

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**CLÁUDIA MOREIRA SANTA CATHARINA**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COMBINAÇÕES DE SUBSTITUTOS DE  
AÇÚCAR: PARÂMETROS TECNOLÓGICOS DE BISCOITO TIPO *COOKIE***

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2021**

**CLÁUDIA MOREIRA SANTA CATHARINA**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COMBINAÇÕES DE SUBSTITUTOS DE  
AÇÚCAR: PARÂMETROS TECNOLÓGICOS DE BISCOITO TIPO *COOKIE***

**Influence of different combinations of sugar substitutes: technological pa-  
rameters of cookie biscuit**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do tí-  
tulo de Bacharel em Engenharia de Alimentos  
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alessandra Machado  
Lunkes.

Coorientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr. Vânia de Cássia da  
Fonseca Burgardt.

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2021**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es).  
Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**CLÁUDIA MOREIRA SANTA CATHARINA**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES COMBINAÇÕES DE SUBSTITUTOS DE  
AÇÚCAR: PARÂMETROS TECNOLÓGICOS DE BISCOITO TIPO COOKIE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do tí-  
tulo de Bacharel em Engenharia de Alimentos  
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 10/dezembro/2021

---

Alessandra Machado Lunkes  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Vânia de Cássia da Fonseca Burgardt  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Adriana Pieta  
Mestrado  
Kellogg's Company

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2021**

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.”

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus. À minha família, em especial a minha mãe, Maria Beatriz Trindade Moreira, meu grande exemplo de conduta.

Ao meu noivo, Francisco Weis, por estar presente em todos os momentos, pelo seu apoio, pelo auxílio e companhia nos momentos de análises no laboratório, pelos ótimos conselhos.

Aos colegas de trabalho pela compreensão. Aos amigos pelos insentimos e confinaça depositada.

Ao colega Jonas Cardoso de Oliveira por todo o apoio.

À professoras Alessandra Machado Lunkes pela orientação e por todo aprendizado e companheirismo durante a jornada acadêmica. Desde o início com a iniciação científica, sempre sendo uma grande inspiração.

À professora Vânia de Cássia da Fonseca Burgardt pela co-orientação e dedicação.

À professora Naimara Vieira do Prado por prestar auxílio na operação dos softwares utilizados para a confecção deste trabalho, orientações em estatística e tratamento de dados, empréstimos de livros e reuniões.

Aos professores Vanderlei Aparecido de Lima e Sheila Regina Oro pelas orientações quanto ao tratamento de dados estatísticos.

Agradeço ao LabAna por possibilitar a execução das análises de textura. A equipe da COEXP por todo auxílio.

“Apesar de todas as inovações o homem continua sendo o que come, e a diferença alimentar em uma colmeia, faz da larva uma rainha.”

*(Lieselotte Hoeschl Ornellas)*

## RESUMO

Com vistas a minimizar problemas de saúde pública relacionados com o consumo excessivo de açúcar foi firmado um acordo nacional em 2018 para a redução deste ingrediente em alguns alimentos industrializados. O biscoito, produto contemplado no acordo brasileiro para redução de açúcar, tem nesse ingrediente grande impacto tecnológico. Este confere sabor e aroma, impacta no volume, textura, umidade, cor e no processo fermentativo do produto. Com o intuito de atender o referido acordo, o objetivo deste trabalho foi o impacto nos parâmetros tecnológicos de substitutos de açúcar de diferentes classes, tais como carboidrato, enzima, poliól, proteína e aroma, em biscoito tipo *cookie*. Foi usado planejamento experimental otimizado do tipo delineamento fatorial fracionado obtendo-se 16 formulações mais 3 repetições do ponto central, a serem estudadas. Conjuntamente foi avaliada uma formulação controle (redução de 30% de sacarose) e uma formulação padrão, sem redução de sacarose e que se assemelha das formulações praticadas pelas indústrias alimentícias locais. Através da técnica de curvas de superfície de respostas para entender o impacto da substituição de sacarose bem como a interação dos substitutos avaliados. As interações estatisticamente mais adequadas e que tendem a um nível ótimo de cada fator indicam formulações com as maiores concentrações de polidextrose e contendo taumatina. A dureza, cor, volume aparente, volume específico e fator de expansão foram avaliados polidextrose e contendo taumatina em quantidades intermediárias. Eritritol e o aroma natural de açúcar não apresentaram efeito positivo significativo. As formulações 9, 10 e 12 são as mais próximas do padrão pela análise de componentes principais (ACP), resultado este que corrobora com as observações feitas por meio do teste de T-Student. As formulações que apresentaram comportamento semelhante ao controle são as 2, 6 e 16. Por fim, os tratamentos 9 (apenas com polidextrose) e 10 (combinando taumatina, polidextrose e eritritol), são os mais próximos do padrão, tanto pelo teste de T-Student como pela ACP. Taumatina e polidextrose foram os ingredientes promissores para a substituição de sacarose que não apresentaram grandes perdas tecnológicas no biscoito tipo *cookie*.

**Palavras-chave:** *cookie*; substitutos de sacarose; cor; textura; volume.

## ABSTRACT

In order to minimize public health problems related to excessive sugar consumption, a national agreement was signed in 2018 to reduce this ingredient in some processed foods. Biscuits, a product contemplated in the Brazilian agreement to reduce sugar, have a great technological impact on this ingredient. This gives flavor and aroma, affects the volume, texture, moisture, color and fermentation process of the product. In order to meet this agreement, the objective of this work was the impact on the technological parameters of sugar substitutes of different classes, such as carbohydrate, enzyme, polyol, protein and aroma, in cookie type biscuits. An optimized experimental design of the fractional factorial design type was used, obtaining 16 formulations plus 3 repetitions of the central point, to be studied. A control formulation (30% sucrose reduction) and a standard formulation, without sucrose reduction, which are similar to the formulations practiced by the local food industries, were evaluated together. Through the response surface curve technique to understand the impact of sucrose substitution as well as the interaction of the evaluated substitutes. The statistically more adequate interactions that tend to an optimal level for each factor indicate formulations with the highest concentrations of polydextrose and containing thaumatin. Hardness, color, apparent volume, specific volume and expansion factor were evaluated polydextrose and containing thaumatin in intermediate amounts. Erythritol and natural sugar aroma did not show a significant positive effect. Formulations 9, 10 and 12 are closest to the standard by principal component analysis (PCA), a result that corroborates the observations made using the T-Student test. The formulations that showed behavior similar to the control are 2, 6 and 16. Finally, treatments 9 (only with polydextrose) and 10 (combining thaumatin, polydextrose and erythritol) are the closest to the standard, both by the T-Student test as by the ACP. Thaumatin and polydextrose were the promising ingredients for the replacement of sucrose that did not show great technological losses in cookie type biscuits.

**Keywords:** cookie; sucrose replacement; color; texture; volume.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Molde para corte dos <i>cookies</i> com 5,5 cm de diâmetro .....	23
<b>Figura 2</b> – Contorno de superfície de resposta ajustada para os fatores polidextrose e taumatina na dureza (N) .....	32
<b>Figura 3</b> – Contorno de superfície de resposta para os fatores T-sweet e BK em L .....	35
<b>Figura 4</b> – Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores T-sweet e eritritol .....	36
<b>Figura 5</b> – Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores T-sweet e taumatina em $b^*$ .....	38
<b>Figura 6</b> – <i>Cookies</i> após o forneamento .....	41
<b>Figura 7</b> – Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores taumatina e polidextrose no volume aparente ( $\text{cm}^3$ ) .....	44
<b>Figura 8</b> – Contorno da superfície de resposta para os fatores taumatina e polidextrose no volume específico ( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ) .....	46
<b>Figura 9</b> – Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores T-sweet e polidextrose no fator de expansão .....	48
<b>Figura 10</b> – Comportamento dos parâmetros avaliados em duas dimensões .	50



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Formulações de biscoito tipo <i>cookie</i> descritas na literatura .....	22
<b>Tabela 2</b> - Valores utilizados no delineamento para as formulações dos <i>cookie</i> .....	24
<b>Tabela 3</b> - Quantidades em gramas dos ingredients substitutos de açúcar utilizados em cada uma das formulações dos <i>cookies</i> .....	25
<b>Tabela 4</b> – Resultados do parâmetros tecnológico dureza .....	30
<b>Tabela 5</b> – Análise de variância na avaliação de dureza (N) com $R^2 = 0,994$ ..	31
<b>Tabela 6</b> – Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetro dureza .....	32
<b>Tabela 7</b> - Resultados do parâmetros L (luminosidade) .....	34
<b>Tabela 8</b> – ANOVA da avaliação de L (component de cor ) com $R^2 = 0,974$ ...	35
<b>Tabela 9</b> - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetro L .....	35
<b>Tabela 10</b> – Resultados do parâmetros $a^*$ (cromaticidade) .....	37
<b>Tabela 11</b> – ANOVA da avaliação de $a^*$ (component de cor) com $R^2 = 0,974$ .	38
<b>Tabela 12</b> - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetros $a^*$ .....	38
<b>Tabela 13</b> – Resultados do parâmetros $b^*$ (cromaticidade) .....	39
<b>Tabela 14</b> – ANOVA da avaliação de $b^*$ (component de cor) com $R^2 = 0,974$ .	40
<b>Tabela 15</b> - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetro $b^*$ .....	40
<b>Tabela 16</b> – Avaliação de variância avaliando volume aparente ( $\text{cm}^3$ ) com $R^2 = 0,994$ .....	42
<b>Tabela 17</b> - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetro volume aparente .....	42
<b>Tabela 18</b> – Resultados do parâmetros tecnológico volume aparente .....	43
<b>Tabela 19</b> – Análise de variância avaliando volume específico ( $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ ) .....	44
<b>Tabela 20</b> - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetro volume específico .....	44
<b>Tabela 21</b> – Resultados do parâmetro tecnológico volume específico .....	45
<b>Tabela 22</b> - Resultados do parâmetros tecnológico fator de expansão .....	47
<b>Tabela 23</b> - Análise de variância avaliando fator de expansão .....	48

**Tabela 24** - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetro fator de expansão ..... 48

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Redução de açúcar</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Biscoito tipo <i>cookie</i></b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Papéis tecnológicos do açúcar</b>	<b>17</b>
<b>3.4</b>	<b>Ingredientes substitutos de açúcar</b>	<b>19</b>
3.4.1	Polióis	20
3.4.2	Carboidratos	21
3.4.3	Proteínas de sabor doce	22
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Material</b>	<b>24</b>
4.1.1	Ingredientes	24
<b>4.2</b>	<b>Métodos</b>	<b>26</b>
4.2.1	Fabricação dos <i>cookies</i>	26
4.2.2	Delineamento experimental	27
4.2.3	Parâmetros tecnológicos	28
4.2.4	Tratamento de dados	30
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSÃO</b>	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>Dureza</b>	<b>32</b>
<b>5.2</b>	<b>Cor</b>	<b>35</b>
<b>5.3</b>	<b>Volume</b>	<b>44</b>
<b>5.4</b>	<b>Fator de expansão</b>	<b>49</b>
<b>5.5</b>	<b>Análise dos componentes principais - ACP</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os brasileiros consomem 50% a mais de açúcar do que o recomendado pela Organização Mundial da Saúde com um consumo diário de 80 g (OCCHI, 2018). Esse consumo excessivo desencadeia um aumento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) como a obesidade e diabetes. No Brasil, as DCNT são o problema de saúde de grande magnitude, e respondem por mais de 70% das causas de mortes (ABESO, 2018; OCCHI, 2018). Em 2018, um acordo nacional foi firmado para reduzir o açúcar em alimentos industrializados, dentre os quais: bebidas açucaradas; biscoitos, bolos e misturas, achocolatados e produtos lácteos (IBGE, 2014; FLOR; CAMPOS, 2017).

O biscoito tem no açúcar um ingrediente de grande impacto tecnológico (SAHIN *et al.*, 2019), pois confere sabor e aroma, impacta no volume, textura, umidade, cor e no processo fermentativo do produto (DI MONACO *et al.*, 2018). Desta maneira, a sua redução promove grandes desafios tecnológicos para a indústria, mas por outro lado em função de um nicho de mercado preocupado com a nutrição e saúde, estimula o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a redução e/ou substituição de sacarose (SAHIN *et al.*, 2019; LUO *et al.*, 2019).

