primeiro componente correspondeu a 62,64% e o segundo representou 32,51%. Todos os parâmetros da análise tempo-intensidade se destacaram na discriminação das amostras com a stévia, o FOS e a isomaltulose, o que não foi observado para a sacarose e o xilitol (Figura 3). Verifica-se que o parâmetro I_{\max} e $TI_{5\%}$ foi capaz de discriminar as amostras com FOS e isomaltulose e enfatizou-se a semelhança das duas amostras em relação às demais. O parâmetro $TD_{5\%}$ teve uma maior contribuição para discriminar o iogurte adoçado com stévia, indicando que a percepção residual de doçura demora um tempo maior até não ser mais percebida.

A HCA identificou três grupos em que se confirmou um grupo formado pelos iogurtes adoçados com a sacarose e o xilitol, outro composto pela isomaltulose e o FOS e um último que compreendeu a amostra com stévia.

3.3 Análise CATA e teste de aceitação

A Tabela 6, denominada tabela de contingência, apresenta a frequência de citação dos atributos para cada uma das cinco amostras analisadas e o valor p do teste Q de Cochran ($p \leq 0,05$). Não foram relatados atributos adicionais na ficha sensorial para a descrição das amostras, ou seja, nenhum atributo adicional aos disponíveis na lista foi citado.

De acordo com o teste Q de Cochran (Tabela 6) observa-se que do total de 19 atributos listados no CATA, a frequência com que os consumidores usaram 13 atributos apresentaram diferenças significativas entre as amostras e apenas para 6 atributos não houve diferença estatística significativa, sendo eles: adstringência, sabor refrescante, sabor cítrico, residual oleoso, sem sabor e arenoso. Os demais atributos contribuíram significativamente para a discriminação das amostras. O gosto doce, ácido, sabor característico de iogurte natural, cremoso, ralo/líquido foram descritos de forma distintas entre pelo menos duas das amostras testadas, ao nível de significância $< 0,001$. Os demais significativos apresentaram significância $< 0,05$.

Esse resultado sugere que a metodologia CATA permitiu identificar as diferenças entre as amostras e os atributos, ou seja, os consumidores perceberam diferenças nas características sensoriais dos iogurtes e, assim de acordo com a percepção sensorial individual, selecionaram atributos de forma diferente para descreverem as amostras.

Tabela 6 Tabela de contingência de cinco amostras e 19 atributos e valor p do teste Q de Cochran para os atributos.

Atributos	Amostras					Valor p
	FOS	Isom.	Sac.	St.	Xil.	
Gosto doce	57	65	47	38	36	< 0,001*
Gosto ácido	30	37	48	59	58	< 0,001*
Adstringência	18	19	28	25	22	0,256 ^{ns}
Sabor característico de iogurte natural	56	59	55	34	37	< 0,001*
Sabor de leite fermentado	40	33	29	35	48	0,033*
Sabor refrescante	9	13	14	8	11	0,510 ^{ns}
Sabor metálico	4	5	10	10	15	0,018*
Sabor cítrico	11	14	14	17	20	0,322 ^{ns}
Gosto residual oleoso	9	4	5	8	2	0,164 ^{ns}
Gosto residual doce	20	23	14	34	14	0,001*
Gosto amargo	5	3	12	13	16	0,001*
Sem sabor	9	8	7	12	12	0,538 ^{ns}
Cremoso	36	40	21	11	7	< 0,001*
Consistente/encorpado	28	25	10	9	4	0,001*
Aerado	28	27	22	17	9	0,001*
Ralo/líquido	44	43	72	82	94	< 0,001*
Aveludado	17	22	12	11	8	0,016*
Viscoso	18	19	10	11	4	0,003*
Arenoso	0	0	0	2	0	0,092 ^{ns}

FOS: fruto-oligossacarídeo; Isom.: Isomaltulose; Sac.: sacarose; St.: stévia; Xil.: xilitol

*Indica diferença significativa a 5%

ns: não significativo

Os iogurtes adoçados com os edulcorantes naturais e o prebiótico foram comparados com a sacarose por meio do teste de sinais de Wilcoxon ($p \leq 0,05$) conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 Valor p do teste de sinais de Wilcoxon para comparação pareada entre a sacarose e cada edulcorante natural e o prebiótico.

Atributos	Isom.	FOS	Stévia	Xilitol
Gosto doce	< 0,001*	0,205 ^{ns}	0,235 ^{ns}	0,118 ^{ns}
Gosto ácido	0,133 ^{ns}	0,001*	0,141 ^{ns}	0,205 ^{ns}
Sabor característico de iogurte natural	0,839 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,005*	0,006*
Sabor de leite fermentado	0,675 ^{ns}	0,247 ^{ns}	0,579 ^{ns}	0,043*
Sabor metálico	0,359 ^{ns}	0,359 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,377 ^{ns}
Gosto residual doce	0,227 ^{ns}	0,384 ^{ns}	0,003*	1,000 ^{ns}
Gosto amargo	0,029*	0,197 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,687 ^{ns}
Cremoso	< 0,001*	0,001*	0,066 ^{ns}	0,003*
Consistente/encorpado	< 0,001*	< 0,001*	1,000 ^{ns}	0,100 ^{ns}
Aerado	0,526 ^{ns}	0,516 ^{ns}	0,525 ^{ns}	0,024*
Ralo/líquido	< 0,001*	< 0,001*	0,147 ^{ns}	< 0,001*
Aveludado	0,123 ^{ns}	0,568 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,568 ^{ns}
Viscoso	0,159 ^{ns}	0,236 ^{ns}	1,000 ^{ns}	0,237 ^{ns}

FOS: fruto-oligossacarídeo; Isom.: Isomaltulose.

