

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**RUBIAN DUARTE DE PAULA**

**ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS EM SORVETES COM  
SUBSTITUIÇÃO TOTAL E PARCIAL DE SACAROSE PELO EDULCORANTE  
XILITOL**

**CAMPO MOURÃO**

**2021**

RUBIAN DUARTE DE PAULA

**ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS EM SORVETES COM  
SUBSTITUIÇÃO TOTAL E PARCIAL DE SACAROSE PELO EDULCORANTE  
XILITOL**

**Analysis of physical and chemical changes in ice cream with total and partial  
sucrose replacement by the sweetener xylitol**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Tecnólogo em Alimentos da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Aline Takaoka Alves  
Baptista

CAMPO MOURÃO

2021

**RUBIAN DUARTE DE PAULA**

**ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS EM SORVETES COM  
SUBSTITUIÇÃO TOTAL E PARCIAL DE SACAROSE PELO EDULCORANTE  
XILITOL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 12/agosto/2021

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Aline Takaoka Alves Baptista  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Adriana Aparecida Droval  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

---

Prof<sup>ª</sup>. Ms Anielle de Oliveira  
Mestrado  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

**CAMPO MOURÃO**

**2021**

## RESUMO

O sorvete é considerado um alimento nutritivo, porém, existem preocupações com seu consumo excessivo. O xilitol é um edulcorante natural com metade do conteúdo calórico da sacarose, tornando-o uma opção interessante para consumidores com restrições alimentares. O objetivo do presente estudo foi desenvolver formulações de sorvete com substituição parcial e total de sacarose pelo edulcorante xilitol e analisar suas características físico químicas a fim de verificar as alterações obtidas pela substituição do açúcar. Foram produzidas três formulações, segundo metodologia descrita em Maia, *et al.* (2008), sendo uma, controle 100% sacarose (F1), e as demais com substituições 50% xilitol (F2) e 100% xilitol (F3). Os resultados obtidos para as análises de pH (7,22 a 7,28), acidez total (0,27 a 0,50), sólidos solúveis totais (32 a 34°Brix) e cor obtiveram uma média que se manteve próxima da formulação controle. Os resultados para *overrun* se mostraram bastante promissores, com destaque para a formulação F3 – 86,73%, obtendo melhor teor de incorporação de ar e maior rendimento de calda, a taxa de derretimento se mostrou mais alta nas formulações que apresentaram maior teor de *overrun* e os resultados para a textura apontaram diferença significativa para o parâmetro consistência. Desta forma, pode-se concluir que a substituição do açúcar pelo xilitol se mostrou muito promissora sem danos à identidade do produto, além de proporcionar maior rendimento e *overrun*. O custo de produzi-lo é consideravelmente mais alto por tratar-se de um edulcorante obtido por via química, porém, é um produto de valor calórico mais baixo e de via metabólica alternativa, beneficiando consumidores com restrições alimentares.

**Palavras chave:** sorvete; sacarose; xilitol; propriedades físico-químicas; textura.

## ABSTRACT

Ice cream is considered a nutritious food, however, there are concerns about its excessive consumption. Xylitol is a natural sweetener with half the caloric content of sucrose, making it an interesting choice for consumers with dietary restrictions. The aim of the present study was to develop ice cream formulations with partial and total replacement of sucrose by the sweetener xylitol and to analyze its physical chemical characteristics in order to verify the changes obtained by the replacement of sugar. Three formulations were produced, according to the methodology described in Maia, *et al.* (2008), one being 100% sucrose control (F1), and the others with 50% xylitol (F2) and 100% xylitol (F3) substitutions. The results obtained for the analysis of pH (7.22 to 7.28), total acidity (0.27 to 0.50), total soluble solids (32 to 34°Brix) and color obtained an average that remained close to the control formulation. The results for overrun were very promising, with emphasis on the F3 formulation - 86.73%, obtaining better air incorporation content and higher syrup yield, the melting rate was higher in the formulations that had higher overrun content and the results for texture showed a significant difference for the consistency parameter. Thus, it can be concluded that the replacement of sugar by xylitol proved to be very promising without damaging the identity of the product, in addition to providing greater yield and overrun. The cost of producing it is considerably higher because it is a sweetener obtained by chemical means, however, it is a product with a lower caloric value and an alternative metabolic route, benefiting consumers with dietary restrictions.

**Keywords:** ice cream; sucrose; xylitol; physical-chemical properties; texture.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>9</b>
<b>3.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Sorvete.....</b>	<b>10</b>
3.1.1	Histórico e aspectos gerais.....	10
3.1.2	Composição .....	11
3.1.3	Etapas de elaboração.....	14
<b>3.2</b>	<b>Xilitol .....</b>	<b>16</b>
3.2.1	Propriedades .....	17
3.2.2	Benefícios para saúde humana.....	18
3.2.3	Benefícios para a indústria alimentícia.....	19
3.2.4	Métodos de obtenção .....	20
<b>3.3</b>	<b>Parâmetros de textura .....</b>	<b>21</b>
<b>4.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>Elaboração do sorvete .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>pH .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3</b>	<b>Acidez titulável.....</b>	<b>24</b>
<b>4.4</b>	<b>Sólidos solúveis totais – SST .....</b>	<b>25</b>
<b>4.5</b>	<b>Densidade aparente - overrun .....</b>	<b>25</b>
<b>4.6</b>	<b>Teste de derretimento .....</b>	<b>25</b>
<b>4.7</b>	<b>Textura.....</b>	<b>25</b>
<b>4.8</b>	<b>Cor .....</b>	<b>26</b>
<b>4.9</b>	<b>Estatística.....</b>	<b>26</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>pH e acidez total.....</b>	<b>27</b>
<b>5.2</b>	<b>Sólidos solúveis totais.....</b>	<b>28</b>
<b>5.3</b>	<b>Densidade aparente - overrun .....</b>	<b>29</b>
<b>5.4</b>	<b>Teste de derretimento .....</b>	<b>30</b>
<b>5.5</b>	<b>Textura.....</b>	<b>31</b>
<b>5.6</b>	<b>Cor .....</b>	<b>32</b>

<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O sorvete ou gelado comestível é definido, segundo a RDC nº266 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), como um produto alimentício obtido a partir de uma emulsão de gordura e proteínas, ou de uma mistura de água, açúcares, outros ingredientes e substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento. O sorvete pode ser obtido com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, em condições tais que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega até o consumo (BRASIL, 2005). Este produto é considerado um alimento nutritivo, pois contém nutrientes provenientes principalmente do leite como proteínas com alto valor biológico e a lactose, que auxilia na absorção de cálcio e fósforo (MARSHALL, 2003). Seu valor energético é elevado devido ao alto teor de lipídeos e carboidratos, também nele se encontram vitaminas A, E, D, niacina e riboflavina (MARSHALL, 2003).

A composição do sorvete pode ser bem variada, de acordo com a região em que é produzido e o mercado para qual é destinado. Os ingredientes basicamente consistem em gordura, sólidos não gordurosos do leite com destaque para as proteínas, açúcar, água e estabilizantes. Quaisquer modificações aplicadas na formulação do sorvete podem induzir também a modificações no processo de produção, afetando as características físico-químicas do produto final como a associação dos glóbulos de gordura, o *overrun* (incorporação de ar), a viscosidade e tamanho dos cristais de gelo agregados. A mistura líquida dos ingredientes antes do congelamento é chamada de calda, além da composição, do tipo e qualidade dos ingredientes, o manuseio e processamento da calda influenciam na viscosidade ideal do mix. A viscosidade é uma propriedade que atua sobre a textura e o derretimento do sorvete, daí a importância da padronização da composição da calda (BARBOSA & MOREIRA, 2010).

O mercado de sorvete é um segmento bastante promissor, uma vez que movimentou significativamente a economia brasileira. Conforme a Associação Brasileira das Indústrias de Sorvetes (ABIS), o Brasil possui mais de 10 mil empresas ligadas ao setor de sorvetes e gelatos atingindo um faturamento anual acima de R\$13 bilhões, um consumo em 2020 de 1.050 milhões de litros de sorvete com um consumo per capita de 4,98 litros (ABIS, 2021).

Mesmo possuindo características nutricionais interessantes existe a preocupação com o consumo excessivo de sorvete por ser um alimento rico em gorduras e açúcares, e se não consumido de forma equilibrada pode haver o desenvolvimento de doenças crônicas como a diabetes tipo II e demais problemas de saúde. Segundo a Associação Brasileira de



Endocrinologia e Metabologia (SBEM, 2021), aproximadamente 27 milhões de pessoas no Brasil sofrem de obesidade e somadas às pessoas consideradas acima do peso são quase 75 milhões. Esse número exorbitante tem uma boa parcela de causa no consumo exacerbado de açúcares e alimentos ultra processados, fontes riquíssimas em xaropes artificiais. Com o aumento da população diagnosticada com obesidade, diabetes e pessoas visando hábitos mais saudáveis, criou-se uma grande procura por alimentos com caloria reduzida e baixos teores de açúcares. Portanto, essas transições nutricionais manifestadas nas últimas décadas demandam uma adequação dos alimentos às novas necessidades dos consumidores que primam por um alimento saboroso e de baixo valor calórico. O papel da indústria de alimentos neste contexto é buscar alternativas que permitam satisfazer as necessidades e superar as expectativas do consumidor (PEREIRA, 2014).

Uma alternativa para a redução de açúcares em produtos alimentícios são os edulcorantes que vêm sendo largamente utilizados por agregarem doçura aos produtos com pouca ou quase nenhuma caloria (PERES, 2018). O xilitol está entre os diferentes tipos de edulcorantes e pode ser encontrado na natureza em plantas, frutas e vegetais, é um composto que pode substituir o açúcar (sacarose), ainda ser nutritivo e benéfico para a saúde pois seu metabolismo independe de insulina, tornando-o uma alternativa interessante para consumidores diabéticos, além de suas propriedades anticariogênicas (SARROUH, 2009).

Segundo a *Food and Drug Administration* (FDA), o xilitol pode ser classificado como um aditivo incorporado em alimentos, é importante que o consumo do mesmo esteja dentro da ingestão diária recomendada (IDR) de 60g/dia, pois, ultrapassando esta ingestão o edulcorante possui efeito laxativo (MUSSATO e ROBERTO, 2002). O xilitol oferece vantagens sobre a sacarose, como por exemplo, em virtude de sua elevada estabilidade química e microbiológica e ação osmótica, atua mesmo em baixas concentrações como conservante de produtos alimentícios (MÄKINEN, 2000). Desta forma, este composto oferece resistência ao crescimento de microrganismos, prolonga a vida de prateleira dos produtos, além de possuir maior resistência à cristalização e solubilidade semelhante a sacarose em água (CÂNDIDO e CAMPOS, 1996).

Tendo em vista o exposto anteriormente, o presente estudo teve por objetivo elaborar formulações de sorvetes com substituições total e parcial de açúcar (sacarose) pelo edulcorante natural xilitol e analisar o seu comportamento físico-químico.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Desenvolver formulações de sorvete com substituição parcial e total de sacarose pelo edulcorante xilitol e analisar suas características físico químicas a fim de verificar as alterações obtidas pela substituição do açúcar.