As abordagens utilizadas na redução de açúcar, estão relacionadas a diminuição da concentração deste ingrediente nas formulações alimentícias (DI MONACO *et al.*, 2018) fazendo uso de ingredientes capazes de ativar os receptores de sabor doce (JANG *et al.*, 2021) tais como: dissacarídeos (xilose, glicose e frutose) (KWEON *et al.*, 2019), polióis (eritritol, lactitol, sorbitol e malitol) (LIN *et al.*, 2011; ZOULIAS; OREOPOULOU; KOUNALAKI, 2002), carboidratos complexos (polidextrose) (KOCER *et al.*, 2007), e compostos químicos não nutritivos naturais e não naturais (esteviosídeo e rebaudiosídeos) e (aspartame, sacarina, acessulfame-k e ciclamato), respectivamente (KOIZUME *et al.*, 2015; LEE *et al.*, 2021; MASUADA; KITATAKE, 2006; WAKSMONSKI; KOPPEL, 2016). Ainda, uma abordagem não relacionada diretamente com a redução da quantidade de açúcar nas formulações de biscoito faz uso da adição de aromas, algumas vezes microencapsulados para diminuição do sabor residual (metálico e amargo) decorrente de ingredientes usados na substituição do açúcar (BI *et al.*, 2021; BUETTNERA; BEAUCHAMPB, 2010, DUAS RODAS, 2021).

Além da importância tecnológica do açúcar, o impacto sensorial da sua redução tem grande ação sobre a aceitação do produto pelo consumidor em termos de textura, cor, aroma e sabor (DI MONACO *et al.*, 2018). Assim, em trabalhos que trataram do sinergismo com polióis e carboidratos complexos (ZOULIAS; OREOPOULOU; KOUNALAKI, 2002), ou edulcorantes (LEE *et al.*, 2021), ou mesmo outras combinações com duas ou três classes de ingredientes substitutos (LUO *et al.*, 2019), misturas de ingredientes são mais indicadas para conferir as funcionalidades tecnológicas da sacarose aos produtos de panificação.

Estudos abordando mais do que dois ingredientes de classes diferentes de substitutos são pouco explorados. Assim, abre-se uma grande oportunidade de investigação científica com vistas a minimizar os problemas tecnológicos dos produtos reduzidos em açúcar. De fato, sabe-se que ingredientes de diferentes classes na mesma matriz alimentícia podem reduzir perdas tecnológicas inerentes a redução de sacarose (POURMOHAMMADI *et al.*, 2017), tais como, os polióis e os agentes de volume. Sabe-se que a polidextrose é um polímero de glicose utilizada frequentemente como agente de volume e com potencial para substituir açúcar (LUO *et al.*, 2019).

Até o momento não se tem conhecimento de um ingrediente com tantas funções tecnológicas e eficiência para o uso em produtos panificados como a sacarose (LUO *et al.*, 2019; SAHIN *et al.*, 2019).

Mesmo que em um primeiro momento o uso de aromas e de proteínas que expressam o sabor doce não impactem diretamente nos parâmetros é importante investigar se a presença desses em uma formulação não acarreta em impactos negativos. Conseqüentemente, este trabalho busca contribuir com a indústria alimentícia trazendo novas estratégias para a redução de açúcar e assim com as questões de saúde pública.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o impacto tecnológico de diferentes substitutos de açúcar em formulação de biscoito tipo *cookie* reduzida em açúcar.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Elaborar diferentes formulações usando um delineamento otimizado para substituir o açúcar por aroma (T-sweet Duas Rodas), taumatina (GreenSugar T Prozyn), carboidrato obtido por tecnologia enzimática (GreenSugar BK Prozyn), polidextrose e/ou eritritol em formulação controle com redução de 30% de açúcar.
- Determinar a dureza, cor, volume aparente, volume específico e fator de expansão dos biscoitos tipo *cookie*.
- Comparar a formulação padrão, formulação controle com redução de 30% de açúcar com as demais formulações do delineamento experimental.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Redução de açúcar

A maior participação de alimentos industrializados na dieta dos brasileiros, ricos em açúcares e gorduras é uma consequência da evolução do padrão alimentar observado nas últimas décadas (GOMES; SANTOS; FREITAS, 2010). O estilo de vida vem sofrendo alterações relacionadas à mudança na qualidade e quantidade da alimentação, o que somado ao estresse mental levaram ao predomínio de doenças crônicas não transmissíveis (AGGARWAL; SABIKHI; KUMAR, 2016). Neste contexto, a indústria de alimentos busca alternativas para redução de açúcar e gordura, já que a população se preocupa com o consumo excessivo desses ingredientes (AMSTALDEN; STEEL, 2019).

A obesidade é um dos maiores problemas de saúde pública atual e tem afetado as crianças de maneira expressiva. A obesidade infantil acarreta consequências como o aumento do risco de desenvolvimento de doenças crônicas durante a adolescência e vida adulta. Um dos fatores fortemente associados ao ganho de peso em crianças é o consumo excessivo de açúcar (LIMA, 2019).

A obesidade (Índice de Massa Corporal - IMC > 30) e suas consequências relacionadas, incluindo doença coronariana (DAC), são sem dúvida um problema de saúde pública. Os índices de obesidade aumentaram mais de 60% nos últimos 10 anos, diabetes em homens aumentou 54% e em mulheres 28% e as estimativas de casos de câncer subiram em 27,6%. Para auxiliar na amenização deste problema, as matérias-primas tradicionalmente referidas como essenciais na fabricação de biscoitos, ou seja, açúcar e gordura, foram direcionadas para remoção ou redução (OCCHI, 2018; BOOBIER; BAKER; DAVIES, 2006).

A redução do açúcar é um grande desafio técnico a ser enfrentado pela indústria de alimentos em resposta às preocupações de saúde pública com relação à quantidade de açúcares adicionados nos alimentos (HUTCHINGS *et al.*, 2018).

Bolos e biscoitos contribuem para a energia, gordura total e saturada e açúcar na dieta britânica. O governo do Reino Unido estimulou os fabricantes a reduzir a densidade de energia desses produtos por meio da redução do teor de açúcar. O teor de gordura total e saturada desses alimentos foi positivamente correlacionado com a densidade energética. A reformulação da gordura, preferencialmente a saturada, visando reduzir colesterol LDL, reduziria efetivamente a densidade energética e ajudaria a prevenir a obesidade. A reformulação deve ser implementada simultaneamente com a reformulação do açúcar (ALESSANDRINI *et al.*, 2019).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), os brasileiros ingerem, ao menos, 50% a mais de açúcar do que o indicado. Acredita-se que o consumo diário de açúcar dos brasileiros é 80 g, o que equivale a 18 colheres de chá (medida caseira). Deste montante, 64% é oriundo de açúcar adicionado aos alimentos e o restante é proveniente de alimentos industrializados. Diante disso, foi firmado um acordo objetivando a redução de açúcar em alimentos industrializados.

Inicialmente cinco categorias de alimentos estão englobadas no acordo: biscoitos, bebidas açucaradas, bolos e misturas, achocolatados e produtos lácteos (OCCHI, 2018). As duas principais fontes de açúcar em produtos processados no mercado são as bebidas açucaradas e os doces de panificação (SAHIN *et al.*, 2019). O acordo com o Ministério da Saúde é assinado pela ABIA (Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação); ABIMAPI (Associação Brasileira da Indústria de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados), ABIR (Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas Não Alcoólicas) e Viva Lácteos (Associação da Indústria de Lácteos). Ao todo, fazem parte do acordo 68 indústrias, que representam 87% do mercado de alimentos e bebidas do país (OCCHI, 2018; DUAS RODAS, 2018).

A redução do teor de açúcar em produtos processados tem sido considerada uma das estratégias mais eficientes para diminuir a ingestão de açúcar, e vem apresentando êxito quando aliada ao estudo do perfil conceitual (OLIVEIRA *et al.*, 2005). Para melhor elucidar a percepção dos consumidores quanto ao consumo de biscoito tipo *cookie* é possível aplicar um levantamento de perfil conceitual, a exemplo o método empregado por Thomson, Coates (2020).



Food Value é um conceito atual que aborda sobre as camadas de valores de um alimento. A primeira camada é a mais interna, Combustível, relacionada a necessidade fisiológica de alimentar-se (fome). A segunda, Nutrição e Saúde, relacionada com as características bromatológicas do alimento. Em seguida, Conexão, relacionada com o momento em que se consome o alimento. A quarta camada de valor é a História, e está relacionada com quais costumes familiares, regionais e culturais que o consumo do alimento remete. Por fim, a última camada (mais externa), Símbolo, relaciona o que o consumo de determinado alimento representa (DUAS RODAS, 2021).

O surgimento do produto biscoito está relacionado com as camadas de valor Combustível (remete a necessidades fisiológicas básica) e História (trazendo um apelo cultural). O biscoito surgiu por uma necessidade histórica em um contexto de conflito bélico. Classifica-se dentre os alimentos como propósito de serem feitos para durar, levados para as guerras desde os romanos, também nos navios nas grandes navegações, objetivando uma *shelf-life* maior, gerando um produto de alta conservação. Por isso, normalmente apresenta umidade menor que 4% e baixa atividade de água (entre 0,1 e 0,3) (MORAES *et al.*, 2010).

### **3.2 Biscoito tipo *cookie***

O Brasil é o 4º maior vendedor mundial de biscoitos em toneladas e o consumo *per capita* de biscoitos, no país, no ano de 2020 foi de 7.211 kg/brasileiro/ano (ABIMAPI, 2021). Os biscoitos não constituem alimento básico como o pão, mas são muito aceitos e consumidos por possuírem diversas variedades e sabores (KLEIN; BRESCIANI; OLIVEIRA, 2015). O Brasil é a quinta população que mais consome biscoitos no mundo. Os biscoitos tipo *cookie* são consumidos, sobretudo, por aqueles que buscam melhorias na qualidade da dieta (ARANHA *et al.*, 2017).

Conforme Resolução n. 12, de 1978, da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA), biscoito ou bolacha é o produto obtido pelo amassamento e cozimento conveniente de massa preparada com farinhas, amidos, féculas, fermentadas ou não, e outras substâncias alimentícias.

Contudo, essa resolução foi revogada e atualmente vigora a Resolução RDC n. 263, de 22 de setembro de 2005 da ANVISA, definindo biscoitos ou

bolachas como sendo “os produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) e ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos” (BRASIL, 2005).

Os ingredientes usados na fabricação dos biscoitos tipo *cookie* interferem grandemente na qualidade do produto final (MORAES *et al.*, 2010). Entre os ingredientes, o açúcar assume importância destacada em função de contribuir não apenas com sabor e doçura mas, também, com aspectos de textura, volume e cor (LUO *et al.*, 2019). O aumento da concentração de açúcar em cookies gera maior espalhamento da massa e pegajosidade (ORMENESE *et al.*, 2001).

Logo, o açúcar é um ingrediente de grande relevância para a indústria de biscoitos em termos de parâmetros tecnológicos (MORAES *et al.*, 2010). Especificamente, no biscoito tipo *cookie*, o açúcar tem como finalidade conferir cor, textura e aparência que atendam expectativas de qualidade (DI MONACO *et al.*, 2018; SAHIN *et al.*, 2019). Adicionalmente, este também contribui com o sabor e com o valor nutricional do produto, proporciona maior conservação em função de reter umidade (MORAES *et al.*, 2010).

### **3.3 Papéis tecnológicos do açúcar**

A redução do açúcar é um desafio, especialmente em produtos de panificação, uma vez que interage significativamente com todos os ingredientes. Essas interações causam um aumento na temperatura de gelatinização, um atraso no desenvolvimento da rede de glúten, um aumento ou diminuição na atividade da levedura dependendo da concentração de açúcar, bem como um aumento da emulsificação (SAHIN *et al.*, 2019).

Quando é proposta uma reformulação, a sacarose pode ser removida parcial ou totalmente ou, ainda, substituída por outros ingredientes. Em função das propriedades tecnológicas da sacarose, remove-la ou substituí-la em produtos de panificação adoçados pode causar queda significativa de qualidade (LUO *et al.*, 2019).

A função mais notável do açúcar nos alimentos é seu sabor doce, mas também contribui para os perfis de sabor e textura, envolvido na reação de

*Maillard*, afeta também várias propriedades de qualidade dos alimentos (DI MONACO *et al.*, 2018).

O açúcar é provavelmente a substância viciante mais consumida com consequências à saúde dos consumidores, que estão se tornando mais críticos quanto aspectos ligados à saúde. Estima-se que 68% dos alimentos processados nos USA, possuem açúcar, geralmente não para melhorar as propriedades reológicas, mas para dar sensação de prazer em função do açúcar refinado viciar cerca de oito vezes mais do que a cocaína (AVENA; RADA; HOEBEL, 2008).

Sabe-se que biscoitos com elevadas concentrações de açúcar apresentam maior fator de expansão e biscoitos com elevadas concentrações de gordura apresentam menor força de quebra (MIRANDA *et al.*, 2010).