*Indica diferença significativa a 5%

ns: não significativo

De acordo com a Tabela 7, verifica-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o iogurte adoçado com sacarose e isomaltulose para os atributos gosto doce, gosto amargo, cremoso, consistente e ralo. Os provadores utilizaram mais vezes os atributos doce, cremoso, encorpado para caracterizar a amostra adoçada com isomaltulose, e com menor frequência os atributos amargo e ralo comparado à sacarose (Tabela 6). No que se refere à comparação da sacarose e o FOS, observa-se que os iogurtes não diferiram em relação à percepção de sabor, exceto para o atributo acidez ao nível de 0,001, em que a amostra com sacarose foi citada com maior frequência do que com FOS (Tabelas 6 e 7). Para os atributos relacionados à textura, um número maior de provadores selecionaram os atributos cremoso e encorpado para o iogurte com FOS e ralo/líquido para o produto adoçado com sacarose, de forma significativa, ao nível de significância $\leq 0,001$.

Com relação à comparação entre a amostra com sacarose versus stévia, verificou-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) para as características sabor de iogurte natural e gosto

residual doce (Tabela 7), sendo esta última mais vezes citada para a stévia (Tabela 6). Quanto à textura, esta não foi determinante para discriminar a stévia e sacarose. Os atributos sabor de iogurte natural, sabor de leite fermentado, cremosidade, aerado e líquido foram determinantes significativamente ($p \leq 0,05$) para diferenciar os iogurtes adoçados com sacarose e xilitol. Sendo que houve maior frequência de citação do atributo sabor característico de iogurte natural para a amostra com sacarose enquanto que para o xilitol foi maior o atributo leite fermentado (Tabela 6). No que diz respeito à textura, os atributos ralo/líquido foram mais citados para o xilitol do que para as amostras com sacarose (Tabela 6).

O xilitol tecnologicamente apresenta características favoráveis à sua aplicação em produtos, a saber: alta solubilidade, elevada pressão osmótica, atua como conservante contribuindo com a estabilidade microbiana de vários produtos, não participa de reações de escurecimento não enzimático (reação de Maillard e caramelização), menor viscosidade em solução em relação à sacarose, estável a altas temperaturas e alterações de pH e não cariogênico, visto que não pode ser utilizado por bactérias produtoras de ácido na cavidade bucal (Mushtaq, Rehman, Zahoor & Jamil, 2010; Akesowan, 2015; Cai, Feng, Regenstein, Lv & Li, 2017; Carochó, Morales & Ferreira, 2017).

Em relação às propriedades fisiológicas e os efeitos benéficos para a saúde, o xilitol destaca-se por ser absorvido lentamente no trato gastrointestinal, ter baixa resposta glicêmica e não interferir no nível de insulina em razão de ser metabolizado pelo organismo por vias independentes de insulina, sendo assim, adequado para aplicação em produtos que atende ao público diabético e também encontra-se na literatura relatos de benefícios em infecções respiratórias, otite média aguda, processo inflamatório (Zacharis, 2012; Edwards, Rossi, Corpe, Butterworth & Ellis, 2016; Carochó, Morales & Ferreira, 2017; Rasouli-Pirouzian, Peighambardoust & Azadmard-Damirchi, 2017).

A literatura menciona a isomaltulose e o xilitol como responsáveis por conferirem textura aos produtos nos quais foram adicionados, uma vez agentes de massa e texturização (Grembecka, 2015; Carochó, Morales & Ferreira, 2017), o que corrobora o resultado obtido no presente estudo, em que o iogurte adoçado com isomaltulose foi caracterizado pelos atributos de textura, tais como consistente e cremoso. Entretanto, o xilitol foi caracterizado por uma textura líquida que pode ser justificada em razão de sua potência ser muito similar à sacarose com a quantidade de sólidos adicionada ser inferior comparado à isomaltulose. As quantidades de sólidos adicionados da isomaltulose e do

FOS foram muito maiores que os demais, tendo em vista a baixa potência de ambos (Tabela 4).

Na Figura 4 está apresentado o gráfico da Análise de Correspondência (CA) aplicada à tabela de contingência, em que utilizou somente os atributos significativos para a discriminação das amostras.