### 2.2 Objetivos específicos

- Elaborar diferentes formulações de sorvete com substituição parcial e total de sacarose.
- Escolher as formulações de melhor aplicabilidade.
- Analisar as propriedades físico-químicas (pH, acidez total, sólidos solúveis, densidade aparente – *overrun* e cor) e reológicas (taxa de derretimento e textura) dos sorvetes elaborados.
- Correlacionar os dados obtidos nas análises com a literatura para compreender o comportamento das formulações de sorvete perante a substituição do açúcar.
- Analisar a viabilidade da substituição da sacarose por edulcorante xilitol em relação a manutenção das principais características do sorvete.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Sorvete

##### 3.1.1 Histórico e aspectos gerais

Há controvérsias sobre a origem do sorvete, contudo Faresin (2019) menciona que teve sua origem no Oriente há mais de 3 mil anos atrás, segundo os primeiros relatos, conta-se que os chineses costumavam preparar uma pasta de arroz e misturavam à neve. Há também relatos de que no ano 62 da era cristã o imperador Nero, de Roma, enviava escravos as montanhas em busca de neve para o preparo de um alimento a base de suco de frutas e mel (FÉLIX, 2016; ABRAHÃO, 2005). Sibér (1999) afirma que os italianos foram os primeiros a desenvolver receitas de sorvetes e a partir de 1500, o produto foi se difundindo por toda a Europa.

Já no Brasil, a primeira sorveteria foi datada em 1835 quando dois comerciantes compraram um carregamento americano de gelo, aportado no Rio de Janeiro, passando a produzir sorvete de frutas. Um fato curioso é que como na época não havia forma de mantê-lo gelado era consumido imediatamente após o preparo, por esse motivo, os comerciantes anunciavam a hora do consumo (FARESIN, 2019). Desde os primórdios o sorvete agradou seus consumidores e então, vem sendo constantemente aprimorado desde seus ingredientes ao método de produção, para satisfazer o paladar e atender as necessidades dos clientes.

O sorvete ou gelado comestível é definido segundo a RDC nº266 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), como um produto alimentício obtido a partir de uma emulsão de gordura e proteínas, ou de uma mistura de água, açúcares e outros ingredientes e substâncias, que tenham sido submetidas ao congelamento. O sorvete pode ser com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, em condições tais que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega até o consumo (BRASIL, 2005).

O sorvete é fabricado a partir de uma calda, pasteurizada, conhecida também como emulsão estabilizada, que através de um processo de congelamento sob agitação contínua de incorporação de ar, produz uma substância suave e agradável ao paladar (MILLIATTI, 2013). Quando são aplicadas modificações na formulação do sorvete, regularmente são necessários ajustes no processo de produção também, podendo afetar características físico-químicas do produto final como a associação dos glóbulos de gordura, o overrun (incorporação de ar), a

viscosidade e tamanho dos cristais de gelo agregados, daí a importância da padronização da composição da calda (BARBOSA & MOREIRA, 2010).

Do ponto de vista estrutural, o sorvete é tido como um fluido espumoso em que coexistem bolhas de ar envoltas em pequenos glóbulos de gordura que foram separados durante a homogeneização da calda, junto do conteúdo gorduroso parcialmente coalescido existe uma rede proteica formando a calda aquosa parcialmente solidificada por pequenos cristais de gelo. Neste contexto, os carboidratos exercem papel de conferir corpo e sabor agradável a esta emulsão, o edulcorante utilizado desempenha a importante função de agente anticongelante, impedindo que a mistura petrifique ao ser congelada, permitindo assim, o consumo desta guloseima (GRANGER, *et al.*, 2005).

### 3.1.2 Composição

A composição do sorvete pode ser bem variada, apresentando normalmente de 10 a 16% de gordura, 9 a 12% de sólidos não gordurosos do leite, 9 a 12% de açúcar e 0 a 0,5% de emulsificante podendo haver variabilidade de acordo com a região de produção, custo e diferentes mercados (ABRAHÃO, 2005; GOFF, 1997).

O teor de gordura é o primeiro aspecto a ser definido quando se escolhe uma formulação de sorvete e, posteriormente, a quantidade dos demais ingredientes (TIMM, 1989). O sorvete cremoso contém de 8 – 20% de gordura, os sorvetes do tipo *soft* apresentam menor conteúdo de gordura e apresentam sensação mais gelada (CLARKE, 2004). Assim, a quantidade de gordura presente no *mix* influencia diretamente no potencial de refrescância, derretimento e no quanto o sorvete é capaz de gelar. A textura de um sorvete depende de sua estrutura, sendo muito importante o comportamento da gordura durante a estabilização, o congelamento e a aeração. Os cristais de gordura, quando bem homogeneizados, permitem incorporar células de ar desejáveis durante o batimento, mantendo uma textura suave (ABD EL-RAHMAN *et al.*, 1997). A função da gordura na formulação de sorvetes é a de contribuir para o desenvolvimento de uma textura suave, melhorar o corpo do produto e aumentar a resistência à fusão. Além disto, a gordura auxilia na estabilidade do sorvete, reduzindo a necessidade de estabilizantes, e age aumentando a viscosidade do preparado sem alterar seu ponto de congelamento, uma vez que se encontra em suspensão (KOEFERLI; PICCINALI; SIGRIST, 1996). Contudo, o excesso de gordura resulta em sorvete quente, ou seja, sem sensação de refrescância, de rápido derretimento, pois, os glóbulos em excesso ocupam os

lugares onde cristais de gelo iriam se formar, este é um dos principais problemas enfrentados por falhas na formulação (TIMM, 1989).

Os sólidos não gordurosos do leite ou extrato seco desengordurado (ESD) correspondem aos sólidos totais do leite desnatado, constituídos por lactose (55%), proteínas (37%), minerais e vitaminas hidrossolúveis (8%) (BERGER, 1997; MARSHALL, GOFF e HARTEL, 2003; GOFF & HARTEL, 2013). O leite em pó contribui aumentando os sólidos totais, dando sabor e corpo ao sorvete. A lactose confere um leve sabor doce, mascarado pelo açúcar que normalmente é adicionado, é importante ressaltar que não se pode ter mais do que 20 gramas de lactose em 100 gramas de sorvete para que não ocorra problemas com arenosidade (GOFF, 1997; MARSHALL, 1996). É comum ainda substituir o leite em pó pelo soro de leite para reduzir o custo da produção, no entanto deve-se atentar a alta concentração de lactose que há no soro (GOFF, 1997; MARSHALL, 1996). Os minerais conferem um sabor levemente salgado, o que ajustam o sabor e aroma do produto final. O extrato seco desengordurado, fundamentalmente as proteínas, é necessário para a palatabilidade, visto que a intensidade e o tempo de permanência do sabor na boca estão relacionados com o conteúdo de sólidos da mistura. O ESD também é importante para baixar o ponto de congelamento e aumentar a viscosidade do líquido restante. Além disso, a proteína cobre a superfície dos glóbulos e as bolhas de ar, estabilizando a espuma (CLARKE, 2004; GOFF, 1997; VEGA e GOFF, 2005).

Os emulsificantes são utilizados em conjunto com estabilizantes com o objetivo principal de reduzir a atividade de água livre, e, conseqüentemente diminuir a quantidade e tamanho dos cristais de gelo formados durante o congelamento (SILVA, 2012). Como resultado da diminuição da tensão interfacial, o ar pode distribuir-se uniformemente no sorvete, favorecendo a capacidade de batimento (SOUZA *et al.*, 2010). O principal efeito dos emulsificantes em sorvetes é sua capacidade de desestabilizar a membrana dos glóbulos de gordura. O estabilizante confere ao sorvete corpo e textura suaves, retardando a formação de cristais de gelo durante as oscilações térmicas, além de dar uniformidade e resistência à fusão. Em geral, utiliza-se amido e goma, porém, caso seja usado em excesso, o sorvete ganha textura de suspiro, deixa de derreter e perde a refrescância (SILVA, 2012; SOUZA *et al.*, 2010).

A água é a fase contínua do sorvete, presente na forma líquida na calda e parcialmente solidificada no sorvete pronto (SILVA, 2012). Os cristais de gelo são indispensáveis para dar consistência e sensação de frescor, porém, não devem ser grandes demais para evitar a sensação de arenosidade na boca (GOFF & HARTEL, 2013).

As bolhas de ar possuem três funções especiais, fornecer corpo ao sorvete por meio de sua incorporação (*overrun*), proporcionar mais maciez e tornar o produto deformável a mastigação, além de atuar como isolante do frio intenso. O ar encontra-se disperso e incorporado na emulsão de gordura. A interface entre a água e o ar é estabilizada por um fino filme de material não congelável e por glóbulos de gordura batidos (ILCT, 2002; GOFF & HARTEL, 2013). O *overrun* ou aumento do volume pela incorporação de ar é uma das etapas mais importantes da fabricação de sorvetes, já que influencia diretamente na qualidade e rendimento da mistura, seu controle se faz muito importante para manutenção da padronização da qualidade (MOSQUIM, 1999; GOFF & HARTEL, 2013).

Os aromas, corantes e acidulantes são adicionados para realçar o sabor e a cor, dando ao produto o aspecto desejado, podendo ser naturais ou artificiais. Os acidulantes contribuem ainda para a sensação de frescor na boca ao abaixar o pH da mistura. Os aromatizantes geralmente estão disponíveis na forma de produtos prontos formulados, os quais são adicionados na mistura do sorvete na etapa de congelamento (AGUIAR e CALIL, 1999).

Normalmente o sorvete possui cerca de 13 a 20% de açúcar sobre o volume total de leite, desempenhando o importante papel de influenciar diretamente no teor de sólidos totais, contribuindo para viscosidade da massa, melhora da capacidade de batimento do *mix*, ressaltando aromas e em sua principal característica, o dulçor. O edulcorante mais utilizado para a fabricação do sorvete é a sacarose, porém a utilização de outros açúcares com baixo poder adoçante, principalmente a glicose, aumenta a quantidade de sólidos totais, melhorando a textura e consistência do sorvete (SOUZA *et al.*, 2010; EDULCORANTES EM SORVETES, 2021; GOFF, KINSELLA e JORDAN, 1989).

Pode ocorrer uma substituição total ou parcial por açúcares derivados do milho, que contribuem para tornar o corpo do sorvete mais firme e mastigável e aumentam a vida de prateleira do produto, representado uma fonte de sólidos para a mistura (CÂNDIDO & CAMPOS, 1996). A concentração de edulcorante interfere de modo decisivo sobre o ponto de congelamento, pois, é considerado o agente que controla o ponto de fusão e congelamento, atuando na formação de cristais de gelo, permitindo assim, que o sorvete seja consumido a temperaturas de até -15 a -18°C com cerca de 70% de seu total de água congelada e o restante em forma líquida. Contudo, é necessária atenção na quantidade de sólidos totais adicionados pois, se o ponto de congelamento baixar demais o sorvete pode não congelar ou separar em fases no armazenamento (EDULCORANTES EM SORVETES, 2021; GOFF, KINSELLA e JORDAN, 1989).