A sacarose desempenha múltiplas funções em produtos de panificação, como doçura e volume, e substitutos adequados devem ser capazes de atender a essas funções (LUO *et al.*, 2019). O açúcar realça o sabor e contribui com propriedades tecnológicas diversas tais como estrutura, sensação na boca, elasticidade, cor, vida de prateleira, entre outras (SHAIN *et al.*, 2019 b).

O açúcar inibe o desenvolvimento de glúten durante a mistura da massa, competindo com a farinha pela água da receita, resultando em biscoitos menos duros e mais quebradiços (GALLAGHER *et al.*, 2003). É capaz de aumentar a emulsificação através da formação de ligações com moléculas de lipídios, principalmente em produtos com baixa umidade, como é o caso dos biscoitos (SHAIN *et al.*, 2019).

O açúcar tem papel importante na distribuição do biscoito durante o cozimento e no grau de espalhamento, pois com o aumento da temperatura da massa o açúcar sofre um derretimento, o que leva a uma liberação de água e conseqüentemente reduz a viscosidade, reduzindo o espalhamento, por conseqüência, impactando o diâmetro final e a espessura do biscoito (SAHIN *et al.*, 2019).

A sacarose tende a se cristalizar quando o conteúdo de água é baixo, o que fornece uma textura crocante e superfície quebradiça, característica desejável em muitos biscoitos (LUO *et al.*, 2019).

A base molecular para essas diferenças não foi, até o momento, totalmente elucidada (KARL *et al.*, 2020). Uma estratégia inovadora para reduzir o

teor de açúcar em alimentos é aplicar princípios de integração multissensorial (DI MONACO *et al.*, 2018).

### 3.4 Ingredientes substitutos de açúcar

Quando se fala em substituição do açúcar de mesa uma opção corriqueira que surge é o uso de edulcorantes. Edulcorantes são capazes de atingir maior magnitude de redução de açúcar e energia, no entanto, sabores amargos e perfis temporais variáveis de doces são problemas comuns (AGGARWAL *et al.*, 2016). Esta classe de ingrediente não está contemplada no acordo de redução de açúcar do Ministério da Saúde, por isso não é adotado como uma possibilidade deste trabalho (OCCHI, 2018).

Um adoçante de alta intensidade deve ter propriedades tecnológicas e funcionais idênticas aos adoçantes de carboidratos, contudo, com carga calórica significativamente reduzida. Os adoçantes identificados até o momento costumam exibir gostos amargo, metálico e alcaçuz, e um perfil temporal de início tardio da doçura (KOIZUME *et al.*, 2015; WAKSMONSKI & KOPPEL, 2016).

Sabe-se que um alimento reduzido em açúcar poderá ter perda de aceitação sensorial. Princípios de integração multissensorial podem desempenhar variadas funções tecnológicas na formulação do biscoito tipo *cookie* é uma alternativa bastante promissora (AUVRAY *et al.*, 2008).

O uso de substitutos do açúcar (adoçantes não nutritivos, álcoois de açúcar e fibras) pode atingir a maior magnitude de redução de açúcar e energia, no entanto, sabores amargos e perfis temporais variáveis de doces são problemas comuns. O uso de princípios de integração multissensorial (particularmente aroma) pode ser uma abordagem eficaz para reduzir o teor de açúcar (HUTCHINGS *et al.*, 2018). Um adoçante ideal geralmente é capaz de substituir o sabor da sacarose, que provoca doçura limpa com sabores de curta duração (GWAK, *et al.*, 2012).

O uso de aromas pode ser uma abordagem eficaz para reduzir o teor de açúcar; no entanto, a magnitude da redução de açúcar é pequena, sendo preciso avaliar uma combinação de aditivos. O GranFlavor®, uma tecnologia exclusiva de encapsulação de aromas em pó tem como função oferecer uma melhor

experiência sensorial no produto final principalmente, no quesito liberação de odor. Esse ingrediente promove maior saída aromática, maior fixação do aroma e melhor proteção do ativo (DUAS RODAS, 2018).

#### 3.4.1 Polióis

Os polióis são carboidratos empregados na substituição de sacarose segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes (2020), podendo ser monossacarídeos (eritritol, manitol, sorbitol e xilitol) ou dissacarídeos (lactitol, maltitol e isomalte) (GOMES, 2020).

Os produtos de confeitaria contendo poliol oferecem vantagens consideráveis sobre os produtos de confeitaria tradicional a base de sacarose em termos de conteúdo energético reduzido e cariogenicidade reduzida. No entanto, o consumo excessivo de produtos com poliol pode levar a sintomas gastrointestinais em alguns indivíduos (ZUMBE; LEE; SOTREY, 2001).

Os polióis fornecem volume e doçura, embora menos do que a sacarose. Os adoçantes não nutritivos (NNS) são comumente usados em combinação com polióis e agentes de volume. A stevia, embora com um gosto residual metálico perceptível, é o NNS mais estudado em produtos de panificação. O acesulfame-K, a sucralose e o aspartame encapsulado também são capazes de substituir a sacarose por carboidratos de baixa caloria (oligofrutose, maltodextrina e polidextrose) ou polióis (LUO *et al.*, 2019).

A redução da sacarose e sua substituição por polióis (eritritol e maltitol) em biscoitos de massa curta vem apresentando resultados favoráveis. A análise térmica modulada mostrou que a sacarose diminui a temperatura de transição vítrea; entretanto, para ambos os polióis estudados, nenhuma transição foi encontrada devido a um efeito de plastificação (LAGUNA *et al.*, 2012).

Sahin *et al.* (2019), relata as vantagens e desvantagens que alguns polióis apresentam quando adicionados em *cookies*. O manitol tem como principal desvantagem o aumento da amargura. O sorbitol, lactitol e isomalte não apresentam efeito negativo em relação ao escurecimento. O maltitol não apresenta gosto amargo e tem alta aceitação sensorial.

O eritritol fornece aumento da atividade de água dos *cookies*, diminuição da reação de escurecimento com o aumento do nível de substituição e

diminuição da doçura com o aumento do nível de substituição (SAHIN *et al.*, 2019). Ademais, o eritritol é muito pouco calórico (0.2 kcal/g), com baixo índice glicêmico e capaz de inibir o crescimento de bactérias na cavidade oral (JANG *et al.*, 2021).

Em pesquisa de desenvolvimento de biscoitos, reduzido em açúcar, utilizou-se a estratégia de substituição da sacarose por adoçantes dietéticos: frutose, sorbitol e manitol, em que o aumento da concentração de adoçantes dietéticos diminuiu progressivamente o valor calórico (PASHA *et al.*, 2001).

### 3.4.2 Carboidratos

Os carboidratos ou sacarídeos apresentam como principal função prover energia ao organismo, podendo ser simples como: glicose, xilose, frutose, ribose e galactose, ou unir-se e formar carboidratos mais complexos. Por exemplo, dissacarídeos são açúcares simples constituídos por monossacarídeos ligados, para serem absorvidos precisam ser hidrolisados. Carboidratos ditos complexos ou polissacarídeos apresentam dez ou mais unidades de monossacarídeos, sendo exemplos o glicogênio e o amido (BOSCOLO, 2003; FENNEMA, 1993).

Os açúcares xilose, glicose, frutose e sacarose podem ser usados em diagnóstico que visa explorar efeitos do tipo de açúcar na calorimetria de varredura diferencial (DSC), Visco-Analisador Rápido (RVA) e desempenho de cozimento de biscoitos por causa das diferenças no vidro - capacidade de formação (relacionada à plastificação) e parâmetros de solubilidade (relacionados à preferência de solvente) de diferentes açúcares (KWEON *et al.*, 2019).

A fim de compreender o efeito da composição do açúcar na sorção de água e nas propriedades de amolecimento do biscoito, Kawai *et al.* (2014) testaram três tipos de composição de açúcar (sacarose, trealose e açúcar-sorbitol) como ingrediente do biscoito. Seus resultados indicam que o teor de açúcar presente no alimento tem papel fundamental nas propriedades de amaciamento.

Estudos abordam a inulina como ingrediente capaz de substituir gordura e auxiliar na redução de açúcar, pois é um carboidrato que traz vários efeitos benéficos à saúde (OLIVEIRA, 2020). A substituição da inulina por gordura

mudou as propriedades reológicas e texturais da massa de biscoito mas, quando substitui em até 20% a gordura, não traz prejuízo sensorial (KRYSTYJAN *et al.*, 2015).

O Dulcaden Biscuit® é um ingrediente que permite o aporte de fibras e redução parcial ou total do açúcar em bolos e biscoitos, sem comprometimento de sabor e textura, comparados aos produtos tradicionais. As fibras desse produto são provenientes da polidextrose (Litesse®). Trata-se de um carboidrato especial com 1,0 kcal/g, estável à alta temperatura e diferentes processos. A polidextrose é uma fibra solúvel, com propriedades prebióticas (GOMES, 2020).

O Dulcaden Biscuit contém 22% de fibra solúvel prebiótica, baixa caloria (2,0 kcal/g) e baixo índice glicêmico. Substitui o açúcar, na mesma proporção (1:1), e garante textura crocante, corte macio e sabor doce, como o tradicional.

Um biscoito que inclui uma variedade de ingredientes pode ser um veículo proeminente para incorporar ingredientes funcionais (AGGARWAL; SABIKHI; KUMAR, 2016). A polidextrose é um polímero de glicose frequentemente usado em alimentos como agente de volume. Já se tem o conhecimento de que é um substituto de açúcar em massa adequado quando incorporado com adoçantes não nutritivos (NNS) (LUO *et al.*, 2019).

### 3.4.3 Proteínas de sabor doce

A incorporação de proteínas com capacidade de conferir gosto doce é uma estratégia com potencial para redução de sacarose em alimentos. Em biscoitos, e demais produtos panificados, as proteínas doces necessitam apresentar, como propriedade, estabilidade térmica, pois, dessa forma a estrutura terciária que confere o gosto doce não sofre desnaturação (SHAIN *et al.*, 2019 b).

Aproximadamente sete proteínas foram identificadas com sabor doce até o momento e curiosamente, todas são encontradas no continente Africano, contudo apenas seis já estão caracterizadas (JOSEPH *et al.*, 2019): taumatina, monelina, pentadina, mabinlin (a de menor intensidade de dulçor), neoculina (heterodímero NAS-NBS, diferindo da curlina, outra proteína modificadora de sabor que é um homodímero NBS-NBS) e brazzeína (estável ao calor e ao pH) (KOIZUME *et al.*, 2015; MASUADA; KITATAKE, 2006).

Proteínas são macromoléculas constituídas por aminoácidos (FENNEMA, 1993). Por vezes é possível utilizar os aminoácidos que expressam a característica de interesse da proteína dará melhorar a viabilidade de trabalho. Os aminoácidos na forma L são bem mais amargos do que na forma D, quando são muitas vezes doces. O poder adoçante de aminoácidos hidrofóbicos na forma D é maior do que o da sacarose. Sabe-se que somente a L-alanina e a glicina têm poder adoçante significativo (FOOD INGREDIENTES BRASIL, 2014).

Entre as proteínas que apresentam sabor doce as mais promissoras são a Brazeína e a Taumatina. A Brazeína (*Brazzein*) foi obtida, sendo originariamente, extraída de uma planta denominada *Pentadiplandra brazzeana*, já a Taumatina (*Thaumatococcus daniellii*) é uma proteína derivada de frutos da planta *Thaumatococcus daniellii*, ambas as plantas são encontradas em florestas tropicais na África Ocidental (NEIERS *et al.*, 2016; JOSEPH *et al.*, 2019).

O ingrediente GreenSugar T é um edulcorante natural a base de taumatina e vem sendo empregado na substituição de açúcar em formulações. Segundo o fabricante, a composição desse ingrediente é taumatina (9 - 11%) e maltodextrina (89 - 91%). GreenSugar T potencializa o dulçor em sinergia com outros açúcares. Satisfatoriamente, não existe restrições de uso, inclusive para diabéticos, fenilcetonúricos e gestantes. Adicionalmente, salienta-se que é um ingrediente totalmente natural e estável em condições adversas de pH e temperatura.



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

Para definir a formulação padrão para este trabalho que visa a redução do teor de açúcar em biscoito tipo *cookie*, foram analisadas diferentes formulações descritas na literatura nacional e internacional (Tabela 1).

A formulação elencada para ser adotada como formulação padrão dos *cookies* foi descrita por Laguna *et al.* (2013). Essa escolha se deve ao relativo baixo teor de açúcar e gordura quando comparada as outras formulações (Tabela 1). Ainda, a utilização de poucos ingredientes e similaridade com a formulação utilizada nas indústrias regionais do Sudoeste paranaense. Foi adicionada a formulação o aroma microencapsulado GranFlavor® sabor baunilha e 3 vezes mais água, necessidde levantada durante a execução dos testes preliminares.