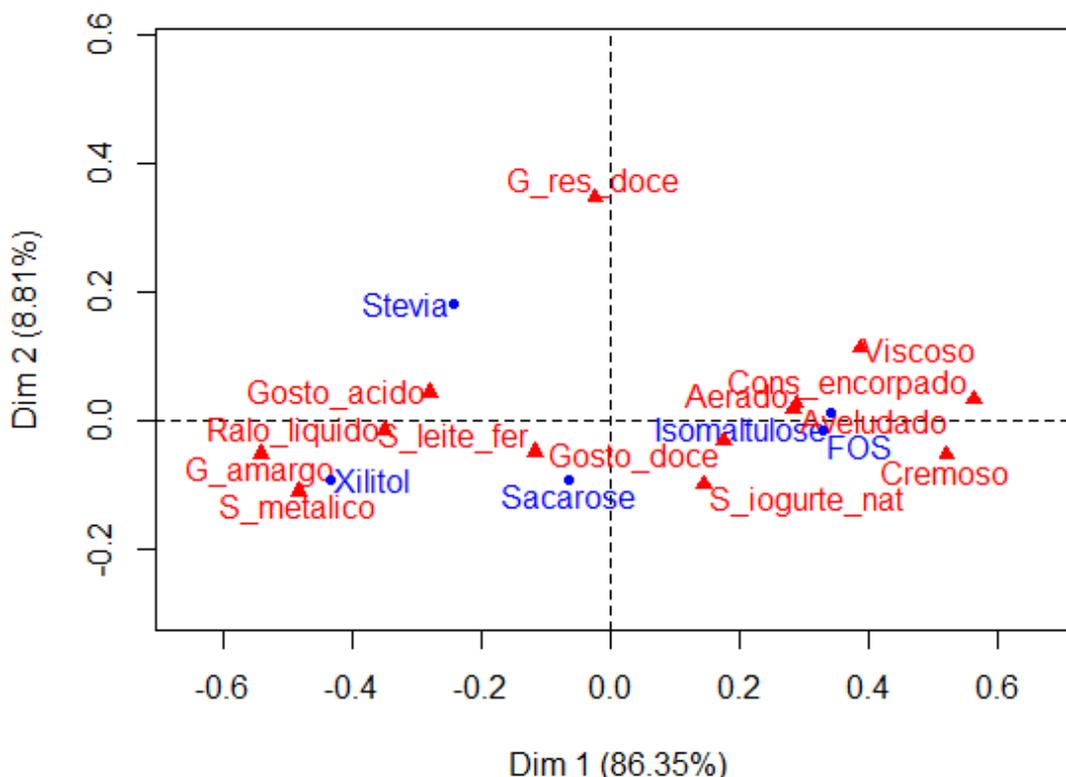


Figura 4. Representação dos termos e das amostras de iogurtes na primeira e segunda dimensões da Análise de Correspondência realizada na tabela de contingência CATA.

Legenda: G_res_doce: gosto residual doce; Cons_encorpado: consistente/encorpado; S_iogurte_nat: sabor característico de iogurte natural; S_leite_fer: sabor de leite fermentado; G_amargo: Gosto amargo; S_metalico: sabor metálico.

Conforme observado na Figura 4, a primeira e segunda dimensões representam, aproximadamente 95,16% da variância dos dados experimentais, com 86,35% e 8,81%, respectivamente. Pode-se verificar que os atributos que caracterizam contrastes apareceram em direções opostas, como por exemplo, consistente/encorpado e ralo/líquido.

O mapa sensorial (Figura 4) mostra que os iogurtes com FOS e isomaltulose foram caracterizados principalmente pelos atributos de textura, tais como viscoso,

consistente/encorpado, cremoso, aerado, aveludado e esses atributos que contribuíram para o distanciamento da amostra com sacarose em razão de caracterizar-se por uma textura líquida. Em relação aos atributos de sabor, os iogurtes adoçados com sacarose, FOS e a isomaltulose foram descritos por apresentarem gosto doce e sabor característico de iogurte natural.

Pode-se observar que os iogurtes adoçados com stévia e xilitol foram descritos pelos atributos de sabor de leite fermentado, gosto ácido e amargo, sabor metálico, sendo que a stévia também se destacou por apresentar gosto residual doce e para textura ambos evidenciaram serem mais líquidos (Figura 4). A literatura relata a percepção de gosto amargo pelo uso de stévia em diferentes produtos tais como em chocolates (Azevedo, Morais-Ferreira, Luccas & Bolini, 2017), néctar de pitanga (Freitas, Dutra & Bolini, 2016) e manga (Cadena et al., 2013), suco de maracujá (Rocha & Bolini, 2015) e geleia de frutas (Souza et al., 2013). Além disso, há relato que as propriedades edulcorantes dos glicosídeos de esteviol diferem entre eles devido suas estruturas, sendo que o gosto amargo residual é conferido pelo esteviosídeo enquanto que o rebaudiosídeo A não confere uma intensidade tão expressiva de gosto residual com uma melhor qualidade de sabor e doçura (Lemus-Mondaca, Vega-Gálvez, Zura-Bravo & Ah-Hen, 2012; Cadena et al., 2013). Como a stévia utilizada no estudo possui em sua composição a presença de rebaudiosídeo e também de esteviosídeo, a percepção do amargor pode ter sido percebida mais nitidamente em função da presença desse último composto.