### 3.1.3 Etapas de elaboração

A elaboração de sorvete inicia com a mistura de ingredientes previamente pesados e dosados, de acordo com a formulação estabelecida. A posterior homogeneização dessa mistura, aliada à pasteurização, traz efeitos benéficos na qualidade do produto final como a destruição de microrganismos patogênicos, diminuição uniforme do tamanho dos glóbulos de gordura, cor mais brilhante e atraente, maior resistência à oxidação, aumento da viscosidade e facilidade de batimento e aeração (SANTOS, 2009). Em seguida, a calda formada sofre um resfriamento rápido, seguindo um período de maturação sob refrigeração (PEREIRA, 2014). O batimento aliado ao congelamento é uma das etapas que mais influenciam na qualidade do sorvete final, quanto menor for a temperatura de congelamento, maior proporção de água se congelará, formando minúsculos cristais de gelo, removendo calor da mistura e estabilizando o *overrun* que torna o sorvete leve, macio e saboroso (XAVIER, 2009; SANTOS, 2009; PEREIRA, 2014; SILVA, 2012). As etapas do processo de preparo do sorvete seguem a ordem exposta na figura 1.

**Figura 1. Etapas do processo de elaboração do sorvete.**



Fonte: BARBOSA e MOREIRA, 2021.

Cada etapa do fluxograma apresentado na figura 1 encontra-se descrita na sequência:

**Recepção e estocagem da matéria prima:** A qualidade do sorvete produzido é diretamente afetada pela qualidade da matéria prima utilizada em sua formulação, todo material deve ter boa procedência e ser armazenado de maneira adequada. Toda a matéria prima e embalagens utilizadas deve ser inspecionada no ato do recebimento, em local protegido de sujidades e fora da área de processamento do sorvete, devendo estar dentro dos padrões higiênico-sanitários estabelecidos por legislação específica. O material aprovado deve seguir para armazenamento em condições adequadas e o material reprovado deve ser imediatamente identificado e devolvido ou armazenado em local próprio (SANTOS, 2009; PEREIRA, 2014).

**Pesagem:** Para iniciar o processamento deve-se pesar os ingredientes seguindo a formulação pré-determinada para que rendimento e textura sejam perfeitos (SILVA, 2012; SANTOS, 2009).

**Preparo da mistura:** Para que os ingredientes sejam homogeneizados sem problemas como formação de grumos é comum que a mistura comece pelos componentes líquidos, que são colocados em tanques com aquecimento e agitação. Assim, coloca-se então os demais sólidos, que devem ser previamente misturados antes de serem adicionados (XAVIER, 2009).

**Homogeneização:** A homogeneização pode ser feita antes ou depois da pasteurização. O objetivo de homogeneizar a calda é diminuir o diâmetro dos glóbulos de gordura, prevenindo, portanto, a separação da gordura e evitando sua dispersão durante o processo de congelamento. Isso facilita a ação dos emulsificantes e estabilizantes, diminuindo o tempo de maturação, além de tornar a pasteurização mais eficiente e resultar em uma textura mais homogênea, cremosa e suave (XAVIER, 2009). É importante que a calda seja homogeneizada para que durante o processo de maturação, as proteínas sejam capazes de cobrir os glóbulos de gordura, evitando desta forma, a separação dos componentes durante o batimento e congelamento. Porém, caso ocorra homogeneização em excesso, os glóbulos de gordura muito pequenos podem se aglomerar gerando amontoados ou glóbulos mais longos, isso caracterizaria uma reversão, causando separação da gordura e problemas na textura do sorvete (MARSHALL & ARBUKLE, 1996; GOFF & HARTEL, 2013; STOGO, 1997).

**Pasteurização:** A pasteurização pode ser de forma lenta, 70°C por 30 minutos em processo por batelada ou de forma rápida, 80°C por 25 segundos em processos contínuos. É a etapa do processamento utilizada para conter deterioração por fatores biológicos, como microrganismos naturais presentes ou patógenos adquiridos por contaminação e até mesmo as enzimas que participam da composição do leite. O aquecimento também beneficia a textura e



corpo do sorvete já que auxilia na hidratação de proteínas, gorduras e estabilizantes (MARSHALL, GOFF e HARTEL, 2003; GOFF & HARTEL, 2013).

**Resfriamento e maturação:** Após a pasteurização a calda é resfriada em um tanque até atingir 4°C, onde entrará em processo de maturação e deverá permanecer por tempo mínimo de 4h atingindo um ponto ótimo com 12h e sua temperatura controlada de 2°C – 5°C. É durante a maturação que ocorre a cristalização das moléculas de gordura e o término da hidratação de proteínas e estabilizantes, ou seja, esta fase é essencial para uma boa qualidade do sorvete (MOSQUIM, 1999; GOFF & HARTEL, 2013).

**Congelamento:** Após a maturação o saborizante é adicionado ao sorvete, pode ser acrescido de caldas de frutas, corantes, aromas e qualquer outro produto desejado no sabor ou mistura desde que seja comprovado que este não causará danos à saúde do consumidor. Assim, a mistura é colocada na produtora ou bateadeira onde sob constante agitação atinge a temperatura de -4°C a -7°C, a partir deste ponto a água livre é congelada e os cristais de gelo misturados na calda, ocasionando aumento da viscosidade e densidade do produto. O sorvete é retirado da bateadeira com textura semissólida, contendo 70% de sua água congelada (SEBRAE, 1999; VALENTIM e SANTOS, 2012).

**Envase e estocagem:** Ocorre logo após o congelamento, podendo ser por método automático ou manual. As embalagens recebem o produto sem maiores alterações na temperatura. O sorvete é armazenado em câmaras que mantêm sua temperatura em torno de -25°C a -30°C, sendo muito importante que não haja grandes variações na temperatura para garantir a identidade do produto (VALENTIM e SANTOS, 2012).

As principais etapas do processo foram descritas, porém, fatores como a matéria prima utilizada podem requerer mudanças no processamento e desencadear alterações nas características do sorvete. Buscando descaracterizar o sorvete como apenas uma guloseima as próprias indústrias têm explorado novos ingredientes funcionais de valor nutritivo (CHINELATE *et al.*, 2012).

### 3.2 Xilitol

O xilitol é um edulcorante natural, saboroso e promove um prazeroso efeito refrescante, seu poder adoçante é semelhante ao da sacarose e seu valor calórico é mais baixo. Foi separado pela primeira vez em 1890 pelo químico alemão Emil Herman Fischer (1852 - 1919) e seu assistente Rudolf Stahel (francês, 1867 - 1962). Concomitantemente M. G. Bertrand, um químico francês isolou o xilitol existente na xilose de cavacos de madeira com amálgama

sódica (liga Hg-Na) na forma de xarope (MUSSATTO e ROBERTO, 2002). Tem sido utilizado na alimentação humana desde a década de 1960 e é encontrado naturalmente em frutas, legumes, vegetais e cogumelos. O xilitol também é produzido pelo corpo humano durante o metabolismo de carboidratos (ciclo do ácido glicurônico-xilulose) em uma quantidade aproximada de 5 a 15 gramas por dia (MUSSATTO e ROBERTO, 2002). Industrialmente, pode ser produzido a partir do sabugo de milho, cana de açúcar, cascas de sementes e de nozes (FRANÇOSO, 2015).

Tendo em vista o aumento do número de pessoas que apresentam algum distúrbio metabólico, e conseqüentemente necessitam assim substituir a sacarose por outro tipo de açúcar, já que o açúcar convencional fornece uma quantidade considerável de energia sem nutrientes específicos, observaram-se vários estudos que apontam o xilitol como um substituto seguro e eficaz (SANTOS, 2016). A Food and Drug Administration (FDA) classifica-o como um aditivo do tipo GRAS (*Generally Recognised as Safe* — geralmente reconhecido como seguro). No Brasil, o xilitol é classificado pela Anvisa como aditivo umectante que não interfere na identidade do alimento, podendo ser utilizado isolado ou associado a outros adoçantes em quantidade necessária até que se obtenha o efeito desejado (ANVISA, 2008).

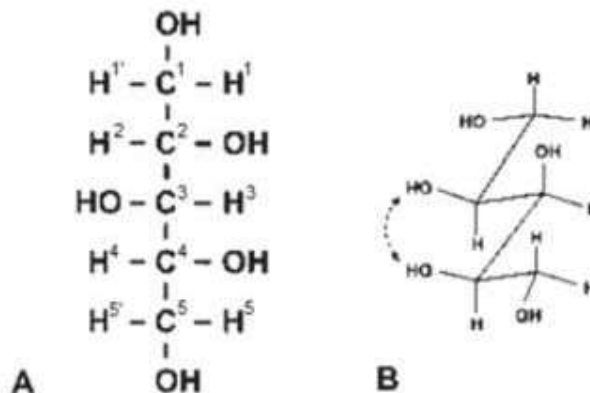
### 3.2.1 Propriedades

O xilitol é um poliálcool de cinco carbonos que pode ser encontrado na natureza em muitas frutas e vegetais tais como alface, couve flor, ameixas, framboesas, morangos, uvas, bananas, assim como em leveduras, líquens e cogumelos, porém, em quantidades inferiores a 0,9 g/100g (PARAJÓ, DOMÍNGUEZ e DOMÍNGUEZ, 1998).

Sua fórmula empírica é  $C_5H_{12}O_5$  e sua massa molecular 152,15  $g \cdot mol^{-1}$ , trata-se de um pó branco, cristalino, sem odor, altamente solúvel em água (64,2g/ 100 ml) e apresenta ponto de fusão na faixa de 93,4 a 94,7°C (AGUIAR, OETTERER e MENEZES, 1999). O poder edulcorante é de 0,8 a 1,1 vezes a mais que da sacarose e valor calórico de 2,4 kcal/g. Este poliol é 2,4 vezes mais doce do que o manitol e 2 vezes mais que o sorbitol. Entretanto, o poder adoçante pode variar com o pH, concentração de sais e temperatura. Apresenta ainda uma agradável sensação refrescante devido ao valor negativo do calor específico de dissolução (-34,8 cal/g) (AGUIAR, OETTERER e MENEZES, 1999). Outra propriedade importante do xilitol é o fato de não ser fermentado pela maioria dos microrganismos da cavidade bucal humana exercendo efeito anti-cariogênico e inibindo a desmineralização do esmalte dos dentes (BIRKHED, 1994). O xilitol é um poliálcool saturado e de cadeia aberta, já que

apresenta uma estrutura linear com cinco hidroxilas ligadas a carbonos diferentes, como podemos observar na figura 2.

**Figura 2. Estrutura do xilitol ( $C_5H_{12}O_5$ ). A) Numeração de cada átomo de carbono e hidrogênio individuais. B) Fórmula zig-zag da molécula. A dupla seta tracejada indica a interação entre o  $O_2$  e  $O_4$ .**



Fonte: MAKINEM, 2000.