A partir dessa formulação padrão foi proposto 30% de redução de sacarose (controle) e para esta formulação foi aplicado um delineamento fatorial com a técnica de contorno de superfície de resposta, usando os ingredientes que auxiliam na manutenção das características tecnológicas e sensoriais de biscoitos com redução de açúcar. Embora as formulações padrão e controle não são contempladas no delineamento, ambas foram comapradas por meio de um teste de comparação de medidas de T-Studente e Tukey com as formulações geradas pelo delineamento. A fim de elucidar o comportamento das diferentes formulações frente ao controle e amostra padrão foi aplicado análise dos componentes principais (ACP).

#### 4.1.1 Ingredientes

Para a obtenção dos biscoitos, foram usados os ingredientes: farinha de trigo (*Triticum aestivum*, L.) (Anaconda, São Paulo, Brasil), açúcar refinado (Alto Alegre, Presidente Prudente, Brasil), gordura vegetal hidrogenada (COAMO, Campo Mourão, Brasil), leite em pó desnatado (Piracanjuba, Goiânia, Brasil), sal (Cisne, Rio de Janeiro, Brasil), hidrogenocarbonato de amônio (Kamilla, Planalto,

Brasil) e água potável, todos adquiridos no comércio local.

**Tabela 1- Formulações de biscoito tipo *cookie* descritas na literatura**

	RODRIGU ES et al., 2007	MORAES et al., 2010	FEDEERN et al., 2011	LIN et al., 2011	Laguna et al., 2013	DIETRICH et al., 2016	KWEON et al., 2016	LEE et al., 2021	Formulação o regional
Farinha de trigo (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Açúcar (%)	73	44	29,33	45	29,45	46	42	30,7	45,77
Gordura vegetal hidrogenada (%)	59	30	29,33	25	32,15	30	40	0	0
Fermento (%)	1	2,2	2,7	0	0	2	0	0	0
Sal (%)	0	0,9	2,7	1	1,05	0,4	1,25	0,8	1,008
Água (%)	13	18	13	0	11	18	22	0	12,04
Ovo (%)	35	0	0	25	0	19	0	19,2	0
Essência de baunilha (%)	2	0	0	0	0	2,6	0	0	1,008
Leite em pó (%)	0	0	0	0	1,75	0	0	1,03	0
Bicarbonato de sódio (%)	0	0	0	0	0,35	0	1,03	0	0,403
Hidrogenocarbonato de amônio (%)	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
Bicarbonato de amônio (%)	0	0	0	0	0	0	0,49	0	0,806
Xarope de milho rico em frutose (%)	0	0	0	0	0	0	1,52	0	0
Manteiga (%)	0	0	0	45	0	0	0	50	0
Leite (%)	0	0	0	10	0	0	0	0	0
Gelo (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	9,68
Açúcar invertido (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	1,42
Lecitina de soja (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,403
Pirofosfato ácido de sódio (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,403
Óleo misto (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	28,83

Fonte: Autoria própria (2021).

Além desses, alguns ingredientes foram adquiridos por meio de compra on-line, como foi o caso do bicarbonato de sódio (Qualipro – Adicel, Belo Horizonte, Brasil), polidextrose (Adicel, Belo Horizonte, Brasil) e eritritol (Adicel, Belo Horizonte, Brasil).

Alguns ingredientes foram obtidos por doação dos fabricantes, como a taumatina (GreenSugar T, Prozyn Biosolutions for Life, São Paulo, Brasil), o carboidrato obtido por tecnologia enzimática (GreeSugar BK, Prozyn Biosolutions for Life, São Paulo, Brasil), o aroma de açúcar (T-sweet, Duas Rodas, Jaraguá do Sul, Brasil) e o aroma de baunilha (GranFlavor Baunilha, Duas Rodas, Jaraguá do Sul, Brasil).

## 4.2 Métodos

### 4.2.1 Fabricação dos *cookies*

Os cookies foram fabricados em escala laboratorial, após realização de pré-testes e de estudo prévio das formulações. O processo de fabricação contempla desde a pesagem dos ingredientes até o acondicionamento em embalagens. Os biscoitos tipo *cookie*, tradicionalmente, apresentam mais de 50 partes de gordura por 100 partes de farinha e mais de 50 partes de açúcar por 100 partes de farinhas (BERTOLINO; BRAGA, 2017).

**Figura 1- Molde para corte dos *cookies* com 5,5 cm de diametro**



Fonte: Autoria própria (2021).

O processo de fabricação adotado consiste na aferição da massa dos ingredientes e homogeneização desses de forma manual. Em seguida, a água foi acrescentada à mistura para modelar a massa. Posteriormente, sobre uma superfície lisa de aço inoxidável, a massa foi aberta em torno de 0,5 cm com rolo, sendo cortada em formato circular de 5,5 cm de diâmetro (cada círculo irá originar uma unidade biscoito tipo *cookie*) (Figura 1). Então ocorreu o forneamento, por vinte minutos a 200 °C. Concluído o assamento dos cookies, eles são acondicionados em embalagens plásticas após atingirem temperatura ambiente.

#### 4.2.2 Delineamento experimental

Foi aplicado um delineamento fatorial fracionário do tipo  $2^{k-1}$ , já que o mesmo possui grande aplicação nos experimentos exploratórios (*screening experiments*) que apresentam muitos fatores a serem considerados (MONTGOMERY, 2013). Assim, foi utilizado delineamento fatorial fracionário com 5 fatores e 3 repetições do ponto centro, perfazendo 19 formulações foram obtidas para avaliar o impacto dos ingredientes substitutos de açúcar nos parâmetros tecnológicos de biscoito tipo *cookie*.

As formulações seguiram as proporções máximas e mínimas de substitutos indicadas na Tabela 2. Ainda, a formulação Padrão era aquela proposta por Laguna *et al.* (2013) com modificações (adição de aroma de baunilha e maior teor de água) e a formulação Controle, não contém nenhum ingrediente substituto e apresenta 30% de redução de sacarose em relação a formulação Padrão.

**Tabela 2 - Valores utilizados no delineamento para as formulações dos cookies**

Variáveis independentes	Níveis		
	-1	0	1
X1 = Taumatina (g)	0,0	0,0315	0,063
X2 = BK (g)	0	0,3	0,6
X3 = T-sweet (g)	0,0	0,24	0,48
X4 = Polidextrose (g)	0	3,15	6,3
X5 = Eritritol (g)	0,0	0,23625	0,475

Fonte: Autoria própria (2021).

Aplicou-se dois níveis de variáveis decodificadas: -1 (mínimo) e +1 (máximo). O nível 0 (intermediário) é elucidado em função de ser aplicado como ponto central do experimento.

A Tabela 3 traz as combinações dos ingredientes substitutos de açúcar empregadas em cada tratamento sugerido pelo delineamento experimental. Nessa tabela são utilizadas as variáveis decodificadas, expressas em gramas de ingrediente aplicados em cada tratamento.

**Tabela 3 - Quantidades em gramas dos ingredientes substitutos de açúcar utilizados em cada uma das formulações dos cookies**

Formulação	Taumatina	BK	T-sweet	Polidextrose	Eritritol
1	0	0	0	0	0,475
2	0,063	0	0	0	0
3	0	0,6	0	0	0
4	0,063	0,6	0	0	0,475
5	0	0	0,48	0	0
6	0,063	0	0,48	0	0,475
7	0	0,6	0,48	0	0,475
8	0,063	0,6	0,48	0	0
9	0	0	0	6,3	0
10	0,063	0	0	6,3	0,475
11	0	0,6	0	6,3	0,475
12	0,063	0,6	0	6,3	0
13	0	0	0,48	6,3	0,475
14	0,063	0	0,48	6,3	0
15	0	0,6	0,48	6,3	0
16	0,063	0,6	0,48	6,3	0,475
PC 1	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236
PC 2	0,031	0,3	0,24	3,15	0,233
PC 3	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236

Fonte: Autoria própria (2021).

#### 4.2.3 Parâmetros tecnológicos

As amostras de biscoito para execução de todas as análises foram coletadas após a etapa de embalagem de modo que fossem suficientes e representativas para realização de todos os experimentos de acordo com a norma ABNT 5426/1985 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos.

Os biscoitos foram avaliados quanto a parâmetros tecnológicos relacionados com a dureza (dez repetições), cor (quatro repetições), volume (quatro repetições) e fator de expansão (quatro repetições).

A dureza foi avaliada através da determinação da dureza utilizando texturômetro TAX-T (Stable Micro Systems), probe HBP/ES e plataforma HDP/90, os parâmetros utilizados nos testes foram: velocidade de pré-teste 2,0 mm/s, velocidade do teste 3 mm/s e velocidade pós-teste 10 mm/s, distância de 20 mm, conforme protocolo BIS2/KB (STABLE MICRO SYSTEMS, 2000a). O método tem como referência 25 g para força de gatilho, porém para esta matriz (biscoito tipo *cookie*) houve a necessidade de adaptação para se obter desvio-padrão percentual entre as medidas  $\leq 15\%$ . Desta maneira, foi utilizada força de gatilho de 50 g como indicado pelo protocolo BIS4/3PB (STABLE MICRO SYSTEMS, 2000b).

O método BIS2/KB estabelece que a força máxima de leitura observada no primeiro segundo(s) de teste representa a dureza, neste ponto, ocorre a quebra e divisão do biscoito em duas partes. Ambos os protocolos são aplicados à matriz de biscoitos e estão disponíveis no software do equipamento. Os resultados de dureza foram expressos em Newton (N). Os dados foram coletados e processados pelo programa Texture Expert for Windows v.1.20 (Stable Micro Systems).

A cor dos biscoitos tipo *cookie* foi determinada em colorímetro modelo CR-410 (Konica Minolta, Japão), usando sistema CIEL\*a\*b\*, onde os valores de luminosidade ( $L^*$ ) variam entre zero (preto) e 100 (branco), os valores das coordenadas de cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$ , variam de  $-a^*$  (verde) até  $+a^*$  (vermelho), e de  $-b^*$  (azul) até  $+b^*$  (amarelo).

O volume específico foi determinado segundo Pizzinatto *et al.* (1993), calculado pela razão entre o volume aparente e a massa do biscoito após o fornecimento ( $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ ). Por sua vez, o volume aparente dos biscoitos foi determinado pelo deslocamento de sementes de painço.

O método do deslocamento de sementes de painço é uma opção para matrizes alimentícias capazes de absorver solventes, inviabilizando determinação de volume por diferença. Essa técnica foi empregada com sucesso na determinação de volume aparente de pães (QUEIROZ, 2001).

Ademais, foi considerado o fator de expansão, o qual foi claculado pela razão entre o diâmetro após o forneamento e a espessura do biscoito tipo *cookie*, também após o forneamento (FEDDERN *et al.*, 2011; MORAES *et al.*, 2010).

#### 4.2.4 Tratamento de dados

Os resultados obtidos nas análises dos parâmetros tecnológicos dos biscoitos tipo *cookie* foram verificados quanto ao modelo matemático disponível na versão de teste do software *Statistica* que melhor se ajustou aos dados (baseado no critério do coeficiente de determinação  $R^2$ , quanto mais próximo de um, melhor). E para expressar a interação entre os fatores, aplicou-se a técnica de contorno de superfície de resposta.

Optou-se pelo estudo de um processo otimizado por meio da aplicação de delineamento experimental do tipo fatorial fracionado com dois níveis e cinco fatores. Observou-se interações significativas para os modelos ajustados por meio de análise de variância (ANOVA) e essas interações foram demonstradas na forma de imagens de contorno de superfícies de respostas. ANOVA (método para testar a igualdade de três ou mais médias populacionais com base na amostra das variâncias amostrais) foi utilizada para verificar o ajuste do modelo proposto.

O delineamento fatorial fracionário foi aplicado por ser a proposta mais eficiente para experimento que envolve mais de dois fatores. Dessa forma, diz-se que os fatores são cruzados e avaliados de um nível máximo (+1) até um nível mínimo (-1) (MONTGOMERY, 2016). Usualmente os resultados são expressos por superfície de resposta ou contorno de superfície de resposta para que seja evidenciado os níveis mais adequados de cada fator estudado para o objetivo desejado.

Foi aplicando teste estatístico T-Student (bicaudal e variação igual entre as duas amostras), considerando 5% de significância, entre cada tratamento do 1 ao 16 e comparado com o tratamento ponto central, depois com o padrão, e por fim com o controle. O intuito desse teste foi compreender se há diferença entre os tratamentos propostos pelo delineamento em relação, principalmente, ao padrão (sem redução de açúcar) e ao controle (com redução de açúcar de 30% e sem adição de ingredientes substitutos).