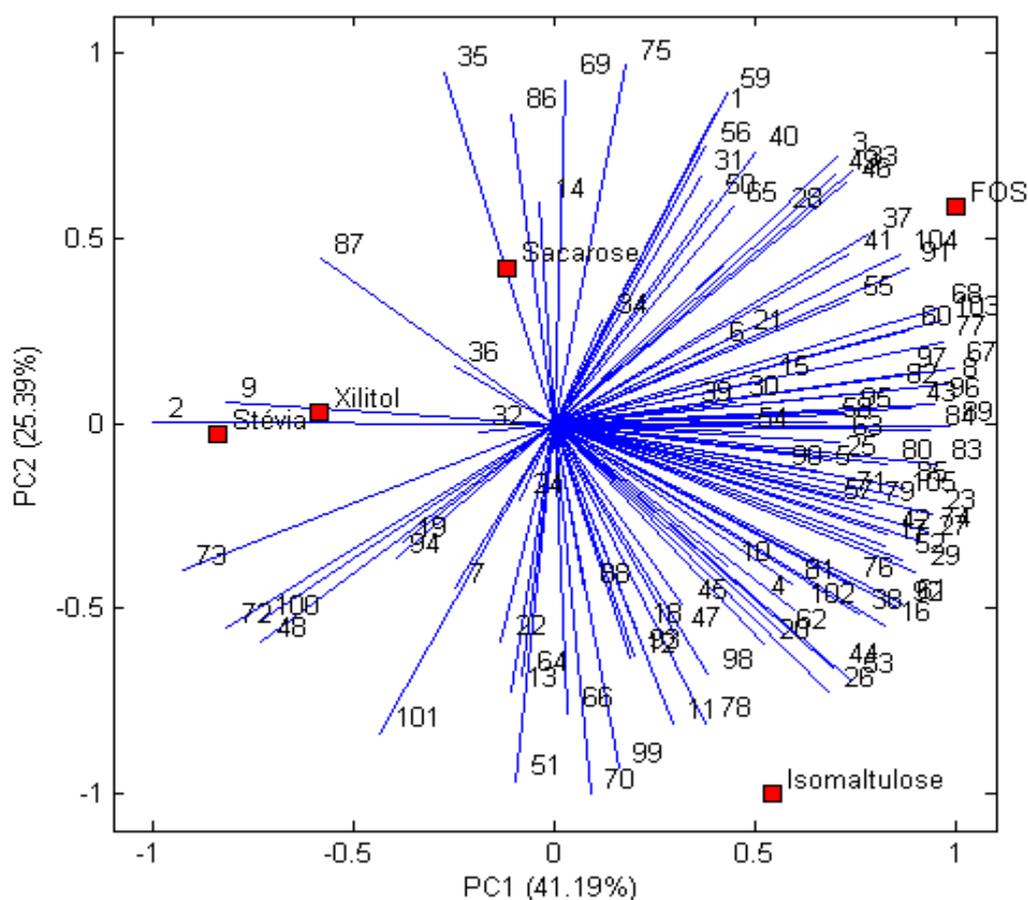
Cadena et al. (2014) ao avaliarem a caracterização de iogurtes funcionais observaram que os iogurtes com 8% de sacarose foram descritos com os termos gosto doce, sabor de baunilha e lisos e as amostras com 4% como ácidas e sem sabor. Também avaliaram a adição de prebióticos (inulina e FOS) com e sem estabilizador, as amostras sem estabilizador apresentaram-se como grossas e consistentes, enquanto aquelas com estabilizador foram descritas como ásperas, heterogêneas e líquidas.

Na Tabela 8 e na Figura 5 estão demonstrados os resultados do teste de aceitação. As amostras de iogurtes com sacarose, FOS e edulcorantes naturais apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nas notas hedônicas em relação à impressão global.

Tabela 8 Valores médios e desvios-padrão de aceitação dos cinco iogurtes.

Tratamentos	Média
Sacarose	5,01+1,96 ^{bc}
Stévia	4,09+2,03 ^a
FOS	5,58+1,95 ^{cd}
Xilitol	4,58+1,84 ^{ab}
Isomaltulose	5,84+1,97 ^d

Médias seguidas com a mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$) de acordo com o teste de tukey.

**Figura 5.** Análise de componentes principais das notas de aceitação dos iogurtes.

O Mapa de preferência explicou 66,58% da variabilidade dos dados, sendo que a primeira e a segunda dimensões representaram 41,19% e 25,39%, respectivamente (Figura 5). Pode-se verificar que a maioria dos consumidores preferiram as amostras adoçadas com FOS, isomaltulose seguida da sacarose, indicando que são as mais aceitas

em relação à impressão global e que de acordo com o teste de médias (Tabela 8), embora o FOS (5,58) apresentasse média maior que a sacarose (5,01), não foi estatisticamente diferente. A isomaltulose apresentou a maior média (5,84) que ambas e com diferença significativa da sacarose.

Considerando a escala não estruturada utilizada no estudo, na qual notas inferiores a 4,5 correspondia ao quanto os consumidores desgostaram da amostra, o iogurte adoçado com stévia foi o menos aceito (Figura 5) apresentando nota média de 4,09 (Tabela 8), que pode ser justificado pelo gosto residual doce e também amargo confirmado no CATA (Figura 4). O segundo iogurte menos preferido pelos consumidores foi o adoçado com xilitol com nota média de 4,58, sendo que essa nota localiza-se na escala muito próximo ao centro (4,5) que correspondia ao quanto os consumidores eram indiferentes às amostras, explicado pelos mesmos atributos que caracterizaram a stévia na análise CATA (Figura 4).

Os atributos de textura e sabor relatados na análise CATA contribuíram favoravelmente para a melhor aceitação dos iogurtes adoçados com FOS e isomaltulose (Figura 4). Os atributos de doçura e textura são de extrema importância na percepção de produtos lácteos como iogurtes, sobremesas lácteas e leites achocolatados para a aceitação dos consumidores, sendo que o açúcar não é apenas um ingrediente que confere poder dulçor, mas também influencia positivamente para a espessura, cremosidade e retenção de umidade (Oliveira et al., 2015).