### 3.2.2 Benefícios para saúde humana

O xilitol é um produto de grande importância econômica e social, devido ao seu poder adoçante e propriedades benéficas ao organismo (SILVA *et al.*, 1993). O xilitol tem empregabilidade nas indústrias alimentícias, como edulcorante substituto da sacarose e de outros adoçantes; farmacêutica, como excipiente de fármacos e cosmética, como componente de hidratantes. Além disso, pesquisas comprovaram os efeitos benéficos do xilitol na prevenção e/ou tratamento de diversas doenças, dentre elas: cáries, diabetes, otite média aguda, osteoporose, anemia hemolítica, dermatite, infecções ginecológicas e lesões renais (FRANÇOSO, 2015). O xilitol, ao contrário dos açúcares convencionais, independe da insulina para ser metabolizado pelo organismo humano, tornando-se uma ótima alternativa para portadores de diabetes Tipo 1 ou Tipo 2. Seu metabolismo ocorre principalmente no fígado onde as células são permeáveis e onde são encontradas enorme quantidade de enzimas responsáveis pela metabolização rápida do xilitol, transformando-o em energia. A glicose proveniente do metabolismo do xilitol é estocada no fígado como glicogênio e liberada gradualmente, não aumentando bruscamente os níveis de glicose no sangue (SILVA *et al.*, 1993).

No intestino, a absorção do xilitol é muito lenta, por isso, grandes quantidades de xilitol consumidas podem ocasionar diarreias osmóticas e dores estomacais (MANZ e VANNINEN,

1973; PEPPER, OLINGER, 1988; BAR, 1991; MAKINEN, 1976; YLIKAHRI, 1979, CULBERT *et al.*, 1986). O uso do xilitol reduz o nível de ácidos graxos livres no sangue, tanto em pessoas portadoras de diabetes quanto para pessoas saudáveis, e pouco contribui para a formação de tecidos gordurosos (MAKINEN e SCHEININ, 1975). O xilitol apresenta poder adoçante equivalente ao da sacarose (BÄR, 1986) e possui propriedades anti-cariogênicas, uma vez que não é fermentado pelos microrganismos da microflora bucal (PEPPER; OLINGER, 1988). Já nas formulações de hidratantes, é utilizado porque inibe o desenvolvimento de algumas bactérias como, por exemplo, o *Staphylococcus aureus* (causadores de espinhas e furúnculos), controlando a microflora da pele e aumentando sua hidratação (SHISEIDO CO. LTD, 2002; KATSUYAMA *et al.*, 2005).

### 3.2.3 Benefícios para a indústria alimentícia

A utilização do xilitol na indústria alimentícia em substituição à sacarose, é vantajosa em relação a outros adoçantes, devido a este componente apresentar mesmo volume e poder adoçante similar ao da sacarose e sua substituição ocorrer na proporção 1:1, não afetando o balanço de massa dos produtos (EMODI, 1978). Além disso, o xilitol possui apenas 2,4 kcal/g e não possui sabor desagradável após sua ingestão. Em relação à sacarose, o xilitol adquire vantagem por sua elevada estabilidade química e microbiológica, pois, as hidroxilas presentes no xilitol se ligam às moléculas de água o tornando um ótimo agente redutor da atividade da água. Desse modo, mesmo em baixas concentrações, o xilitol atua como conservante de produtos alimentícios, impedindo o crescimento de microrganismos e prolongando a vida de prateleira desses produtos (BAR, 1991; MARSHALL & GOFF, 2003). Por não ser fermentado por muitos microrganismos, diferentemente da sacarose, o xilitol também é utilizado na fabricação de xaropes e refrescos sem a necessidade de pasteurização e de adição de conservantes, mantendo-os conservados por um período de quatro a cinco meses em frascos fechados (MANZ e VANNINEN, 1973).

Como substituto da sacarose em alimentos, o xilitol possui grandes vantagens em relação aos outros adoçantes convencionais, pois além de tornar o produto aceitável em termos de sabor e apresentar caráter anti-cariogênico, a incorporação de xilitol em alimentos torna estes produtos acessíveis para pacientes diabéticos e para aqueles que apresentam desordens no metabolismo de lipídeos (MÄKINEN, 1976; YLIKAHRI, 1979). Pode ser empregado isoladamente ou em associação com outros adoçantes em produtos de panificação, geleias, marmeladas, gelatinas, sobremesas, gomas de mascar, refrigerantes e sorvetes

(WINKELHAUSEN e KUSMANOVA, 1998). O uso mais significativo, entretanto, é na substituição do açúcar presente em produtos altamente açucarados, como o leite condensado, que pode caramelizar durante o processamento ou a estocagem. A reação de Maillard, ou seja, reação química entre açúcares e proteínas acelerada por altas temperaturas e que provoca escurecimento, não ocorre com o xilitol pois este edulcorante não contém grupos aldeídos nem cetônicos (AGUIAR; OETTERER; MENEZES, 1999). Na formulação de sorvetes, o xilitol atua como agente encorpante, edulcorante e inibidor da cristalização, além de produzir sensação refrescante na boca (NABORS, 2003).

#### 3.2.4 Métodos de obtenção

Apesar da via de obtenção utilizada majoritariamente na indústria ser a via química, a obtenção biotecnológica vem ganhando cada vez mais espaço devido suas vantagens, como menor custo, maior rendimento e menor complexidade do processo (ASANO, 2014). O processo químico, no entanto, é o único capaz de suprir a demanda industrial, a produção inclui cinco etapas: a hidrólise ácida do material natural rico em xilana; a purificação do hidrolisado até que se obtenha uma solução de xilose pura; a hidrogenação catalítica da xilose pura para xilitol, com catalisador liga de Ni e  $Al_2O_3$ ; purificação da solução de xilitol obtida e a cristalização do xilitol. As etapas de purificação na síntese química do xilitol aumentam o tempo de produção e encarecem muito o produto final (MELAJA, HAMÄLÄINEN, 1977; HYVÖNEN *et al.*, 1982).

Conforme relatado por Heikkilä *et al.* (1992), as etapas do processo químico de produção de xilitol apresentam um custo relativamente alto. A purificação do material de partida é muito complexa, devido à elevada sensibilidade dos catalisadores necessários para a reação. São necessárias operações de purificação (como troca iônica, descoloração e fracionamento cromatográfico) para obtenção de uma solução de xilose de elevada pureza.

Após a remoção do catalisador por filtração e troca iônica, a solução de xilitol é concentrada, fracionada por cromatografia e cristalizada para obtenção do produto puro. Assim, as etapas de purificação aumentam o tempo do processo e encarecem o produto (LIMA; BERLINCK, 2003). Além disso, a pureza final da solução de xilitol é dependente da separação dos subprodutos originários da reação de redução. Por isso, o custo de produção do xilitol por processo químico é cerca de 10 vezes maior que o da sacarose ou do sorbitol (PARAJÓ, DOMÍNGUEZ e DOMÍNGUEZ, 1998).

Com a finalidade de encontrar um método de produção eficaz e de menor custo, vários centros de pesquisas no Brasil e no exterior vêm desenvolvendo o processo biotecnológico (FIB, 2012). O processo biotecnológico tornou-se possível com a descoberta de leveduras capazes de metabolizar pentoses principalmente a D-xilose, açúcar maioritário nos hidrolisados hemicelulósicos. A via biotecnológica apresenta-se como alternativa à via química de obtenção de xilitol em função do rendimento do processo químico e da capacidade de microrganismos fermentarem a xilose presente nos hidrolisados, através da metabolização da xilose com o transporte deste açúcar através da membrana celular (BRANCO, 2010).

Uma das vantagens do processo biotecnológico é a remoção de eventual contaminação de glucose que surge como subprodutos de hidrólise da celulose logo no processo inicial, além disso, a produção biotecnológica oferece outras várias vantagens em relação ao processo químico. Como matérias-primas são utilizados resíduos agroindustriais de baixo custo, entre eles: bagaço de cana, palha de arroz e de trigo e sobras de eucalipto. (SILVA, FELIPE e MANCILHA, 1998; SILVA e ROBERTO, 2001; NIGAM, 2001; CANETTIERI, SILVA e FELIPE, 2001). Esse processo dispensa a purificação inicial da xilose porque a mesma é convertida em xilitol através da fermentação de hidrolisados hemicelulósicos. Utilizam-se enzimas ou microrganismos específicos que convertem a xilose em xilitol com um alto rendimento do produto, favorecendo sua separação. Outra vantagem desse processo é que os microrganismos catalisam o processo, dispensando o uso de catalisadores metálicos. Apesar das vantagens, o processo biotecnológico ainda não atende à demanda industrial, sendo necessários ainda estudos para que esse processo se torne viável o mais breve possível (MUSSATTO, *et al.*, 2006; PARAJO, DOMÍNGUEZ e DOMÍNGUEZ, 1997; LIMA e BERLINCK, 2003; FAVERI *et al.*, 2003).

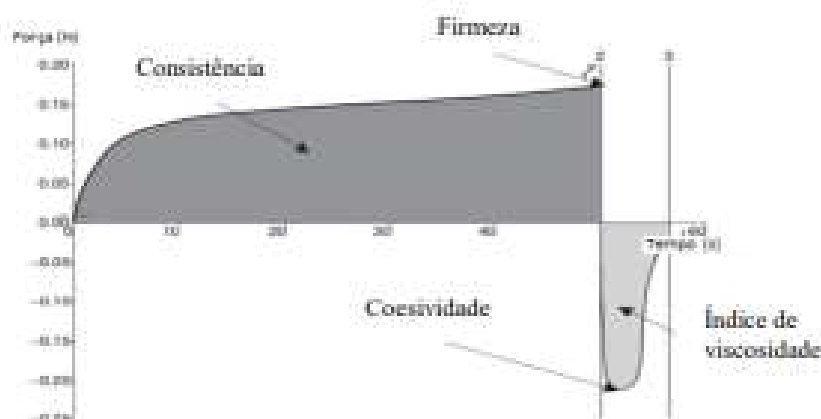
### **3.3 Parâmetros de textura**

A textura segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é definida como todas as propriedades de um alimento, reológicas e estruturais que são percebidas por receptores mecânicos, táteis, visuais e auditivos (ABNT, 2017). O estudo da textura de um alimento está ligado ao controle de qualidade do mesmo, às percepções sensoriais que o produto causará no consumidor e o atendimento de suas expectativas (RAMOS, 2016). Os testes de textura permitem avaliar diversos parâmetros mecânicos presentes no alimento e a partir deles, a criação de um gráfico relacionando força *versus* tempo (SOUZA *et al.*, 2011; FOGAÇA, 2014). Os parâmetros medidos estão relacionados principalmente a deformação,

desintegração e movimento do alimento quando exposto a uma força que pode ser objetivamente medida em função de tempo e distância (BOURNE, 2002).

Dentre os variados tipos de parâmetros pode-se destacar alguns como a firmeza, consistência, coesividade e índice de viscosidade (figura 3), onde a firmeza é força de compressão máxima na pressão de extrusão para dentro da amostra; a consistência corresponde a área no interior da curva durante o impulso de extrusão; a coesividade é força máxima de compressão durante a retirada da sonda da amostra e o índice de viscosidade corresponde a área dentro da região negativa da curva durante a retirada da sonda (BOURNE, 2002).

**Figura 3. Curva típica da análise de textura.**



**Fonte: FOGAÇA, 2014.**

A firmeza representa a força máxima medida pelo equipamento, é o ponto mais alto no gráfico do primeiro ciclo de compressão, em outras palavras, é a força necessária para provocar cisalhamento no sorvete, quanto maior a força necessária para deformar, mais duro é o sorvete, produtos com valores de firmeza muito baixos tendem a apresentar textura muito aerada, enquanto valores de firmeza muito alto indicam que o produto é de difícil manuseio (FOGAÇA, 2014; AIME *et al*, 2001; SILVA, 2008).