Adicionalmente, propondo uma abordagem onde são comparadas todas as amostras ao mesmo tempo, ou seja, as vinte e uma formulações comparadas simultaneamente por meio do teste de Tukey. Foi realizado um teste para cada parâmetro tecnológico avaliado.

Para tanto, fez-se necessário efetuar uma nova análise de variâncias. Pois, anteriormente o objetivo da ANOVA era avaliar a qualidade do modelo ajustado, e neste momento, o objetivo é embasar o teste de Tukey, que assim como o teste de T-Student, é aplicado para comparação de médias.

Para melhor compreensão da relevância deste trabalho é fundamental visualizar quais formulações se assemelham mais com as formulações adicionais ao delineamento experimental (padrão e controle). Então foi aplicada uma análise dos componentes principais (ACP), que tem por objetivo elencar as formulações mais representativas através de combinações lineares (ANDRADE, PINTO, 2003). A análise dos componentes principais foi feita com a versão trial do software XLSAT.



## 5 RESULTADOS E DISCUSÃO

Experimentos exploratórios são realizados quando é provável que muitos dos fatores considerados tenham pouco ou nenhum efeito na resposta (MONTGOMERY, 2016). Assim, os resultados do delineamento fatorial fracionário de cinco fatores (os cinco substitutos de sacarose estudados) com três repetições no ponto central foi avaliado usando, principalmente, imagens de gráficos de contorno de superfície de resposta, já que o interessante é apontar os níveis ótimos de cada um dos fatores estudados.

Dessa forma, o esperado é que os contornos de superfícies de respostas apresentem uma tendência não linear, pois o comportamento cóncavo evidencia a interação significativa entre os fatores avaliados. Os níveis ótimos para cada um dos ingredientes testados em substituição da sacarose podem ser confirmados na direção da máxima inclinação das curvas de superfície de resposta no caso de delineamentos rotacionais investigados (MONTGOMERY, 2016).

### 5.1 Dureza

Dureza é um parâmetro de textura para biscoitos tipo *cookie* bastante utilizado (PIETA, 2015), contudo também encontram-se trabalhos que abordam textura por meio de força de ruptura (ou de quebra) (MORAES *et al.*, 2010). Os resultados de dureza estão apresentados na Tabela 4, juntamente com os resultados da aplicação de testes de média para avaliação das diferenças significativas. A dureza neste experimento variou de 9,84 a 23,6 N, sendo a dureza da formulação padrão em torno de 18 N e a do controle (reduzido em açúcar) em torno de 14 N. Ou seja, a formulação controle apresentou dureza inferior ao padrão. Resultados estes consoantes com os relatados por *Gallagher et al.* (2003). Todas as amostras apresentaram diferença entre si pelo teste de Tukey, com 95% de confiabilidade. Pelo teste de T-Student, as formulações 9 e 10 não apresentaram diferença significativa em relação ao padrão e, as amostras 2 e 16 não apresentaram diferença significativa em relação ao controle, também com 95% de confiabilidade (Tabela 4).

Tabela 4 – Resultados do parâmetro tecnológico dureza

Formulações	Taumatina (g)	BK (g)	T-sweet (g)	Polidextrose (g)	Eritritol (g)	Dureza (N)	T-Student	Tukey
C	0	0	0	0	0	14,60 ± 6,24	●	abcdefg
P	0	0	0	0	0	18,11 ± 2,39	◇	fgh
1	0	0	0	0	0,475	15,17 ± 2,39	◇●	abcdefg
2	0,063	0	0	0	0	23,60 ± 6,24	●	abcdef
3	0	0,6	0	0	0	26,04 ± 7,74	◇●	abc
4	0,063	0,6	0	0	0,475	12,49 ± 5,89	◇●	abcd
5	0	0	0,48	0	0	11,79 ± 4,55	◇●	ab
6	0,063	0	0,48	0	0,475	21,81 ± 6,38	●	bcdefgh
7	0	0,6	0,48	0	0,475	19,10 ± 7,02	◇●	abcde
8	0,063	0,6	0,48	0	0	11,35 ± 3,49	◇●	abcdef
9	0	0	0	6,3	0	9,84 ± 2,83	◇	gh
10	0,063	0	0	6,3	0,475	22,17 ± 3,49	◇	efgh
11	0	0,6	0	6,3	0,475	21,29 ± 2,96	◇●	bcdefgh
12	0,063	0,6	0	6,3	0	16,63 ± 6,69	◇●	h
13	0	0	0,48	6,3	0,475	16,16 ± 5,07	◇●	cdefgh
14	0,063	0	0,48	6,3	0	11,91 ± 3,17	◇●	abcdef
15	0	0,6	0,48	6,3	0	13,34 ± 3,17	◇●	defgh
16	0,063	0,6	0,48	6,3	0,475	12,50 ± 3,11	●	abcdef
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	15,63 ± 3,68	◇●	cdefgh
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,233	13,24 ± 1,36	◇●	abcdefgh
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	15,04 ± 2,42	◇●	cdefgh

◇: indica diferença significativa em relação ao controle pelo teste T com 5% de significância.  
 ●: indica diferença significativa em relação ao padrão pelo teste T com 5% de significância.  
 Valores com letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes nas colunas indicam diferença entre os mesmos tratamentos.

Fonte: Autoria própria (2021).

Com um fator de correlação próximo a um ( $R^2 = 0,994$ ), foram identificados os fatores polidextrose e taumatina como sendo responsáveis por gerar impacto significativo na elevação da dureza dos *cookies*. Haja visto que a substituição de açúcar em formulações de biscoitos, geralmente, causa diminuição da dureza (MORAES *et al.*, 2010; ZOULIAS, OREOPOULOU, KOUNALAKI, 2002). As formulações 2, 3, 6, 10 e 11 foram as que possibilitaram maior dureza entre os tratamentos. A formulação que obteve dureza mais próxima da formulação padrão foi a 7, e as formulações apontadas, estatisticamente, com potencial de apresentar dureza elevada mesmo com a redução de açúcar são 10, 12 e 14, ou seja, as que apresentaram taumatina e polidextrose (Tabela 5).

A taumatina é uma proteína cuja ação é focada no sabor. Não se tem conhecimento da ação dessa proteína em textura, entretanto como ela esta em

uma matriz onde 90% é maltodextrina, possivelmente deve ser a maltodextrina que está respondendo por este efeito de fato. Sabe-se que a maltodextrina, se dissolve na massa do cookie parcial ou totalmente, conforme a disponibilidade de água presente o que impacta na textura do produto assado (MIRANDA *et al.*, 2010).

**Tabela 5 - Análise de variância na avaliação de dureza (N) com  $R^2 = 0,994$**

Variável	SS	G.L	QM	F	p
X1	212,127	1	212,127	101,821	0,00968
X2	6,25	1	6,25	3	0,2254
X3	6,25	1	6,25	3	0,2254
X4	306,25	1	306,25	147	0,00673
X5	6,25	1	6,25	3	0,2254
X1 by X2	6,25	1	6,25	3	0,2254
X1 by X3	6,25	1	6,25	3	0,2254
X1 by X4	56,25	1	56,25	27	0,0351
X1 by X5	6,25	1	6,25	3	0,2254
X2 by X3	0	1	0	0	1
X2 by X4	6,25	1	6,25	3	0,2254
X2 by X5	25	1	25	12	0,07418
X3 by X4	6,25	1	6,25	3	0,2254
X3 by X5	25	1	25	12	0,07418
X4 by X5	6,25	1	6,25	3	0,2254
Erro	4,1667	2	2,0833	-	-
SS total	691,145	18	-	-	-
Falta de ajuste	0,0000	1	0,0000	2,0833	0,0208

SS = soma dos quadrados, G.L = grau de liberdade, QM = quadrado médio, X1 = taumatina, X2 = BK, X3 = T-sweet, X4 = polidextrose, X5 = eritritol. A falta de ajuste (Lack-of-fit) é significativa.

**Fonte: Autoria própria (2021).**

Já o efeito da polidextrose, de certa forma, era esperado pois, esse carboidrato tem a capacidade de agir como agente de volume e conseqüentemente interferir na textura do produto final, deixando o *cookie* com característica de quebradiço. A presença de açúcar em *cookies* proporciona maior dureza (DI MONACO *et al.*, 2018; GALLAGHER *et al.*, 2003), por isso a tendência de biscoitos reduzidos em açúcar é apresentarem menor resistência a quebra, impacto este, minimizado pelo uso de polidextrose.

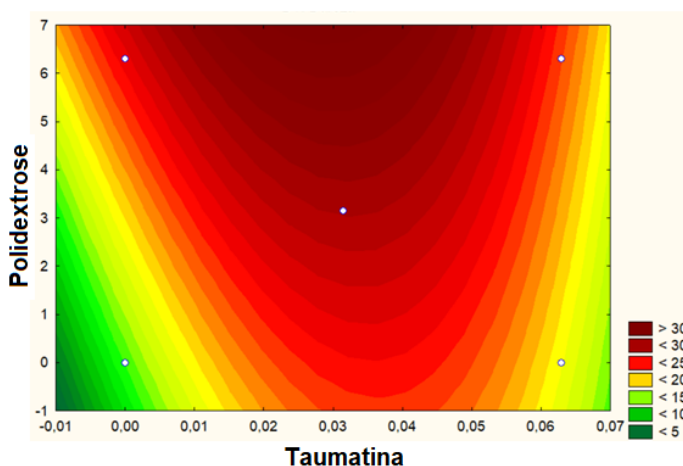
É importante ressaltar a falta de ajuste significativa ( $p \leq 0,05$ ), indicando que seria necessário, modificar os níveis e/ou variáveis independentes para se obter uma melhor condição para a dureza.

**Tabela 6 - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetro dureza**

Equação linear	$R^2$	$X^2$	GL	p
$Y = 0,0021X1 + 0,0031X4 + 0,056X1X4$	0,994	0,021	18	1,000

Fonte: Autoria própria (2021).

**Figura 2 - Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores polidextrose e taumatina na dureza (N)**



Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 2 é apresentado o contorno de superfície de resposta ajustada para os fatores polidextrose e taumatina com  $R^2$  igual a 0,994 e  $R_{ajustado}$  igual a 0,946.

As formulações indicadas como as mais promissoras para evitar perda tecnológica em relação a dureza, em função da redução de açúcar, são as que combinam concentrações elevadas de polidextrose e concentrações intermediárias de taumatina (Figura 2).

## 5.2 Cor

O açúcar traz grandes impactos na cor dos biscoitos, e em cookies, é um dos ingredientes majoritários. Logo, avaliar o parâmetro cor em produtos com

proposta de redução de sacarose é fundamental. Biscoitos tipo *cookie* são tradicionalmente ricos em açúcar e gordura, sabe-se que quanto maior a concentração de açúcar na formulação, maior é a probabilidade dos biscoitos apresentarem tendência à cor amarela (PIETA, 2015).

Para as coordenadas de cores L,  $a^*$  e  $b^*$ , o ingrediente substituto que causou impacto significativo em termos de cor foi o aroma T-sweet (Duas Rodas). Quanto a luminosidade (L), além do T-sweet foi importante o impacto do carboidrato obtido através de tecnologia enzimática GreenSugar BK (Prozyn).

Os resultados obtidos para o parâmetro L podem ser observados na Tabela 6. A luminosidade, neste experimento, variou de 69,02 a 76,66. Sabe-se que biscoitos com maior concentração de açúcar apresentam coloração mais escura, ou seja, valores de L menores, em função da ocorrência da reação de caramelização do açúcar e à reação Maillard (MORAES *et al.*, 2010).

Valores elevados de L indicam reflectância da luz, indicando produtos com coloração clara e com menor concentração de açúcar (ESTELLER, LANES, 2005).

As formulações que apresentam T-sweet e GreenSugar BK são 3, 4, 11 e 12. Pelo teste de Tukey, as formulações 3 e 10 se assemelham no parâmetro L, assim como a 12 e a 14, e também a 11 e a 13. Adicionalmente, as três repetições do ponto central apresentaram semelhança para luminosidade.

Já pelo teste de T-Student, as formulações 9 e 10 não apresentaram diferença significativa da formulação padrão, e as formulações 2, 6 e 16 não apresentaram diferença significativa em relação a formulação controle (Tabela 6).

T-sweet e GreenSugar BK foram os ingredientes que influenciaram significativamente o parâmetro L ( $R^2 = 0,974$ ), no sentido de reduzir esse valor, tendendo para *cookies* mais escuros (Tabela 7). A região ótima para luminosidade (Figura 3) ocorre em formulações com baixas concentrações de T-sweet combinadas com altas concentrações de GreenSugar BK.