De acordo com Hoppert et al. (2013) a incorporação de fibras alimentares pode provocar mudanças na capacidade de retenção de água, textura ou estrutura dos produtos nos quais são adicionados e ao avaliarem iogurte de baunilha com redução de açúcar enriquecido com fibras, os escores hedônicos médios variaram entre 6 e 7, indicando que os produtos foram bem aceitos, assim como no presente estudo, embora com escores de aceitação menores.

Oliveira et al. (2015) ao estudarem a redução de açúcar em leite probiótico com sabor de chocolate concluíram que a redução do açúcar adicionado em até 40% nas amostras não afetou significativamente os escores de impressão global dos consumidores que foram bem aceitos.

Tarrega, Marcano e Fiszman (2016) afirmam que os consumidores são capazes de perceberem claramente a consistência mais espessa de bases de iogurte, confirmado pelo estudo realizado, em que as amostras de iogurte adicionadas de amido também foram

descritas como consistentes, grossas, pegajosas, gomosas e revestimento denso. Enquanto que os iogurtes sem adição de amido foram caracterizados em relação à textura como fluídos e aquosos indicando que os consumidores perceberam como tendo uma baixa consistência.

No estudo realizado por Morell, Piqueras-Fizman, Hernando e Fizman (2015) concluíram que os atributos de doçura e a cremosidade, associados à densidade e espessura, foram importantes em iogurte considerado como ideal pelos consumidores para produto com maior apelo de saciedade.

A aceitação de um produto pelos consumidores é impulsionada principalmente pelo sabor e textura, sendo importante considerar que ambos estão diretamente relacionados, pois a percepção de um pode levar a mudanças na percepção sensorial do outro (Jeltema, Beckley & Vahalik, 2016), e para produtos lácteos a cremosidade é uma característica importante na aceitação do produto (Guggisberg, Piccinali & Schreier, 2011) e na percepção de sabor.

Portanto, o FOS e a isomaltulose se apresentaram como potenciais alternativas para a substituição parcial ou total da sacarose em iogurtes, contribuindo na redução da ingestão diária da mesma e refletindo positivamente no equilíbrio do planejamento alimentar, na qualidade de vida da população e nas características tecnológicas do produto como textura e sabor.

4 CONCLUSÃO

Para obter doçura equivalente ao ideal de 5,1% de sacarose em iogurtes determinou-se que a stévia, o xilitol, a isomaltulose e o FOS devem ser adicionados em concentrações de 0,0263%; 6,10%; 18,20% e 23,88%, respectivamente. Os substitutos apresentaram um perfil temporal de doçura similar, entretanto, o FOS e a isomaltulose tiveram maiores intensidades máximas. Os iogurtes com FOS e isomaltulose foram caracterizados como viscosos, consistentes, cremosos, aerados e aveludados, enquanto que a sacarose conferiu textura líquida, sendo que para sabor as três amostras foram descritas por gosto doce e sabor característico de iogurte natural. Os atributos de textura e sabor fizeram destas amostras as preferidas pelos consumidores. Já as amostras com stévia e xilitol apresentaram sabor de leite fermentado, gosto ácido e amargo, sabor metálico, gosto residual doce e líquidas, sendo que tais características contribuíram para que as amostras fossem menos preferidas.

Portanto, a substituição da sacarose por prebiótico e edulcorantes naturais em iogurtes é uma estratégia bem aceita pelos consumidores e promissora, proporcionando benefícios adicionais para a saúde e na qualidade de vida, sendo estes um crescente desejo dos consumidores.

REFERÊNCIAS

Aidoo, R. P., Afoakwa, E. O., & Dewettinck, K. (2015). Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/ polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 592-597.

Aidoo, R. P., Depypere, F., Afoakwa, E. O., & Dewettinck, K. (2013). Industrial manufacture of sugar-free chocolates – Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science & Technology*, 32(2), 84-96.

Akesowan, A. (2015). Optimization of textural properties of konjac gels formed with κ -carrageenan or xanthan and xylitol as ingredients in jelly drink processing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1735-1743.

Alcaire, F., Antúnez, L., Vidal, L., Giménez, A., & Ares, G. (2017). Aroma-related cross-modal interactions for sugar reduction in milk desserts: Influence on consumer perception. *Food Research International*, 97, 45-50.

Amerine, M. A., Pangborn, R. M., & Roessler, E. B. (1965). *Principles of Sensory Evaluation of Food* (pp. 602). New York: Academic Press.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, 22 de dezembro de 2016. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/alimentos/alegacoes>>. Acesso em: 01 jan. 2018.

Aryana, K. J., & McGrew, P. (2007). Quality attributes of yogurt with *Lactobacillus casei* and various prebiotics. *LWT - Food Science and Technology*, 40(10), 1808-1814.

Azevedo, B. M., Morais-Ferreira, J. M., Luccas, V., & Bolini, H. M. A. (2017). Bittersweet chocolates containing prebiotic and sweetened with stevia (*Stevia rebaudiana* Berton) with different Rebaudioside A contents: multiple time–intensity analysis and physicochemical characteristics. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 1731-1738.