É a partir da interferência na integridade do alimento e da relação entre as áreas do primeiro e segundo ciclo de compressão que se possibilita medir os parâmetros mecânicos e geométricos da composição: consistência, coesividade e índice de viscosidade. A consistência é registrada na área de força máxima requerida e representa o quão espessa a amostra é; a coesão é a função direta do trabalho necessário para superar as ligações internas do material, indicando o quanto a estrutura se deforma antes de se romper; o trabalho de adesão ou índice

de viscosidade representa a coesão, consistência e viscosidade do sorvete, medindo o quanto a amostra aderiu e resistiu no retorno da sonda do equipamento ao seu estado inicial. Quanto mais alto o valor, maior a resistência da sonda (LIU *et al.*, 2007; ROJAS *et al.*, 2019).

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ingredientes utilizados para o desenvolvimento das formulações foram adquiridos no comércio varejista local da cidade de Campo Mourão - PR e supermercados da região. Para a realização deste trabalho foram utilizados como matéria-prima: edulcorante xilitol (Linea Alimentos®), leite em pó desnatado (Molico®), água (Crystal), sacarose (Alto Alegre), estabilizante superliga neutra (Selecta), emulsificante (Emustab Selecta) e o aroma de creme em pó (Selecta).

##### 4.1 Elaboração do sorvete

Foram elaboradas três formulações de sorvetes sabor creme por processo em batelada utilizando as formulações apresentadas na Tabela 1. As formulações testadas foram a controle com 100% sacarose (F1), formulação com redução parcial de açúcar com 50% xilitol (F2) e formulação com substituição total de açúcar com 100% xilitol (F3). O poder adoçante do xilitol é similar ao da sacarose e sua substituição ocorre na proporção 1:1, não afetando o balanço de massa dos produtos.

**Tabela 1. Composição das diferentes formulações de sorvete (%).**

<b>Ingredientes</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
Água	61,40	61,40	61,40
Leite em pó desnatado	11,00	11,00	11,00
Gordura vegetal hidrogenada	7,70	7,70	7,70
Emulsificante	0,90	0,90	0,90
Estabilizante	0,90	0,90,	0,90
Aroma de creme em pó	0,90	0,90	0,90
Açúcar refinado	17,20	8,60	-
Xilitol	-	8,60	17,20

**Autoria própria (2021)**



O processo de produção seguiu a metodologia descrita por Maia *et al.* (2008), e iniciou-se pela pesagem de todos os ingredientes em balança (Toledo 15kg – 9094 Plus; Shimadzu – UW620H), na sequência a gordura vegetal hidrogenada foi liquefeita e adicionada a 1160,00 mL de água (correspondente a 2/3 do total de água da formulação) e agitado em liquidificador semi-industrial (M vithory - 3500rpm) durante 3 minutos. Posteriormente foram adicionados os 580,00 mL restantes de água (correspondente a 1/3 do total de água da formulação), e os ingredientes sólidos: edulcorante xilitol e/ou sacarose, leite em pó e estabilizante, homogeneizados durante 3 minutos. Após este processo adicionou-se o emulsificante e homogeneizou-se durante 5 minutos e, por fim, incorporado o aroma de creme em pó, misturado em liquidificador durante 3 minutos. A mistura preparada denominada de calda, passou então por tratamento térmico, em que o aquecimento foi realizado até a mistura atingir 75°C. Após o aquecimento da calda, esta seguiu para o resfriamento em freezer doméstico (Electrolux) para a sua maturação, pelo tempo de 2 horas ou até atingir 4°C.

## 4.2 pH

As análises de pH foram realizadas conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), foram pesadas 10g de amostra e diluídas em 100 mL de água destilada com posterior homogeneização. Determinou-se o pH com pHmetro de bancada (Gehaka-PG2000) calibrado utilizando as soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

## 4.3 Acidez titulável

A análise de acidez titulável foi realizada conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), em um *erlenmeyer* de 125 mL foram transferidos 100 g de amostra e 50 mL de água destilada, utilizando de 3 a 5 gotas de solução de fenolftaleína como indicador. A acidez titulável foi determinada pela titulação de hidróxido de sódio 0,1 mol/L, até o ponto de viragem do indicador, detectável pelo aparecimento de discreta coloração rósea. Posteriormente, calculou-se a acidez titulável conforme a equação (1):

$$\% \text{ acidez titulável} = \frac{\text{Volume gasto de NaOH} \times \text{fc NaOH} \times \text{molaridade} \times 100}{\text{Peso da amostra}} \quad (1)$$

#### 4.4 Sólidos solúveis totais – SST

A análise de sólidos solúveis totais foi realizada conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), realizada em refratômetro de bancada tipo Abbe (RTA – 100). Para esta análise foram utilizadas 4 gotas de amostra, sendo o resultado expresso em °Brix, após cada aferição o aparelho era lavado com água destilada e seco com papel toalha.

#### 4.5 Densidade aparente - *overrun*

A medida da quantidade de ar incorporada à massa de sorvete é chamada de densidade aparente ou *overrun*. É utilizada como parâmetro da qualidade do produto final, leveza e de rentabilidade total durante o processamento (GOFF, 2002). A determinação da densidade aparente (*overrun*) foi realizada conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Utilizou-se o volume da calda do sorvete (antes de ir a sorveteira) e do sorvete final (já congelado e aerado), calculando-se este parâmetro por meio da equação (2).

$$Overrun\% = \frac{(\text{Volume do sorvete batido} - \text{Volume da calda})}{\text{Volume da calda}} \times 100 \quad (2)$$

#### 4.6 Teste de derretimento

O teste de derretimento foi realizado segundo a metodologia de Faresin (2019). Em temperatura ambiente a 20°C ±1 foi colocado 100g da amostra sobre uma tela metálica de abertura 1x1cm sendo o volume de sorvete drenado pesado em balança semi-analítica (Shimadzu – UW620H) a cada 10 minutos até o derretimento total da amostra. Com os dados da pesagem obtidos, construiu-se um gráfico para análise do comportamento perante o derretimento de cada formulação. A temperatura ambiente durante o procedimento se manteve estável em 20°C, as análises foram realizadas simultaneamente almejando o mínimo possível de interferências externas nos resultados.

#### 4.7 Textura

O teste de textura foi realizado segundo Rojas *et al.*, (2019), usando um TA.XT Texturômetro Express Stable Micro Systems equipado com uma sonda de compressão de 35 mm de diâmetro, e uma célula de 10 Kg. As amostras foram colocadas em recipientes cilíndricos com 50 mm de diâmetro e 55 mm de altura, inseridos até 40 mm e submetido à compressão de 50% da profundidade em uma velocidade de 1 mm.s<sup>-1</sup>. As propriedades de firmeza, coesividade, consistência e índice de viscosidade foram registradas por meio do gráfico que foi obtido pelo instrumento, relacionando força *versus* tempo.

#### **4.8 Cor**

As análises colorimétricas das amostras de sorvete foram realizadas segundo Rojas *et al* (2019), em colorímetro Konica-Minolta CR-400. A cor foi expressa em L\*: indicativo da quantidade de luz refletida pela cor; a\*: quando negativo tende ao verde e positivo tende a vermelho e b\*: quando negativo tende a azul e positivo tende a amarelo.

#### **4.9 Estatística**

Os experimentos foram realizados em triplicata sendo os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) e para a comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey (p<0,05).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 pH e acidez total

A tabela 2 apresenta os resultados das análises de pH e acidez total titulável das amostras de sorvete elaboradas.

**Tabela 2. Resultados das análises de pH e acidez total titulável dos sorvetes, no qual F1 – 100% sacarose. F2 – 50% xilitol e F3 – 100% xilitol.**

Parâmetros	F1	F2	F3
pH	7,22 <sup>a</sup> ± 0,14	7,23 <sup>a</sup> ± 0,06	7,28 <sup>a</sup> ± 0,11
Acidez total titulável (%)	0,40 <sup>a</sup> ± 0,06	0,50 <sup>a</sup> ± 0,10	0,27 <sup>a</sup> ± 0,06

Resultados expressos pela média de três repetições ± desvio-padrão. Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

**Autoria própria (2021)**

Ao observar a tabela 2 pode-se verificar que as formulações se enquadram no valor de alimentos aquosos não ácidos conforme determinado pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), ou seja, possuem um pH superior a 6, variando de 7,22 a 7,28, e não apresentaram diferença estatística. Os resultados de pH das formulações elaboradas neste estudo foram superiores aos resultados encontrados no trabalho de Iaros e Pinheiro (2016) que foi de 5,49. Essa diferença de pH nos dois estudos provavelmente está relacionada com a própria diferença na formulação mesmo utilizando o edulcorante xilitol em ambos os casos, pois, Iaros e Pinheiro (2016) trabalharam com sorvete sem lactose enriquecido com inulina, no qual substituíram a sacarose por xilitol (0,5%), adicionando também um doce de manga e demais edulcorantes à formulação.

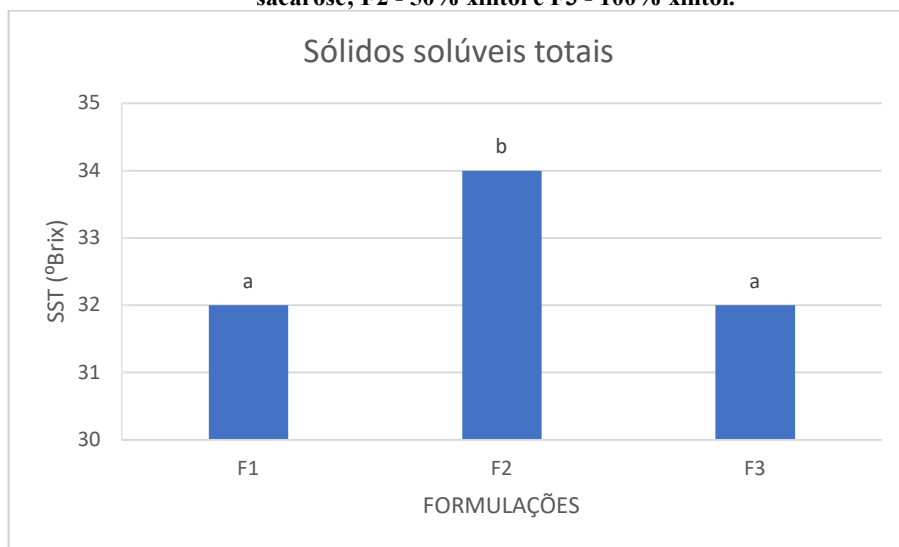
A acidez é outro parâmetro importante quanto à formulação do sorvete e pode-se relacioná-la a cor, isso porque os valores de pH e acidez estão diretamente ligados ao saborizante utilizado, que de forma geral, contém corantes e acidulantes em sua formulação, ou seja, quanto mais saborizante adicionado à calda (principalmente os de frutas ácidas), maior acidez e maior percepção de cor (ALMEIDA *et al.*, 2016). Os resultados de acidez variaram de 0,50 até 0,27 não apresentando diferença significativa, sendo a formulação 100% xilitol (F3) com o menor valor de acidez (0,27%) quando comparado com as demais formulações analisadas.