Este resultado leva ao entendimento que o aroma T-sweet e o carboidrato GreenSugar BK, possivelmente, colaboram nas reações bioquímicas que conferem cor característica de biscoito.

Logo, acredita-se que as melhores formulações em termos de luminosidade são as que apresentam baixas concentrações de T-sweet e altas concentrações de GreenSugar BK.

**Tabela 7 – Resultados do parâmetro L (luminosidade)**

Formulações	Taumatina (g)	BK (g)	T-sweet (g)	Polidextrose (g)	Eritritol (g)	L	T-Student	Tukey
C	0	0	0	0	0	69,02 ± 0,61	●	hi
P	0	0	0	0	0	71,86 ± 0,70	◇	bc
1	0	0	0	0	0,475	72,97 ± 0,60	◇●	g
2	0,063	0	0	0	0	72,20 ± 0,12	●	hi
3	0	0,6	0	0	0	71,17 ± 0,22	◇●	def
4	0,063	0,6	0	0	0,475	74,84 ± 0,25	◇●	ef
5	0	0	0,48	0	0	76,51 ± 0,07	◇●	a
6	0,063	0	0,48	0	0,475	72,05 ± 0,14	●	hi
7	0	0,6	0,48	0	0,475	73,65 ± 0,38	◇●	bc
8	0,063	0,6	0,48	0	0	75,35 ± 0,27	◇●	bcd
9	0	0	0	6,3	0	74,10 ± 0,27	◇	bcde
10	0,063	0	0	6,3	0,475	74,06 ± 0,14	◇	def
11	0	0,6	0	6,3	0,475	74,02 ± 0,81	◇●	f
12	0,063	0,6	0	6,3	0	74,84 ± 0,10	◇●	cde
13	0	0	0,48	6,3	0,475	72,97 ± 0,52	◇●	f
14	0,063	0	0,48	6,3	0	75,55 ± 0,16	◇●	cde
15	0	0,6	0,48	6,3	0	76,66 ± 0,03	◇●	hi
16	0,063	0,6	0,48	6,3	0,475	72,19 ± 0,27	●	bcd
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	74,62 ± 0,58	◇●	j
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,233	74,47 ± 0,38	◇●	j
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	71,47 ± 0,01	◇●	j

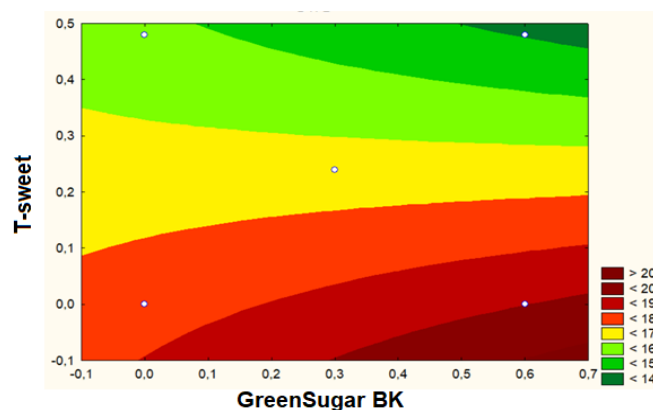
◇: indica diferença significativa em relação ao controle pelo teste T com 5% de significância  
 ●: indica diferença significativa em relação ao padrão pelo teste T com 5% de significância.  
 Valores com letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes nas colunas indicam diferença entre os mesmos tratamentos.

**Fonte: Aatoria própria (2021).**

Na Tabela 9 são apresentados os resultados do parâmetro  $a^*$ . Esses resultados variaram de -0,12 a 4,95. Neste trabalho, a formulação padrão apresentou valor para  $a^*$  (1,47) inferior ao observado na formulação controle (4,95), indicando que o padrão tende menos para o vermelho em comparação com o controle.

Contudo a análise não foi significativa devido à falta de ajuste, sendo necessário a construção de um novo delineamento com outros níveis e/ou fatores independentes.

Figura 3 - Contorno da superfície de resposta para os fatores T-sweet e BK em L



Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 8 - ANOVA da avaliação de L (componetne de cor) com  $R^2 = 0,974$

Variável	SS	G.L	QM	F	p
X1	0,0049	1	0,0049	0,00139	0,972573
X2	0,0055	1	0,0055	0,00158	0,970755
X3	53,5262	1	53,5262	15,28998	0,029718
X4	19,1803	1	19,1803	5,47894	0,101156
X5	16,3853	1	16,3853	4,68052	0,119188
X1 by X2	177,7501	1	177,7501	50,77507	0,005689
X1 by X3	1,7959	1	1,7959	0,51301	0,52558
X1 by X4	1,8507	1	1,8507	0,52867	0,519768
X1 by X5	1,7174	1	1,7174	0,49058	0,534103
X2 by X3	7,6261	1	7,6261	2,17843	0,236436
X2 by X4	3,1151	1	3,1151	0,88985	0,415109
X2 by X5	25,3706	1	25,3706	7,24723	0,074284
X3 by X4	0,4762	1	0,4762	0,13604	0,736741
X3 by X5	42,8392	1	42,8392	12,2372	0,039533
X4 by X5	37,8536	1	37,8536	10,81303	0,046136
Erro	10,5022	3	3,5007	-	-
SS total	399,9994	18	-	-	-
Falta de ajuste	0,0000	1	0,0000	3,5007	0,0350

SS = soma dos quadrados, G.L = grau de liberdade, QM = quadrado médio, X1 = taumatina, X2 = BK, X3 = T-sweet, X4 = polidextrose, X5 = eritritol. A falta de ajuste (Lack-of-fit) é significativa.

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 9 - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetro L

Equação linear	$R^2$	$X^2$	GL	p
$Y = 0,0053X_3 + 0,0017X_1X_2 + 0,0043X_3X_5 + 0,0037X_4X_5$	0,974	0,0053	18	1,000

Fonte: Autoria própria (2021).

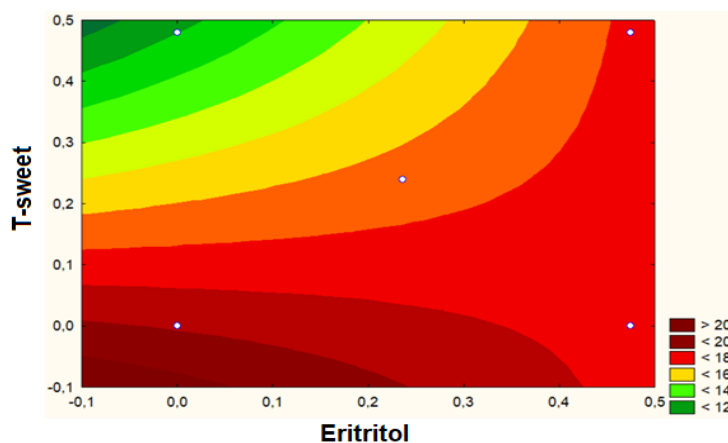
Na Figura 3 é apresentado o contorno de superfície de resposta ajustada para os fatores T-sweet e BK com  $R^2$  igual a 0,974 e  $R_{ajustado}$  igual a 0,843. As formulações mais indicadas são as que apresentam parâmetros de  $a^*$  positivos, ou seja, tendendo para o vermelho. Contudo a análise não foi significativa devido à falta de ajuste, sendo necessário a construção de um novo delineamento com outros níveis e/ou fatores independentes.

Essa tendência de cor é esperada principalmente nas bordas do biscoito tipo cookie (MORAES *et al.*, 2010). Eritritol afetou  $a^*$  de maneira significativa, promovendo valores mais elevados para este parâmetro (Tabela 10).

Para valores ideais da coordenada  $a^*$ , sugere-se o emprego de formulações que apresentam baixas concentrações de eritritol e baixas concentrações de T-sweet, também (Figura 4).

Logo, as formulações com essas características, que proporcionaram *cookies* com cromaticidade  $+a^*$ , ou seja, tendência a predominar a cor vermelha, são as formulações 2, 4, 10 e 12. Avaliando o teste de Tukey para o parâmetro  $a^*$ , nota-se o controle e a formulação 16 se assemelham.

**Figura 4 - Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores T-sweet e eritritol em  $a^*$**



Fonte: Autoria própria (2021).

Considerando o teste de T-Student, as formulações 9 e 10 não apresentaram diferença significativa da formulação padrão, e as formulações 2, 6 e 16 não apresentaram diferença significativa em relação ao controle.



Tabela 10 - Resultados do parâmetro a\* (cromaticidade)

Formulações	Taumatina (g)	BK (g)	T-sweet (g)	Polidextrose (g)	Eritritol (g)	a*	T-Student	Tukey
C	0	0	0	0	0	4,95 ± 0,02	●	hij
P	0	0	0	0	0	1,47 ± 0,01	◇	bc
1	0	0	0	0	0,475	1,89 ± 0,07	◇●	g
2	0,063	0	0	0	0	3,57 ± 0,11	●	ik
3	0	0,6	0	0	0	0,45 ± 0,04	◇●	abc
4	0,063	0,6	0	0	0,475	0,72 ± 0,03	◇●	def
5	0	0	0,48	0	0	0,58 ± 0,07	◇●	abc
6	0,063	0	0,48	0	0,475	3,46 ± 0,08	●	hij
7	0	0,6	0,48	0	0,475	0,12 ± 0,04	◇●	abc
8	0,063	0,6	0,48	0	0	0,04 ± 0,04	◇●	ef
9	0	0	0	6,3	0	0,29 ± 0,00	◇	def
10	0,063	0	0	6,3	0,475	0,40 ± 0,07	◇	cde
11	0	0,6	0	6,3	0,475	0,91 ± 0,04	◇●	ef
12	0,063	0,6	0	6,3	0	0,36 ± 0,01	◇●	cde
13	0	0	0,48	6,3	0,475	3,79 ± 0,35	◇●	ijk
14	0,063	0	0,48	6,3	0	0,45 ± 0,02	◇●	f
15	0	0,6	0,48	6,3	0	0,03 ± 0,02	◇●	cde
16	0,063	0,6	0,48	6,3	0,475	3,95 ± 0,02	●	hij
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	2,14 ± 0,24	◇●	k
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,233	2,48 ± 0,39	◇●	ijk
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	2,65 ± 0,13	◇●	hij

◇: indica diferença significativa em relação ao controle pelo teste T com 5% de significância  
 ●: indica diferença significativa em relação ao padrão pelo teste T com 5% de significância.  
 Valores com letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes nas colunas indicam diferença entre os mesmos tratamentos.

Fonte: Aatoria própria (2021).

Na Figura 4 é apresentado o contorno de superfície de resposta ajustada para os fatores T-sweet e eritritol com  $R^2$  igual a 0,974 e  $R_{ajustado}$  igual a 0,843. Os resultados de  $b^*$  são apresentados na Tabela 10, juntamente com a avaliação dos testes de média aplicados. O esperado são *cookies* com tendências de coloração amarela (PIETA, 2015) (Figura 5). Para a coordenada de cromaticidade  $b^*$ , taumatina agiu de forma significativa promovendo elevação. Os resultados para  $b^*$  variaram de 14,21 a 27,48 (Tabela 13).

Para o parâmetro  $b^*$ , onde, no espectro as tonalidades variam de azul ( $-b^*$ ) a amarelo ( $+b^*$ ), apontam-se como formulações ideais as que apresentam alta concentração de taumatina e baixa concentração de T-sweet (Tabela 14).