Balthazar, C. F., Silva, H. L. A., Cavalcanti, R. N., Esmerino, E. A., Cappato, L. P., Abud, Y. K. D., Moraes, J., Andrade, M. M., Freitas, M. Q., Sant’Ana, C., Raices, R. L. S., SILVA, M. C., Cruz, A. G. (2017). Prebiotics addition in sheep milk ice cream: A rheological, microstructural and sensory study. *Journal of Functional Foods*, 35, 564-573.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 359 de 23 de dezembro de 2003. Aprova o regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjAzOA%2C%2C>>. Acesso em: 10 de jan. de 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº18 de 24 de março de 2008. Dispõe sobre o "Regulamento Técnico que autoriza o uso de aditivos edulcorantes em alimentos, com seus respectivos limites máximos". **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, de 24 março 2008. Disponível em: <http://www.anvisa.org.br>. Acesso em: 13 de nov. de 2016.

Cadena, R. S., & Bolini, H. M. A. (2011). Time-intensity analysis and acceptance test for traditional and light vanilla ice cream. *Food Research International*, 44(3), 677-683.

Cadena, R. S., & Bolini, H. M. A. (2012). Ideal and relative sweetness of high intensity sweeteners in mango néctar. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(5), 991-996.

Cadena, R. S., Caimi, D., Jaunarena, I., Lorenzo, I., Vidal, L., Ares, G., Deliza, R., & Giménez, A. (2014). Comparison of rapid sensory characterization methodologies for the development of functional yogurts. *Food Research International*, 64, 446-455.

Cadena, R. S., Cruz, A. G., Netto, R. R., Castro, W. F., Faria, J. A. F., & Bolini, H. M. A. (2013). Sensory profile and physicochemical characteristics of mango néctar sweetened with high intensity sweeteners throughout storage time. *Food Research International*, 54(2), 1670-1679.

Cai, L., Feng, J., Regenstein, J., Lv, Y., & Li, J. (2017). Confectionery gels: Effects of low calorie sweeteners on the rheological properties and microstructure of fish gelatina. *Food Hydrocolloids*, 67,157-165.

Carocho, M., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food and Chemical Toxicology*, 107, 302 – 317.

Cruz, A. G., Cavalcanti, R. N., Guerreiro, L. M. R., Sant'Ana, A. S., Nogueira, L. C., Oliveira, C. A. F., Deliza, R., Cunha, R. L., Faria, J. A. F., & Bolini, H. M. A. (2013a). Developing a prebiotic yogurt: Rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. *Journal of Food Engineering*, 114(3), 323-330.

Cruz, A. G., Cadena, R. S., Castro, W. F., Esmerino, E. A., Rodrigues, J. B., Gaze, L., Faria, J. A. F., Freitas, M. Q., Deliza, R., & Bolini, H. M. A. (2013b). Consumer perception of probiotic yogurt: Performance of check all that apply (CATA), projective mapping, sorting and intensity scale. *Food Research International*, 54(1), 601-610.

Dominguez, A. L., Rodrigues, L. R., Lima, N. M., & Teixeira, J. A. (2014). An overview of the recent developments on fructo-oligosaccharide production and applications. *Food and Bioprocess Technology*, 7(2), 324-337.

Dutra, M. B. L., & Bolini, H. M. A. (2014). Acerola nectar sweetened with different sweeteners: ideal and equivalent sweetness. *CyTA – Journal of Food*, 12 (3), 277-281.

- Edwards, C. H., Rossi, M., Corpe, C. P., Butterworth, P. J., & Ellis, P. R. (2016). The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. *Trends in Food Science & Technology*, 56, 158-166.
- Freitas, M. L. F., Dutra, M. B. L., & Bolini, H. M. A. (2016). Sensory profile and acceptability for pitanga (*Eugenia uniflora* L.) nectar with different sweeteners. *Food Science and Technology International*, 22 (8), 720-731.
- Gasmalla, M. A. A., Yang, R., & Hua, X. (2014). *Stevia rebaudiana* Bertoni: An alternative sugar replacer and its application in food industry. *Food Engineering Reviews*, 6(4), 150-162.
- Gonzalez, N. J., Adhikari, K., & Sancho-Madriz, M. F. (2011). Sensory characteristics of peach-flavored yogurt drinks containing prebiotics and synbiotics. *LWT - Food Science and Technology*, 44(1), 158-163.
- Grembecka, M. (2015). Sugar alcohols – their role in the modern world of sweeteners: a review. *European Food Research and Technology*, 214(1), 1-14.
- Guggisberg, D., Piccinali, P., & Schreier, K. (2011). Effects of sugar substitution with Stevia, Actilight™ and Stevia combinations or Palatinose™ on rheological and sensory characteristics of low-fat and whole milk set yoghurt. *International Dairy Journal*, 21(9), 636-644.
- Henry, C. J., Kaur, B., Quek, R. Y. C., & Camps, S. G. (2017). A low glycaemic index diet incorporating isomaltulose is associated with lower glycaemic response and variability and promotes fat oxidation in Asians. *Nutrients*, 9(473), 1-13.
- Hoppert, K., Zahn, S., Janecke, L., Mai, R., Hoffmann, S., & Rohm, H. (2013). Consumer acceptance of regular and reduced-sugar yogurt enriched with different types of dietary fiber. *International Dairy Journal*, 28(1), 1-7.
- Husson, F.; Le, S., & Cadoret, M. (2017). SensoMineR: Sensory Data Analysis. R package version 1.23. <https://CRAN.R-project.org/package=SensomineR>.
- ISO 8586 (2012). Sensory analysis. General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors. International Organization for Standardization.
- Jeltema, M., Beckley, J., & Vahalik, J. (2016). Food texture assessment and preference based on Mouth Behavior. *Food Quality and Preference*, 52, 160-171.
- Kawaguti, H. Y., & Sato, H. H. (2010). Isomaltulose production by free cells of *Serratia plymuthica* in a batch process. *Food Chemistry*, 120(3), 789-793.
- Konar, N., Toker, O. S., Oba, S., & Sagdic, O. (2016). Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or synbiotic characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 49, 35-44.

- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of Food. Principles and practices* (2nd ed.). New York: Springer.
- Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., & Ah-Hen, K. (2012). Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry*, 132(3), 1121–1132.
- Lina, B. A. R., Jonker, D., & Kozianowski, G. (2002). Isomaltulose (Palatinose®): a review of biological and toxicological studies. *Food and Chemical Toxicology*, 40(10), 1375-1381.
- Mabel, M. J., Sangeetha, P. T., Platel, K., Srinivasan, K., & Prapulla, S. G. (2008). Physicochemical characterization of fructooligosaccharides and evaluation of their suitability as a potential sweetener for diabetics. *Carbohydrate Research*, 343(1), 56-66.
- Macfie, H.J., Bratchell, N., Greenhoff, K., & Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal Sensory Studies*, 4, 129–148.
- Meilgaard, M., Civille, G.V., & Carr, B.T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques*, (3^o ed.), CRC Press, New York, 387.
- Meyners, M., Castura, J. C., & Carr, B. T. (2013). Existing and new approaches for the analysis of CATA data. *Food Quality and Preference*, 30(2), 309-319.
- Meyners, M., & Castura, J. C. (2014). Check-All-That-Apply Questions. In: VARELA, P.; ARES, G. *Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling* (pp. 271-305). CRC Pres, New York, (Capítulo 11).
- Mielby, L. H., Andersen, B. V., Jensen, S., Kildegaard, H., Kuznetsova, A., Eggers, N., Brockhoff, P. B., & Bryrne, D. V. (2016). Changes in sensory characteristics and their relation with consumers' liking, wanting and sensory satisfaction: Using dietary fibre and lime flavour in Stevia rebaudiana sweetened fruit beverages. *Food Research International*, 82, 14-21.
- Morais, E. C., Morais, A. R., Cruz, A. G., & Bolini, H. M. A. (2014). Development of chocolate dairy dessert with addition of prebiotics and replacement of sucrose with different high-intensity sweeteners. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2600-2609.
- Morell, P., Piqueras-Fizman, B., Hernando, I., & Fizman, S. (2015). How is an ideal satiating yogurt described? A case study with added-protein yogurts. *Food Research International*, 78, 141-147.
- Moskowitz, H.R. (1970). Ratio scales of sugar sweetness. *Attention, Perception Psychophys*, 7(5), 315-320.

- Mu, W., Li, W., Wang, X., Zhang, T., & Jiang, B. (2014). Current studies on sucrose isomerase and biological isomaltulose production using sucrose isomerase. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(15), 6569-6582.
- Mushtaq, Z., Rehman, S., Zahoor, T., & Jamil, A. (2010). Impact of xylitol replacement on physicochemical, sensory and microbial quality of cookies. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(6), 605-610.
- Nunes, C.A., & Pinheiro, A.C.M. (2013). SensoMaker, version 1.91. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras - MG.
- Oliveira, D., Antúnez, L., Giménez, A., Castura, J. C., Deliza, R., & Ares, G. (2015). Sugar reduction in probiotic chocolate-flavored milk: Impact on dynamic sensory profile and liking. *Food Research International*, 75, 148-156.
- Oliveira, D., Reis, F., Deliza, R., Rosenthal, A., Giménez, A. & Ares, G. (2016) Difference thresholds for added sugar in chocolate-flavoured milk: Recommendations for gradual sugar reduction. *Food Research International*, 89, 448-453.
- Paixão, J. A., Rodrigues, J. B., Esmerino, E. A., Cruz, A. G., & Bolini, H. M. A. (2014). Influence of temperature and fat content on ideal sucrose concentration, sweetening power, and sweetness equivalence of different sweeteners in chocolate milk beverage. *Journal of Dairy Science*, 97(12), 7344-7353.
- Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., & Castelló, M. L. (2014). Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. *Food Bioscience*, 7, 37-44.
- Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., & Castelló, M. L. (2015). Potential use of isomaltulose to produce healthier marshmallows. *LWT – Food Science and Technology*, 62 (1), 605-612.
- Pimentel, T. C., Madrona, G. S., & Prudencio, S. H. (2015). Probiotic clarified apple juice with oligofructose or sucralose as sugar substitutes: Sensory profile and acceptability. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 838-846.
- Pinheiro, A. C. M., Nunes, C. A., & Viotoris, V. (2013). SensoMaker: a tool for sensorial characterization of food products. *Ciência e Agrotecnologia*, 37(1), 199-201.
- Rasouli-Pirouzian, H., Peighambaroust, S. H., & Azadmard-Damirchi, S. (2017). Rheological properties of sugar-free milk chocolate: comparative study and optimisation. *Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties*, 35(5), 440-448.
- Reis, F.; Alcaire, F., Deliza, R., & Ares, G. (2017). The role of information on consumer sensory, hedonic and wellbeing perception of sugar-reduced products: Case study with orange/pomegranate juice. *Food Quality and Preference*, 62, 227-236.