De acordo com pesquisas realizadas, até o presente momento, a legislação não dispõe de valores de referência para pH e acidez titulável, contudo são parâmetros importantes a se controlar no processo. Esses parâmetros são influenciados principalmente pelo sabor empregado na formulação, podendo variar de acordo com o tipo de ingrediente utilizado, a base da preparação (leite ou vegetal), entre outras variáveis. Todavia, os sorvetes de fruta comumente possuem acidez diferenciada em relação a sorvetes de chocolate ou creme que tendem a baixa acidez (CORREIA *et al.*, 2008). O fato de não haver diferença significativa nos resultados de pH e acidez total entre as formulações comprovou sua estabilidade ao substituir a sacarose pelo edulcorante xilitol.

## 5.2 Sólidos solúveis totais

Os resultados de sólidos solúveis totais das diferentes formulações de sorvete são apresentados na figura 4.

**Figura 4. Conteúdo em sólidos solúveis totais presente nas formulações de sorvete, em que: F1 - 100% sacarose; F2 - 50% xilitol e F3 - 100% xilitol.**



Letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

**Autoria própria (2021)**

Por meio da figura 4 pode-se verificar que os sólidos solúveis totais variaram em 32 (F1 – 100% sacarose e F3 – 100% xilitol) e 34°Brix (F2 – 50% xilitol), apresentando diferença significativa entre as formulações F1 e F2 e para F3 e F2, sendo que F1 e F3 não diferiram significativamente entre si. Os sólidos solúveis totais (SST) do sorvete remetem às características sensoriais e físico-químicas deste e constituem duas fases, a fase contínua que

contém sólidos dissolvidos como açúcares, proteínas e estabilizantes, e a fase dispersa contendo o conteúdo gorduroso emulsificado (GOFF & HARTEL, 2013; ILCT 2002). O conteúdo de SST também interfere diretamente na aceitação do produto pelo consumidor, pois está relacionado ao sabor do sorvete (PERRONE *et al.*, 2011). Félix, Alves e Oliveira (2016) obtiveram valores de 28 e 25°Brix quando caracterizaram sorvetes industrializados, os autores apontaram que valores elevados de SST se devem as diferentes fontes de açúcar e sólidos do leite adicionados ao produto.

Pazianotti *et al.* (2010) analisaram diferentes formulações de sorvetes industriais e artesanais, obtendo médias de 34,24 e 34,35°Brix respectivamente que foram similares ao deste estudo, contudo, cabe observar que o presente trabalho utilizou uma formulação que conteve o leite desnatado apenas em seu formato em pó, e esse não foi um agravante para o teor de SST que se apresentou dentro da média do mercado. Segundo Goff e Hartel (2013), o padrão de sólidos solúveis totais utilizados em sorvete pode variar de 28 a 40%, deste modo e em comparação com os autores já citados, todas as formulações preparadas apresentaram resultado satisfatório para SST e o xilitol demonstrou ser um ótimo substituto da sacarose, cumprindo os papéis de edulcorante e de agente de corpo com bons teores de SST.

### 5.3 Densidade aparente - *overrun*

A tabela 3 apresenta os resultados em porcentagem da análise de *overrun* em sorvete controle e com substituição total e parcial de açúcar pelo edulcorante natural xilitol.

**Tabela 3. Resultado de *overrun* das diferentes formulações de sorvete, no qual F1 – 100% sacarose. F2 – 50% xilitol e F3 – 100% xilitol.**

	F1	F2	F3
<i>Overrun</i> (%)	47,26 <sup>a</sup> ± 0,33	77,45 <sup>b</sup> ± 0,23	83,78 <sup>c</sup> ± 0,20

Resultados expressos pela média de três repetições ± desvio-padrão. Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

**Autoria própria (2021)**

Os resultados obtidos para *overrun* diferiram-se entre si estatisticamente, as amostras contendo xilitol F2 (50%) e F3 (100%) apresentaram os valores mais elevados de *overrun* com 77,45% e 83,78% respectivamente. A quantidade de ar incorporado pode apresentar porcentagens mínimas de 10 a 15% e máximas maiores que 50% (GOFF, 2002). Segundo Fellows (2006), os sorvetes comerciais possuem de 60 a 100% de ar incorporado, ganhando textura mais cremosa conforme aumenta sua aeração, isso, devido ao congelamento mais

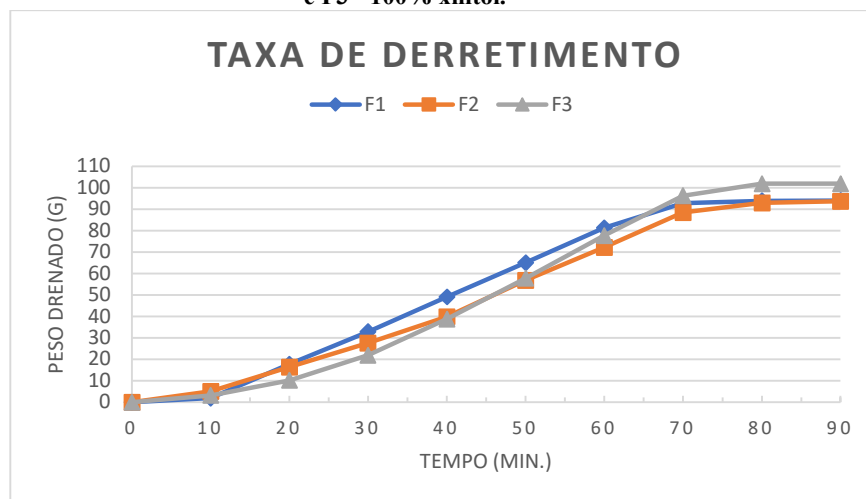
rápido que produz cristais de gelo menores e conseqüentemente menor arenosidade. O ar incorporado ao sorvete influencia de forma significativa no corpo, textura, paladar e na qualidade, em quantidades muito elevadas produz uma mistura esponjosa e com pouco sabor, porém, sua ausência ou quantidade insuficiente torna o corpo do sorvete pesado e de baixo rendimento (COSTA, 2009).

Segundo Sofjan e Hartel (2004), a firmeza do sorvete diminui com o aumento do *overrun*, pois, este ganha leveza e maciez ao incorporar um teor adequado de ar, fato que pôde ser visualmente observado neste estudo nos resultados que serão apresentados posteriormente para taxa de derretimento e textura, confirmando a hipótese. As formulações F2 (50% xilitol) e F3 (100% xilitol) apresentaram resultado bastante satisfatório no teor de incorporação de ar, sendo que F3 (100% xilitol) exibiu o maior teor, ou seja, obteve melhor rendimento da calda e melhor aparência de cremoso, demonstrando que a substituição da sacarose pelo xilitol resultou em melhoras na capacidade de incorporação de ar dentre todas as formulações produzidas.

#### 5.4 Teste de derretimento

As amostras foram analisadas segundo sua taxa de derretimento representada na figura 5 que correlaciona o peso em gramas de amostra drenada com o tempo de pesagem, a cada dez minutos.

Figura 5. Taxa de derretimento das formulações elaboradas, em que: F1 - 100% sacarose; F2 - 50% xilitol e F3 - 100% xilitol.



Autoria própria (2021)

Por meio da figura 5, pode-se observar que houve uma tendência de derretimento similar e estabilização em torno de 80 minutos entre as amostras, sendo F1 (100% sacarose) tomada como padrão de derretimento para comparação das demais formulações. Partindo deste pressuposto, notou-se que a formulação F3 (100% xilitol) apresentou o derretimento mais rápido, a explicação para este comportamento segundo Sofjan e Hartel (2004) provavelmente está diretamente ligada a quantidade de ar incorporada durante o batimento (*overrun*), pois esta formulação apresentou também o maior teor de *overrun*, ou seja, durante o batimento a calda incorporou mais ar, ganhando aparência macia e facilitando seu derretimento. Assim, a estrutura da emulsão criada durante o batimento/congelamento forneceu maior rendimento à calda, mas após exposto a temperatura ambiente, o sorvete derreteu sem grande resistência por coagulação de gorduras ou emulsificantes, voltando a tornar-se um líquido homogêneo (SORVETES & CASQUINHAS, 2021). Devido ao derretimento acelerado, o sorvete de F3 (100% xilitol) apresentou aparência tipo “*soft*” ou expresso, isto é, o sorvete servido direto da máquina de congelamento, consumido em temperaturas mais altas entre -4 e -6°C, portanto, um sorvete mais mole (SEBRAE, 2021).

Afirma-se que o derretimento ideal do sorvete é aquele em que apresenta a forma de fluido homogêneo e semelhante ao *mix* de que foi feito (FARESIN, 2019), neste quesito e considerando também o não congelamento total do sorvete tornando-o agradável para consumo, todas as formulações apresentaram resultado satisfatório.

## 5.5 Textura

Os parâmetros obtidos na análise de textura estão expressos na Tabela 4.

**Tabela 4. Resultados obtidos para análise de textura nas diferentes formulações do sorvete, no qual F1 – 100% sacarose. F2 – 50% xilitol e F3 – 100% xilitol.**

Formulação	Firmeza	Coesividade	Consistência	Índice de viscosidade
<b>F1</b>	2,43 <sup>a</sup> ±0,28	-1,11 <sup>a</sup> ±0,15	2,21 <sup>a</sup> ±0,27	-0,90 <sup>a</sup> ±0,22
<b>F2</b>	2,25 <sup>a</sup> ±0,33	-1,36 <sup>a</sup> ±0,57	3,62 <sup>b</sup> ±0,25	-1,08 <sup>a</sup> ±0,17
<b>F3</b>	2,27 <sup>a</sup> ±0,09	-1,85 <sup>a</sup> ±0,35	5,39 <sup>c</sup> ±0,30	-1,05 <sup>a</sup> ±0,16

Resultados expressos pela média de três repetições ± desvio-padrão. Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

**Autoria própria (2021)**



Por meio da tabela 4 foi possível verificar que as amostras não apresentaram diferença significativa para firmeza, coesividade e índice de viscosidade, com exceção do parâmetro consistência, onde todas as três formulações se mostraram estatisticamente diferentes. Com relação a consistência, segundo Angioloni e Collar (2009) quanto maior este parâmetro mais espessa será a amostra, ligando diretamente a consistência ao *overrun* obtido nas formulações de sorvete, pois pode-se observar que à medida que os valores de *overrun* aumentam progressivamente de F1 a F3, a consistência do sorvete também aumenta e, conseqüentemente, os teores de *overrun* também se diferiram estatisticamente. Em suma, verificou-se que o uso do xilitol na formulação do sorvete proporcionou uma calda mais espessa por maior incorporação de ar, produzindo um sorvete de massa leve e alto rendimento.

O parâmetro firmeza mede a força necessária para provocar cisalhamento no sorvete, quanto maior a força necessária para deformar, mais duro é o sorvete, produtos com valores baixos de firmeza tendem a apresentar textura mais aerada, como no caso das formulações produzidas. A partir da interferência na integridade do alimento causada pela probe para a medição da firmeza, é possível medir os parâmetros consistência, coesividade e índice de viscosidade. A coesão é a função direta do trabalho necessário para superar as ligações internas do material, indicando o quanto a estrutura se deforma antes de se romper e o índice de viscosidade mede o quanto a amostra aderiu e resistiu no retorno da sonda do equipamento ao seu estado inicial. Quanto mais alto o valor, maior a resistência da sonda.