Tabela 11 - ANOVA da avaliação de  $a^*$  (componetne de cor) com  $R^2 = 0,974$ 

Variável	SS	G.L	QM	F	p
X1	0,0049	1	0,0049	0,00139	0,972573
X2	0,0055	1	0,0055	0,00158	0,970755
X3	53,5262	1	53,5262	15,28998	0,029718
X4	19,1803	1	19,1803	5,47894	0,101156
X5	16,3853	1	16,3853	4,68052	0,119188
X1 by X2	177,7501	1	177,7501	50,77507	0,005689
X1 by X3	1,7959	1	1,7959	0,51301	0,52558
X1 by X4	1,8507	1	1,8507	0,52867	0,519768
X1 by X5	1,7174	1	1,7174	0,49058	0,534103
X2 by X3	7,6261	1	7,6261	2,17843	0,236436
X2 by X4	3,1151	1	3,1151	0,88985	0,415109
X2 by X5	25,3706	1	25,3706	7,24723	0,074284
X3 by X4	0,4762	1	0,4762	0,13604	0,736741
X3 by X5	42,8392	1	42,8392	12,2372	0,039533
X4 by X5	37,8536	1	37,8536	10,81303	0,046136
Erro	10,5022	3	3,5007	-	-
SS total	399,9994	18	-	-	-
Falta de ajuste	0,0000	1	0,0000	3,5007	0,0350

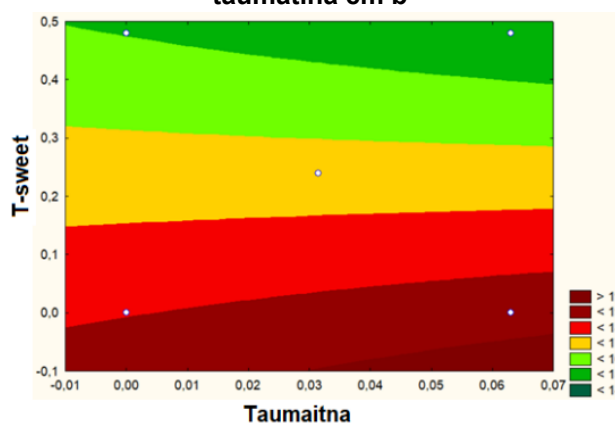
SS = soma dos quadrados, G.L = graua de liberdade, QM = quadrado médio, X1 = taumatina, X2 = BK, X3 = T-sweet, X4 = polidextrose, X5 = eritritol. A falta de ajuste (Lack-of-fit) é significativa.

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 12 - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetro  $a^*$ 

Equação linear	$R^2$	$X^2$	GL	p
$Y = 0,0053X3 + 0,0017X1X2 + 0,0043X3X5 + 0,0037X4X5$	0,974	0,0053	18	1,000

Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 5 - Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores T-sweet e taumatina em  $b^*$ 

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 13 - Resultados do parâmetro b\* (cromaticidade)

Formulações	Taumatina (g)	BK (g)	T-sweet (g)	Polidextrose (g)	Eritritol (g)	b*	T-Student	Tukey
C	0	0	0	0	0	27,48 ± 0,30	●	abc
P	0	0	0	0	0	26,64 ± 0,32	◇	efg
1	0	0	0	0	0,475	25,71 ± 0,21	◇●	bcde
2	0,063	0	0	0	0	27,78 ± 0,14	●	g
3	0	0,6	0	0	0	22,31 ± 0,02	◇●	g
4	0,063	0,6	0	0	0,475	24,00 ± 0,98	◇●	abc
5	0	0	0,48	0	0	22,44 ± 0,02	◇●	abc
6	0,063	0	0,48	0	0,475	27,36 ± 0,03	●	fg
7	0	0,6	0,48	0	0,475	22,19 ± 0,16	◇●	efg
8	0,063	0,6	0,48	0	0	24,26 ± 0,12	◇●	abc
9	0	0	0	6,3	0	23,87 ± 0,12	◇	abc
10	0,063	0	0	6,3	0,475	23,51 ± 0,17	◇	defg
11	0	0,6	0	6,3	0,475	24,26 ± 0,30	◇●	fg
12	0,063	0,6	0	6,3	0	23,33 ± 0,05	◇●	bcd
13	0	0	0,48	6,3	0,475	27,70 ± 0,80	◇●	bcd
14	0,063	0	0,48	6,3	0	24,31 ± 0,10	◇●	ab
15	0	0,6	0,48	6,3	0	23,47 ± 0,20	◇●	ab
16	0,063	0,6	0,48	6,3	0,475	27,19 ± 0,13	●	ab
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	15,04 ± 1,53	◇●	bc
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,233	14,21 ± 2,96	◇●	abc
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	18,05 ± 2,87	◇●	cdef

◇: indica diferença significativa em relação ao controle pelo teste T com 5% de significância.  
 ●: indica diferença significativa em relação ao padrão pelo teste T com 5% de significância.  
 Valores com letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes nas colunas indicam diferença entre os mesmos tratamentos.

Fonte: A autoria própria (2021).

Contudo a análise não foi significativa devido à falta de ajuste, sendo necessário a construção de um novo delineamento com outros níveis e/ou fatores independentes.

As formulações com essa característica, altas concentrações de taumatina e baixas concentrações de T-sweet são 2, 4, 10 e 12 (Tabela 14).

Exatamente as mesmas formulações indicadas como ótimas na avaliação de a\*.

Sendo as formulações 3, 4, 11 e 12 as apontadas como ideais para L e as formulações 2, 4, 10 e 12 as indicadas em termos de a\* e b\*, tem-se que as melhores formulações para investigações e estudos futuros, avaliando a cor de cookies com redução de açúcar são as formulações 4 e 12.

**Tabela 14 - ANOVA da avaliação de b\* (componetne de cor) com R<sup>2</sup> = 0,974**

Variável	SS	G.L	QM	F	p
X1	0,0049	1	0,0049	0,00139	0,972573
X2	0,0055	1	0,0055	0,00158	0,970755
X3	53,5262	1	53,5262	15,28998	0,029718
X4	19,1803	1	19,1803	5,47894	0,101156
X5	16,3853	1	16,3853	4,68052	0,119188
X1 by X2	177,7501	1	177,7501	50,77507	0,005689
X1 by X3	1,7959	1	1,7959	0,51301	0,52558
X1 by X4	1,8507	1	1,8507	0,52867	0,519768
X1 by X5	1,7174	1	1,7174	0,49058	0,534103
X2 by X3	7,6261	1	7,6261	2,17843	0,236436
X2 by X4	3,1151	1	3,1151	0,88985	0,415109
X2 by X5	25,3706	1	25,3706	7,24723	0,074284
X3 by X4	0,4762	1	0,4762	0,13604	0,736741
X3 by X5	42,8392	1	42,8392	12,2372	0,039533
X4 by X5	37,8536	1	37,8536	10,81303	0,046136
Erro	10,5022	3	3,5007	-	-
SS total	399,9994	18	-	-	-
Falta de ajuste	0,0000	1	0,0000	3,5007	0,0350

SS = soma dos quadrados, G.L = grau de liberdade, QM = quadrado médio, X1 = taumatina, X2 = BK, X3 = T-sweet, X4 = polidextrose, X5 = eritritol. A falta de ajuste (Lack-of-fit) é significativa.

**Fonte: Autoria própria (2021).**

**Tabela 15 - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação (R<sup>2</sup>), graus de liberdade (GL) para o parâmetro b\***

Equação linear	R <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	GL	p
$Y = 0,0053X_3 + 0,0017X_1X_2 + 0,0043X_3X_5 + 0,0037X_4X_5$	0,974	0,0053	18	1,000

**Fonte: Autoria própria (2021).**

Na Figura 5 é apresentado o contorno de superfície de resposta ajustada para os fatores T-sweet e taumatina com R<sup>2</sup> igual a 0,974 e R<sub>ajustado</sub> igual a 0,843.

A cor dos cookies é um atributo que surge na etapa de forneamento em função da caramelização dos açúcares redutores e aminoácidos e da reação de Maillard (FELLOWS, 2006).

A fim de elucidar as diferenças observadas em todas as formulações em termos de cor é apresentada a Figura 6.

Onde pode-se perceber que o aspecto visual, de modo geral, entre as formulações não é muito discrepante e não se tem uma ideia de coordenadas a\*, b\* e L de forma isolada e sim, uma impressão de cor.

**Figura 6 – Cookies após o forneamento**

Fonte: Autoria própria (2021).

### 5.3 Volume

Os ingredientes substitutos que geraram maior impacto no volume aparente, e, por consequência, no volume específico foram taumatina e polidextrose (Tabelas 16 e 19).

Esses mesmos ingredientes foram apontados como responsáveis por desencadear impacto significativo na textura.

Para gerar os contornos de superfície de respostas apresentados na sequência, foram considerados como fator de correlação ( $R^2$ ) 0,994 e 0,963, para o volume aparente e para o volume específico, respectivamente (Tabelas 17 e 20).

Sabe-se que a redução de sacarose em cookies pode gerar redução de volume do produto pois esse ingrediente de múltiplas funções também contribui para o aumento do volume (LUO *et al.*, 2019).

Polidextrose é frequentemente aplicada em alimentos como agente de volume (LUO *et al.*, 2019), assim como o componente majoritário da matriz na qual se encontra a taumatina, a maltodextrina (MIRANDA *et al.*, 2010).

Para o volume aparente, as formulações mais indicadas são as que apresentam altas concentrações de polidextrose e contendo taumatina (Figura 7), logo, essas formulações são as 10, 12 e 14. Uma vez que, o esperado é menor volume aparente, que proporcionará volume específico também reduzido.

Contudo a análise não foi significativa devido à falta de ajuste, sendo necessário a construção de um novo delineamento com outros níveis e/ou fatores independentes.

**Tabela 16 - Análise de variância avaliando volume aparente (cm<sup>3</sup>) com R<sup>2</sup> = 0,994**

Variável	SS	G.L	QM	F	p
X1	212,127	1	212,127	101,821	0,00968
X2	6,25	1	6,25	3	0,2254
X3	6,25	1	6,25	3	0,2254
X4	306,25	1	306,25	147	0,00673
X5	6,25	1	6,25	3	0,2254
X1 by X2	6,25	1	6,25	3	0,2254
X1 by X3	6,25	1	6,25	3	0,2254
X1 by X4	56,25	1	56,25	27	0,0351
X1 by X5	6,25	1	6,25	3	0,2254
X2 by X3	0	1	0	0	1
X2 by X4	6,25	1	6,25	3	0,2254
X2 by X5	25	1	25	12	0,07418
X3 by X4	6,25	1	6,25	3	0,2254
X3 by X5	25	1	25	12	0,07418
X4 by X5	6,25	1	6,25	3	0,2254
Erro	4,1667	2	2,0833	-	-
SS total	691,145	18	-	-	-
Falta de ajuste	0,0000	1	0,0000	2,0833	0,0208

SS = soma dos quadrados, G.L = grau de liberdade, QM = quadrado médio, X1 = taumatina, X2 = BK, X3 = T-sweet, X4 = polidextrose, X5 = eritritol. A falta de ajuste (Lack-of-fit) é significativa.

**Fonte: Autoria própria (2021).**

**Tabela 17 - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação (R<sup>2</sup>), graus de liberdade (GL) para o parâmetro volume aparente**

Equação linear	R <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	GL	p
$Y = 0,0021X1 + 0,0031X4 + 0,056X1X4$	0,994	0,0053	18	1,000

**Fonte: Autoria própria (2021).**

Avaliando a Figura 8 percebe-se que as melhores formulações para volume específico são as que apresentam baixas concentrações de taumatina e altas concentrações de polidextrose.

Nota-se que é interessante altas concentrações de polidextrose tanto para o volume aparente como para o específico. Enquanto que a presença de taumatina não é indicada em altas concentrações para nenhuma das avaliações de volume.

**Tabela 18 - Resultados do parâmetro tecnológico volume aparente**

Formulações	Taumatina (g)	BK (g)	T-sweet (g)	Polidextrose (g)	Eritritol (g)	Vol apa (cm <sup>3</sup> )	T-Student	Tukey
C	0	0	0	0	0	2,50 ± 0,62	●	cd
P	0	0	0	0	0	2,74 ± 0,59	◇	bcd
1	0	0	0	0	0,475	1,23 ± 0,00	◇●	abc
2	0,063	0	0	0	0	2,07 ± 0,59	●	a
3	0	0,6	0	0	0	1,64 ± 0,47	◇●	abcd
4	0,063	0,6	0	0	0,475	1,71 ± 0,49	◇●	a
5	0	0	0,48	0	0	1,35 ± 0,00	◇●	abc
6	0,063	0	0,48	0	0,475	2,63 ± 0,01	●	abcd
7	0	0,6	0,48	0	0,475	1,85 ± 0,71	◇●	cd
8	0,063	0,6	0,48	0	0	2,10 ± 0,60	◇●	a
9	0	0	0	6,3	0	3,48 ± 0,63	◇	abcd
10	0,063	0	0	6,3	0,475	3,05 ± 0,70	◇	a
11	0	0,6	0	6,3	0,475	2,55 ± 0,54	◇●	d
12	0,063	0,6	0	6,3	0	3,74 ± 0,69	◇●	abc
13	0	0	0,48	6,3	0,475	2,70 ± 0,62	◇●	bcd
14	0,063	0	0,48	6,3	0	2,00 ± 0,00	◇●	a
15	0	0,6	0,48	6,3	0	3,00 ± 0,55	◇●	abc
16	0,063	0,6	0,48	6,3	0,475	2,04 ± 0,05	●	abcd
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	2,72 ± 0,00	◇●	abcd
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,233	2,50 ± 0,45	◇●	ab
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	2,75 ± 0,02	◇●	abcd

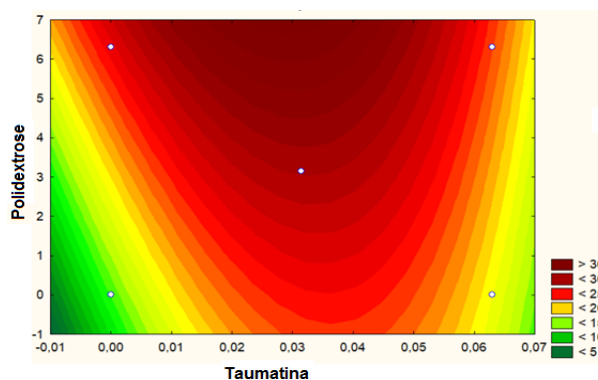
◇: indica diferença significativa em relação ao controle pelo teste T com 5% de significância.  
 ●: indica diferença significativa em relação ao padrão pelo teste T com 5% de significância.  
 Valores com letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes nas colunas indicam diferença entre os mesmos tratamentos.