- Reis, R. C., Minim, V. P. R., Bolini, H. M. A., Dias, B. R. P., Minim, L. A., & Ceresino, E. B. (2011). Sweetness equivalence of different sweeteners in strawberry-flavored yogurt. *Journal of Food Quality*, 34(3), 163–170.
- Ribeiro, M. N. (2017). Metodologia Napping® para a otimização: um estudo de caso na avaliação de um mix de diferentes stévias em iogurte. 2017. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Rocha, I. F. O., & Bolini, H. M. A. (2015) Passion fruit juice with different sweeteners: sensory profile by descriptive analysis and acceptance. *Food Science & Nutrition*, 3 (2), 129-139.
- Rodrigues, J. F., Condino, J. P. F., Pinheiro, A. C. M. & Nunes, C. A. (2016). Temporal dominance of sensations of chocolate bars with different cocoa contents: Multivariate approaches to assess TDS profiles. *Food Quality and Preference*, 47, 91-96.
- Rodrigues, J. B., Paixão, J. A., Cruz, A. G., & Bolini, H. M. A. (2015). Chocolate Milk with Chia Oil: Ideal Sweetness, Sweeteners Equivalence, and Dynamic Sensory Evaluation Using a Time-Intensity Methodology. *Journal of Food Science*, 80(12), S2944-S2949.
- Ronda, F., Gómez, M., Blanco, C. A., & Caballero, P. A. (2005). Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, 90 (4), 549-555.
- Rubio-Arreaz, S., Ferrer, C., Capella, J. V., Ortolá, M. D., & Castelló, M. L. (2017). Development of lemon marmalade formulated with new sweeteners (isomaltulose and tagatose): effect on antioxidant, rheological and optical properties. *Journal of Food Process Engineering*, 40 (2), 1-8.
- Saad, S. M. I. (2006). Probióticos e prebióticos: estado da arte. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 42(1), 1-14.
- Saad, S. M. I., Bedani, R., & Mamizuka, E. M. (2011). Benefícios à saúde dos probióticos e prebióticos. In: Saad, S. M. I., Cruz, A. G., & Faria, J. A. F. *Probióticos e Prebióticos em Alimentos: fundamentos e aplicações tecnológicas*. 1 ed. São Paulo: Livraria Varela, cap. 2, 51-84.
- Sentko, A., & Willibald-Ettle, I. (2012). Isomaltulose. In: O'Donnell, K& Kearsley, M. W. *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*. 2nd ed., Wiley-Blackwell, cap. 18, 397-415.
- Silva, L. B., Queiroz, M. B., Fadini, A. L., Fonseca, R. C. C., Germer, S. P. M., & Efraim, P. (2016). Chewy candy as a model system to study the influence of polyols and fruit pulp (açai) on texture and sensorial properties. *LWT – Food Science and Technology*, 65, 268-274.
- Souza, V. R., Pinheiro, A. C. M., Carneiro, J. D. S., Pinto, S. M., Abreu, L. R., & Menezes, C. C. (2011). Analysis of various sweeteners in Petit Suisse Cheese:

Determination of the ideal and equivalent sweetness. *Journal of Sensory Studies*, 26(5), 339–345.

Souza, V. R., Pereira, P. A. P., Pinheiro, A. C. M., Bolini, H. M. A., Borges, S. V., & Queiroz, F. (2013). Analysis of various sweeteners in low-sugar mixed fruit jam: equivalent sweetness, time-intensity analysis and acceptance test. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(7), 1541–1548.

Stone, H.S., & Sidel, J.L. (1985). *Sensory evaluation practices*. London (pp. 311). Academic Press.

Tarrega, A., Marcano, J., & Fiszman, S. (2016). Yogurt viscosity and fruit pieces affect satiating capacity expectations. *Food Research International*, 89, 574-581.

Tomic, O., Nilsen, A. N., Martens, M., & Naes, T. (2007). Visualization of sensory profiling data for performance monitoring, *Food Science and Technology*, 40, 262-269.

Valcheva, R., & Dieleman, L. A. (2016). Prebiotics: Definition and protective mechanisms. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 30(1), 27-37.

Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2), 893-908.

Zacharis, C. Xylitol. In: O'Donnell, K. & Kearsley, M. W. (2012). *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*. 2nd ed., Wiley-Blackwell, cap. 16, 347-371.

Yun, J. W. (1996). Fructooligosaccharides – occurrence, preparation and application. *Enzyme and Microbial Technology*, 19(2), 107-117.

ANEXO

Anexo A Valor p de tratamentos e observações utilizados na seleção final dos provedores da análise de TI para doçura das amostras.

Provedor	Valor p tratamentos	Valor p observações
1	0,09064	0,247
2	0,00624	0,27399
3	0,18612	0,97816
4	0,00374	0,14584
5	0,10548	0,25671
6	0,00361	0,90703
7	0,00067	0,44444
8	0,03145	0,08111
9	0,06649	0,73889
10	0,00802	0,30516
11	0,07325	0,35026
12	0,03117	0,59405
13	0,01778	1