Com relação aos valores de coesividade, índice de viscosidade e firmeza, a obtenção de resultados que não apresentaram diferença significativa também são bons resultados pois é uma boa premissa de que pode ser possível produzir sorvetes com substituição total da sacarose sem danos à textura do mesmo. No que diz respeito à consistência, apesar de os resultados se diferirem, todas as formulações se apresentaram satisfatórias, com melhora na incorporação de ar, como já visto anteriormente, confirmando a relação de textura com o teor de *overrun* do sorvete.

## 5.6 Cor

Os resultados obtidos na análise de cor realizada com os sorvetes 100% sacarose (F1), 50% xilitol (F2) e 100% xilitol (F3) são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5. Parâmetros de cor das formulações de sorvetes, no qual F1 – 100% sacarose. F2 – 50% xilitol e F3 – 100% xilitol.**

Formulações	L*	a*	b*
F1	87,58 <sup>a</sup> ± 0,00	-2,75 <sup>a</sup> ± 0,00	28,86 <sup>a</sup> ± 0,00
F2	87,58 <sup>a</sup> ± 0,00	-2,75 <sup>a</sup> ± 0,00	28,86 <sup>a</sup> ± 0,00
F3	88,27 <sup>a</sup> ± 0,69	-2,51 <sup>a</sup> ± 0,36	30,75 <sup>a</sup> ± 2,57

Sendo L\*: luminosidade (em escala de 0 a 100); a\*: a variação do -a\*=verde ao +a\*=vermelho; b\*: variação do -b\*=azul ao +b\*=amarelo. Resultados expressos pela média de três repetições ± desvio-padrão. Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

**Autoria própria (2021)**

Ao observar a Tabela 5 foi possível verificar que não houve diferenciação entre as cores das amostras ao nível de 5% de significância. Todas possuem elevado parâmetro de luminosidade (L\*), este indicativo representa a quantidade de luz que é refletida de uma amostra, em que o valor máximo de cem (100) representa uma perfeita reflexão, e valor mínimo zero (0) constitui o preto. Os valores de L\* variaram de 87,58 a 88,27, demonstrando a claridade da amostra.

Para todas as formulações, os valores do parâmetro a\* foram negativos e próximos de zero (0), logo, indicam uma tendência maior ao verde, variando de -2,75 até -2,51, do que ao vermelho (no caso de valores positivos de a\*). Em relação ao parâmetro da cromaticidade b\*, todas as amostras apresentaram valores positivos, variando de 28,86 até 30,75, tendendo para a coloração amarela, condizente e característico do sabor atribuído, de creme.

Resultados semelhantes aos do presente estudo, foram encontrados por Cadena (2008) na análise de sorvete sabor creme tradicional e “light” e por Faresin (2019), no desenvolvimento de sorvete funcional com redução de açúcar e gordura. Ambos mostraram pouca variação nos parâmetros de cromaticidade.

## 6. CONCLUSÃO

Foi possível o desenvolvimento de sorvete com substituição parcial e total de sacarose pelo edulcorante natural xilitol, mantendo-se as características de interesse do sorvete. Os resultados obtidos para pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e cor mantiveram-se dentro de uma média próxima aos resultados da formulação controle. Os teores de *overrun* se mostraram bastante promissores com 47,26% para F1 (controle) e 83,78% para F3 (100% xilitol) o que ressalta nitidamente o aumento do rendimento de sorvete na formulação contendo apenas xilitol, apresentando também um derretimento ligeiramente mais rápido, porém, adequado nesta formulação.

A textura, um parâmetro de destaque no presente estudo, exibiu resultados muito próximos da formulação controle, diferindo-se apenas no parâmetro consistência que apresentou valores crescentes de F1-F3, a consistência diz respeito ao quão espesso é o sorvete. Apesar de diferirem-se, os resultados para consistência foram completamente condizentes com os teores de *overrun* obtidos, impactando positivamente de forma a melhorar a formação da emulsão durante a produção do sorvete e, conseqüentemente, sua textura.

Por fim, entende-se que a formulação com substituição total de sacarose pelo edulcorante xilitol se mostra bastante viável, mantendo parcialmente inalteradas as características físico-químicas e melhorando características como o *overrun* e a consistência de sua textura. Seu custo de produção é consideravelmente mais alto por tratar-se de um edulcorante obtido por via química, porém, é um produto de valor calórico mais baixo e de via metabólica alternativa, beneficiando consumidores com restrições alimentares.

## REFERÊNCIAS

- ABD EL-RAHMAN, A. M., *et al.* Physical characteristics of frozen desserts made with cream, anhydrous milk fat, or milk fat fractions. **Journal of Dairy Science**. v. 80, n. 9, p. 1926-1935, set. 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030297761332>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.
- ABRAHÃO, P. R. S. **Ocorrência de *Listeria monocytogenes* e de outros microrganismos em gelados comestíveis fabricados e comercializados na região metropolitana de Curitiba, Paraná**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.
- AGUIAR, C. L.; OETTERER, M.; MENEZES, T. J. B. Caracterização e aplicações do xilitol na indústria alimentícia. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 33, n. 2, p. 184-193, jul./dez. 1999.
- AGUIAR, J.; CALIL, R. **Aditivos nos alimentos**. São Paulo: R. M. Calil, 1999.
- AIME, D. B., *et al.* Textural analyses of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Research International**. Ottawa, v. 34, n. 3, p. 237-246, jan. 2001.
- ALMEIDA, A.B. S., *et al.* Elaboração e avaliação sensorial de sorvete diet e sem lactose de mangaba endêmica do Cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 3, p. 38-41, 2016. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1206>. Acesso em: 25 de janeiro de 2021.
- ANGIOLONI, A.; COLLAR, C. Small and large deformation viscoelastic behaviour of selected fibre blends with gelling properties. **Food Hydrocolloids**. v. 23, n. 3, p. 742-748, 2009.
- ASANO, C. T. S. **Importância do uso de xilitol para as indústrias alimentícias e farmacêuticas**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia bioquímica), Universidade de São Paulo. Lorena, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 5492:2017: Análise sensorial – vocabulário**. ABNT: 2017.
- BÄR, A. Xylitol In: O'BREIN NABORS L.; GELARDI, R. C., (Ed.). **Alternative Sweeteners**. p.185-216. New York: Basel, 1986.

BÄR, A. Xylitol In: O'BREIN NABORS, L., GELARDI, R. C., (Ed.). **Arternative Sweetners**, 2. Ed., p. 349-479. New York: Marcel Decor Inc., 1991.

BARBOSA, A.; MOREIRA, B. **Dispersão coloidal: formação de espuma sólida**. Relatório de atividade prática. Universidade do Estado da Bahia. Salvador, 2010.

BERGER, K.G. Ice cream. In: LARSSON, K.; FRIBERG, S. **Food emulsions**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1997. p. 413-489.

BIRKHED, D. Cariologic aspects of xylitol and its use in chewing gum: a review. **Acta odontologica Sscandinavica**, Oslo. v. 52, p. 117-127, 1994.

BOURNE, M. C. **Food Texture and viscosity: concept and measurement**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2002.

BRANCO, F. R. – **Produção enzimática de xilitol utilizando sistema de regeneração de coenzima como alternativa às vias química e microbiológica de obtenção**. 2010. Tese (Doutorado em Microbiologia Aplicada). Universidade de São Paulo. Lorena, 2010.

BRASIL. **RDC nº 18. 24 de março de 2008**. Dispõe sobre o “Regulamento Técnico que autoriza o uso de aditivos edulcorantes em alimentos, com seus respectivos limites máximos.” Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-18-de-24-de-marco-de-2008.pdf/view>. Acesso em: 04 ago. 2016.

BRASIL. **IN n.º 266, 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico para Gelados Comestíveis e Preparados para Gelados Comestíveis. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Disponível em: [http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2012/08/instru%C3%A7%C3%A3o-normativa-22\\_2005.pdf](http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2012/08/instru%C3%A7%C3%A3o-normativa-22_2005.pdf). Acesso em: 04 ago. 2016.

CADENA, R. S. **Sorvete sabor creme tradicional e “light”: Perfil Sensorial e Instrumental**. 2008. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

CÂNDIDO, L.M.B.; CAMPOS, A.M. **Alimentos para fins especiais: dietéticos**. São Paulo: Varela, 1996.

CANETTIERI, E. V.; SILVA, J. B. A. E.; FELIPE, M. G. A. Application of factorial design to the study of xylitol production from eucalyptus hemicellulosic hydrolysate. **Applied Biochemistry and Biotechnology**. Clifton, v. 90, p. 159- 168, 2001.

CHINELATTE, G. C. B. *et al.* Aspectos físico-químicos e microbiológicos de gelados comestíveis de leite de búfala adicionado de fibras alimentares. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**. Pombal, v. 1, n. 1, p. 07-12, jan.- dez., 2012.

CLARKE, C. The Science of ice cream. **Royal Society Of Chemistry**. Cambridge, 2004.

- CORREIA, R. T. P. *et al.* Sorvetes elaborados com leite caprino e bovino: Composição química e propriedades de derretimento. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 251-256, 2008.
- COSTA, E. **Cuidados com o Sorvete**. Sindicato das Indústrias de Sorvetes do Ceará, 2009. Disponível em: <http://www.sindsorvetes.com.br/modules/news/article.php?storyid=26>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- CULBERT, S. J. *et al.* **Nutrition Research**. Tarrytown, v. 6, p. 913-922, 1986.
- EMODI, A. Xylitol: Its properties and food Applications. **Food Technology**. Chicago. v. 21, n. 1, p. 28-32, jan. 1978.
- FARESIN, L. S. **Desenvolvimento de sorvete funcional com redução de açúcar e gordura**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2019.
- FAVERI, D. *et al.* Optimization of xylitol recovery by crystallization from synthetic solutions using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**. Essex, v. 61, n. 3, p. 407-412, 2003.
- FÉLIX, L. D.; ALVES, J. E. A.; OLIVEIRA, C. A. **Caracterização físico-química de sorvetes industrializados e comercializados na região de Salgueiro-PE**. In: I congresso Internacional de Ciências Agrárias – COINTER-PDVAgro. 2016.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- FIB. Xylitol: aplicações funcionais. **Revista-fi.com**, 2012, p. 46-54.
- FOGAÇA, D. N. L. **Avaliação de propriedades mecânicas, físico-químicas e influência do tipo de acidificante e tempo de armazenamento visando à aplicação no controle de processo de produção de queijos coalho**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, 2014.
- FRANÇOSO, L. O. Xylitol: um edulcorante diversificado e benéfico para saúde humana – uma revisão bibliográfica. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química). Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2015.
- GOFF, D. Colloidal aspects of ice-cream: a review. **International Dairy Journal**. v. 7, n. 6-7, p. 363-373, jun.- jul., 1997.
- GOFF, H. D. Formation and stabilization of structure in ice cream and related products. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**. v. 7, n. 5, p. 432-437, nov., 2002.
- GOFF, H. D., & HARTEL, R. W. **Ice cream**. 7. ed New York: Springer, 2013.
- GOFF, H. D.; KINSELLA, J. E.; JORDAN, W. K. Influence of various milk protein isolates on ice cream emulsion stability. **International Dairy Journal**, n. 72, p. 385–397, 1989.

- GRANGER, C. Influence of formulation on the thermal behavior of ice cream mix and ice cream. **Journal of American Oil Chemists Society**. v. 82, n. 6, p. 427-431, 2005.
- HEIKKILÄ, H., *et al.* **Method for the production of xylitol**. Patente US n.5.081.026. 1992.
- HYVÖNEN, L.; KOIVISTOINEN, P.; VOIROL, F. Food technological evaluation of xylitol. **Advances in Food Research**. v. 28, p. 373-403, 1982.
- IAROS, C. C.; PINHEIROS, T. W. **Elaboração de sorvete sem lactose enriquecido com inulina**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Ponta Grossa, 2016.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL 2008, p. 1020.
- INSTITUTO DE LATICÍNIOS CÂNDIDO TOSTES – ILCT. **Fundamentos básicos da tecnologia de queijos**. Juiz de Fora: ILCT: 2002.
- KATSUYAMA, M. *et al.* A novel method to control the balance of skin microflora. Part. 1. Attack on biofilm of *Staphylococcus aureus* without antibiotics. **Journal of Dermatological Science**. v. 38, n. 3, p. 197-205, 2005.
- KOEFERLI, C. R. S.; PICCINALI, P.; SIGRIST, S. The influence of fat, sugar and non-fat milk solids on selected taste, flavor and texture parameters of a vanilla ice-cream. **Food Quality and Preference**. Barking, v. 7, n. 2, p. 69-79, 1996.
- LIMA, L. H. A. BERLINK, C. N. Xilitol, o adoçante do futuro. **Revista Ciência Hoje**. 2003, p. 66-69.
- LIU, H.; XU, X. M.; GUO, S. D. Rheological, texture and sensory properties of lowfat mayonnaise with different fat mimetics. **LWT - Food Science and Technology**. v. 40, n. 6, p. 946-954, 2007.
- MAIA, M. C. A. *et al.* Avaliação sensorial de sorvetes à base de xylitol. **Ciência e Tecnologia de alimentos**. Campinas, v. 28, n. 1, p. 146-151, jan.-mar., 2008.
- MÄKINEN, K. K. Can the pentitol-hexitol theory explain the clinical observations made with xylitol? **Medical Hypotheses**, v.54, n. 4, p.603-613, apr., 2000.
- MÄKINEN, K. K. Xylitol: The sugar that prevents tooth decay. **The Futurist**. Washington, v.10, n.3, p.135-139, jun., 1976.
- MÄKINEN, K. K.; SCHEININ A. Turku sugar studies. VI. The administration of the trial and the control of the dietary regimen. **Acta Odontologica Scandinavica**. v. 33, n. 70, p. 105-127, 1975.
- MANZ, U. E.; VANNINEN, F.; Xylitol - it's properties and use as a sugar substitute in foods. In: F. R. A. **Symposium on sugar and sugar replacements**, v. 10, 1973.

MARSHALL, R. T.; GOFF, D. Formulating and Manufacturing Ice Cream and Other Frozen Desserts. **Food Technology**, v. 57, n. 5, p. 32-44, 2003.

MARSHALL, R. T.; GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice Cream**. 6. ed. New York: Springer, 2003.

MARSHALL, R.T.; ARBUCKLE, W.S. Ice Cream. 5. Ed. New York: **Chapman & Hall**. 1996.

MELAJA, A. J.; HAMÄLÄINEN, L. **Process for making Xylitol**. U.S. Patent n. 4.008.285. 18 jun. 1975, publ. 15/02/1977.

MERCADO. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS E DO SETOR DE SORVETES – ABIS**. Disponível em: <http://abis.com.br/mercado/>. Acesso em: 15 de jun. de 2021.

MILLIATTI, M. C. **Estudo reológico de formulações para sorvetes produzidos com diferentes estabilizantes**. 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

MOSQUIM, M. C. A. **Fabricando Sorvetes com Qualidade**. São Paulo: Fonte Comunicações e Editora Ltda., 1999.

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, dez. 2002.

MUSSATTO, S. I.; SILVA, C. J. S. M.; ROBERTO, I. C. Fermentation performance of *Candida guilliermondii* or xylitol production on single and mixed substrate media. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Prague. v. 72, n. 4, p. 681-686, 2006.

NABORS, L. O. Sweet choices: sugar replacements for foods and beverages. **Food Technology**. Chicago, v. 56, n. 7, p. 28-34, 2003.

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

PARAJÓ, J. C., DOMINGUEZ, H., DOMINGUEZ, J. M. Improved xylitol production with *Debaryomyces hansenii* Y-7426 from raw or detoxified wood hydrolysates. **Enzyme and Microbiol Technology**. Oxford, v. 21, p. 18-24, 1997.

PARAJÓ, J. C.; DOMÍNGUEZ, H.; DOMÍNGUEZ, J. M. Biotechnological production of xylitol. Part 2: operation in culture media made with commercial sugars. **Bioresource Technology**, Essex, v. 65, p. 203-212, 1998.

PAZIANOTTI, L. *et al.* Características microbiológicas e físico-químicas de sorvetes artesanais e industriais comercializados na região de Arapongas-PR. **Revista Instituto de Laticínios Cândido Tostes**. nº 377, 65 pg. 2010.

PEPPER, T.; OLINGER, P. M. Xylitol in sugar-free confections. **Food Technology**, Chicago, v. 42, p. 98-106, 1988.



PEREIRA, C. **Propriedades funcionais de sorvete de morango diet com adição da enzima lactase e transglutaminase otimizada através de metodologia de superfície de resposta**. 2014. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

PERES, J. F. **Perfil sensorial, influência da informação na análise de aceitação e direcionadores de preferência em sorvete simbiótico light sabor chocolate com diferentes edulcorantes de alta intensidade**. 2018. Tese (Doutorado em Consumo e Qualidade de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2018.

PERRONE, I. T. *et al.* Influência de diferentes espessantes nas características sensoriais do doce de leite para confeitaria. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 66, n. 379, p. 45-50, 2011.

RAMOS, A. F. **Avaliação de aspectos físico-químicos, sensoriais e reológicos de sorvete gourmet elaborado com teor reduzido de lactose**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Leites e Derivados). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2016.

ROJAS, V. M. *et al.* Formulation of mayonnaises containing PUFAs by the addition of microencapsulated chia seeds, pumpkin seeds and baru oils. **Food Chemistry**. v. 274, p. 220-227. 2019.

SANTOS, G. G. Sorvete: processamento, tecnologia e substitutos da sacarose. **Ensaio e Ciências: ciências biológicas, agrárias e da saúde**. Anhanguera. v. 13, n. 2, p. 95-109, 2009.

SANTOS, P. H. Z. **“Xilitol como uma possibilidade de edulcorante”**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição). Curso de Graduação em Nutrição. Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.

SARROUH, B. F. **Estudo da produção biotecnológica de xilitol em reator de leite fluidizado utilizando bagaço de cana-de-açúcar células imobilizadas: avaliação de parâmetros operacionais e viabilidade econômica**. 2009. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial). Universidade de São Paulo. Lorena: 2009.

SEBRAE. **Cartilha de boas práticas de fabricação na indústria de gelados comestíveis**.

Disponível em:

[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/18e69ee9eca639b33372eefdf6ecfb4e/\\$File/7574.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/18e69ee9eca639b33372eefdf6ecfb4e/$File/7574.pdf). Acesso em: 14 de junho de 2021.

SEBRAE. **Guia de elaboração do plano APPCC**, Série qualidade e segurança alimentar. Projeto APPCC. Brasília, SENAI/DN, 1999. 317 p.

SHISEIDO CO LTD. (Japan). Noritoshi Maeda; Haruo Ogawa. **Skin care preparation for ameriorating chapped skin**. JP2002121108, 23 abr. 2002.

SIBÉR. **Curso Técnico para Fabricação de Sorvetes**. Campinas, 1999.

SILVA JUNIOR, E. **Formulações especiais para sorvete**. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

SILVA, C. J. S. M.; ROBERTO, I. C. Improvement of xylitol production by *Candida guilliermondii* FTI 20037 previously adapted to rice straw hemicellulosic hydrolysate. **Letters in Applied Microbiology**, Lorena, v. 32, p. 248-252, 2001.

SILVA, *et al.* Xilitol: um adoçante alternativo para indústria de alimentos. **Alimentos e Nutrição Araraquara**. São Paulo, v. 5, n. 1, 1993.

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

SILVA, V. M. **Sorvete light com fibra alimentar: desenvolvimento, caracterização físico-química, reológica e sensorial**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012. 147f.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA – SBEM. **10 coisas que você precisa saber sobre a obesidade**. Disponível em: <http://endocrino.org.br/10-coisas-que-voce-precisa-saber-sobre-obesidade-2/>. Acesso em 20 de jun. de 2021.

SOFJAN, R.P.; HARTEL, R.W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**. v. 14, n. 3, p. 255-262, 2004.

**SORVETES E CASQUINHAS**. Comportamento do sorvete no derretimento. Disponível em: [http://www.insumos.com.br/sorvetes\\_e\\_casquinhas/materias/81.pdf](http://www.insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/81.pdf). Acesso em: 20 de mai. 2021.

**SORVETES E CASQUINHAS**. Edulcorantes em sorvetes. Disponível em: [http://insumos.com.br/sorvetes\\_e\\_casquinhas/materias/100.pdf](http://insumos.com.br/sorvetes_e_casquinhas/materias/100.pdf). Acesso em: 20 de mai. 2021.

SOUZA, V. R. *et al.* Avaliação e definição do perfil de textura ideal de queijo petit suisse. **Revista do Instituto de Laticíneos Cândido Tostes**. Juiz de Fora, v. 66, n. 382, p. 48-53, set-out, 2011.

SOUZA, J. B. C. *et al.* Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos e Nutrição Araraquara**. v. 21, n. 1, p. 155-165, jan./mar. 2010.

STOGO, M. **Ice cream and frozen desserts: a commercial guide to production and marketing**. New York: John Wiley, 1997. 541p.

TIMM, F. **Fabricación de helados**. Zaragoza: Acibia. 1989.

VALENTIM, K. C.; SANTOS, S. C. **Desenvolvimento de sorvete de baixa lactose com polpa de morango orgânico**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

VEGA, C.; GOFF, H. D. Phase separation in soft-serve ice cream mixes: rheology and microstructure. **International Dairy Journal**. v. 15, p. 249-254, 2005.

WINKELHAUSEN, E.; KUZMANOVA, S. Microbial conversion of D-xylose to xylitol. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, Osaka, v.86, n.1, p.1-14, 1998.

XAVIER, L. P. S. **Processamento de sorvetes**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química de Alimentos). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2009.

YLIKAHRI, R. Metabolic and nutritional aspects of xylitol. **Advances in Food Research**. San Diego, v.25, p. 159-180, 1979.