**Fonte: A autoria própria (2021).**

Na Figura 7 é apresentado o contorno de superfície de resposta ajustada para os fatores polidextrina e taumatina com  $R^2$  igual a 0,994 e  $R_{ajustado}$  igual a 0,946.

Contudo a análise não foi significativa devido à falta de ajuste, sendo necessário a construção de um novo delineamento com outros níveis e/ou fatores independentes.

Figura 7 - Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores taumatina e polidextrose no volume aparente (cm<sup>3</sup>)



Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 19 - Análise de variância avaliando volume específico (cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup>)

Variável	SS	G.L	QM	F	p
X1	0,14645	1	0,14645	1,39075	0,32329
X2	0,00068	1	0,00068	0,00646	0,94098
X3	0,20009	1	0,20009	1,90011	0,26188
X4	3,96981	1	3,96981	37,6992	0,00869
X5	0,16039	1	0,16039	1,52315	0,30501
X1 by X2	0,01176	1	0,01176	0,11166	0,76026
X1 by X3	0,20711	1	0,20711	1,96685	0,25535
X1 by X4	0,69337	1	0,69337	6,58458	0,08278
X1 by X5	0,02604	1	0,02604	0,2473	0,65315
X2 by X3	0,01527	1	0,01527	0,145	0,72873
X2 by X4	0,0003	1	0,0003	0,0028	0,96111
X2 by X5	0,5759	1	0,5759	5,469	0,10135
X3 by X4	1,18036	1	1,18036	11,2092	0,04412
X3 by X5	0,62401	1	0,62401	5,92592	0,09297
X4 by X5	0,29008	1	0,29008	2,75475	0,19555
Erro	0,31591	3	-	-	-
SS total	8,41752	18	-	-	-
Falta de ajuste	0,0000	1	0,0000	0,1053	0,0105

SS = soma dos quadrados, G.L = grau de liberdade, QM = quadrado médio, X1 = taumatina, X2 = BK, X3 = T-sweet, X4 = polidextrose, X5 = eritritol. A falta de ajuste (Lack-of-fit) é significativa.

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 20 - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação (R<sup>2</sup>), graus de liberdade (GL) para o parâmetro volume específico

Equação linear	R <sup>2</sup>	GL	p
$Y = 0,0039x_4 + 0,012x_3x_4$	0,994	18	1,000

Fonte: Autoria própria (2021).



Sabe-se que o volume específico dos *cookies* depende da qualidade dos ingredientes, principalmente da farinha (a magnitude da força da rede do glúten exerce influência sobre este parâmetro), além de que maiores teores de fibras geram volumes específicos maiores (MOURA *et al.*, 2010).

**Tabela 21 - Resultados do parâmetro tecnológico volume específico**

Formulações	Taumatina (g)	BK (g)	T-sweet (g)	Polidextrose (g)	Eritritol (g)	Vol esp (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	T-Student	Tukey
C	0	0	0	0	0	27,50 ± 5,00	●	abc
P	0	0	0	0	0	30,00 ± 5,00	◇	cd
1	0	0	0	0	0,475	10,00 ± 0,00	◇●	abc
2	0,063	0	0	0	0	17,50 ± 5,00	●	abc
3	0	0,6	0	0	0	17,50 ± 5,00	◇●	abc
4	0,063	0,6	0	0	0,475	17,50 ± 5,00	◇●	abc
5	0	0	0,48	0	0	10,00 ± 0,00	◇●	cd
6	0,063	0	0,48	0	0,475	20,00 ± 0,00	●	abcd
7	0	0,6	0,48	0	0,475	15,00 ± 5,77	◇●	ab
8	0,063	0,6	0,48	0	0	17,50 ± 5,00	◇●	abc
9	0	0	0	6,3	0	27,50 ± 5,00	◇	bcd
10	0,063	0	0	6,3	0,475	25,00 ± 5,77	◇	cd
11	0	0,6	0	6,3	0,475	22,50 ± 5,00	◇●	bcd
12	0,063	0,6	0	6,3	0	27,50 ± 5,00	◇●	cd
13	0	0	0,48	6,3	0,475	25,00 ± 5,77	◇●	bcd
14	0,063	0	0,48	6,3	0	20,00 ± 0,00	◇●	abcd
15	0	0,6	0,48	6,3	0	27,50 ± 5,00	◇●	cd
16	0,063	0,6	0,48	6,3	0,475	20,00 ± 0,00	●	abcd
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	30,00 ± 0,00	◇●	d
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,233	27,50 ± 5,00	◇●	cd
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	30,00 ± 0,00	◇●	d

◇: indica diferença significativa em relação ao controle pelo teste T com 5% de significância.

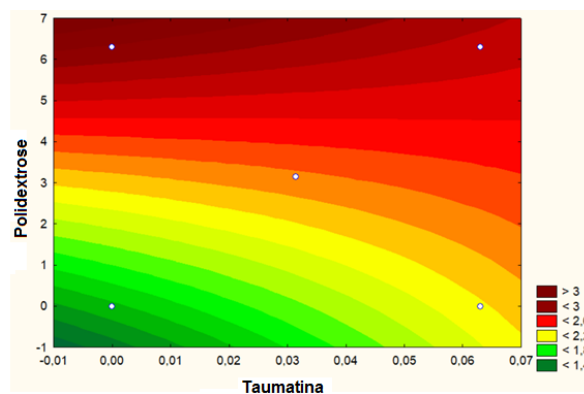
●: indica diferença significativa em relação ao padrão pelo teste T com 5% de significância. Valores com letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes nas colunas indicam diferença entre os mesmos tratamentos.

**Fonte: Autoria própria (2021).**

É característica de biscoito tipo cookie apresentar um menor volume específico e um fator de expansão maior (SAHIN *et al.*, 2019). Fato este observado nas formulações 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 8.

Na Figura 8 é apresentado o contorno de superfície de resposta ajustada para os fatores taumatina e polidextrose com  $R^2$  igual a 0,963 e  $R_{ajustado}$  igual a 0,775.

**Figura 8 - Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores taumatina e polidextrose no volume específico ( $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ )**



Fonte: Autoria própria (2021).

#### 5.4 Fator de expansão

O fator de expansão de biscoitos apresenta aumento a medida que a concentração de açúcar também é elevada (MORAES *et al.*, 2010).

Logo, biscoitos com elevadas concentrações de açúcar apresentam maior fator de expansão (MIRANDA *et al.*, 2010), dessa forma, formulações que apresentam capacidade para maximizar o fator de expansão são indicadas para que a redução de sacarose não acarrete na perda tecnológica.

A Tabela 22 traz os resultados para este parâmetro.

Altas concentrações de açúcar proporcionam menor volume específico e maior fator de expansão, já edulcorantes tendem a gerar biscoitos com maior volume específico e menor fator de expansão (PIETA, 2015).

O fator de expansão tem grande relação com a granulometria do açúcar (MORAES *et al.*, 2006).

O açúcar de menor granulação proporciona um aumento no fator de expansão (SILVA *et al.*, 1998), em função disso foi utilizado açúcar refinado na fabricação dos *cookies*.

Sabe-se que a expansão não deve ser muito elevada, pois pode desencadear problemas de ordem de processo, como não adequação do produto a embalagens padronizadas.

Logo, é importante que este parâmetro não seja muito modificado quando comparado ao padrão (UCHÔA *et al.*, 2008).

Até o momento foi interpretado como região ótima do contorno da superfície de resposta a região de coloração mais intensa (vermelho tijolo), porém para o caso do fator de expansão a região ótima é a oposta (Tabela 23).

Isso se deve em função do comportamento antagônico dos parâmetros volume específico e fator de expansão (Figura 9).

Na Figura 9 é apresentado o contorno de superfície de resposta ajustada para os fatores polidextrina e T-sweet com  $R^2$  igual a 0,994 e  $R_{ajustado}$  igual a 0,946. Contudo a análise não foi significativa devido à falta de ajuste, sendo necessário a construção de um novo delineamento com outros níveis e/ou fatores independentes.

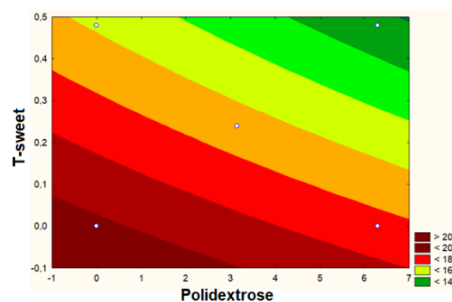
**Tabela 22 - Resultados do parâmetro tecnológico fator de expansão**

Formulações	Taumatina	BK	T-sweet	Polidextrose	Eritritol	Fator de exp	T-Student	Tukey
C	0	0	0	0	0	13,23 ± 0,00	●	c
P	0	0	0	0	0	15,04 ± 4,25	◇	fg
1	0	0	0	0	0,475	13,81 ± 0,12	◇●	de
2	0,063	0	0	0	0	11,05 ± 0,10	●	cd
3	0	0,6	0	0	0	16,04 ± 2,64	◇●	bc
4	0,063	0,6	0	0	0,475	11,25 ± 0,10	◇●	fg
5	0	0	0,48	0	0	13,47 ± 1,38	◇●	hi
6	0,063	0	0,48	0	0,475	15,43 ± 2,37	●	cd
7	0	0,6	0,48	0	0,475	18,33 ± 0,00	◇●	ef
8	0,063	0,6	0,48	0	0	11,85 ± 1,43	◇●	gh
9	0	0	0	6,3	0	15,43 ± 2,37	◇	ef
10	0,063	0	0	6,3	0,475	12,43 ± 1,66	◇	ef
11	0	0,6	0	6,3	0,475	19,00 ± 0,38	◇●	ef
12	0,063	0,6	0	6,3	0	13,75 ± 0,00	◇●	fg
13	0	0	0,48	6,3	0,475	17,66 ± 2,44	◇●	de
14	0,063	0	0,48	6,3	0	11,10 ± 0,11	◇●	ghi
15	0	0,6	0,48	6,3	0	13,68 ± 0,12	◇●	i
16	0,063	0,6	0,48	6,3	0,475	15,35 ± 2,20	●	cd
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	72,05 ± 0,95	◇●	ab
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,233	69,02 ± 0,84	◇●	ab
PC	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236	71,87 ± 0,26	◇●	cd

◇: indica diferença significativa em relação ao controle pelo teste T com 5% de significância.  
 ●: indica diferença significativa em relação ao padrão pelo teste T com 5% de significância.  
 Valores com letras diferentes são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes nas colunas indicam diferença entre os mesmos tratamentos.

**Fonte: Aatoria própria (2021).**

**Figura 9 - Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores T-sweet e polidextrose no fator de expansão**



Fonte: Autoria própria (2021).

Assim sendo, formulações com concentrações elevadas de polidextrose e concentrações também elevadas de T-sweet tendem a reparar perdas tecnológicas em termos de fator de expansão em *cookies* com redução de açúcar.

**Tabela 23 - Análise de variância avaliando fator de expansão**

Variável	SS	G.L	QM	F	p
X1	0,14645	1	0,14645	1,39075	0,32329
X2	0,00068	1	0,00068	0,00646	0,94098
X3	0,20009	1	0,20009	1,90011	0,26188
X4	3,96981	1	3,96981	37,6992	0,00869
X5	0,16039	1	0,16039	1,52315	0,30501
X1 by X2	0,01176	1	0,01176	0,11166	0,76026
X1 by X3	0,20711	1	0,20711	1,96685	0,25535
X1 by X4	0,69337	1	0,69337	6,58458	0,08278
X1 by X5	0,02604	1	0,02604	0,2473	0,65315
X2 by X3	0,01527	1	0,01527	0,145	0,72873
X2 by X4	0,0003	1	0,0003	0,0028	0,96111
X2 by X5	0,5759	1	0,5759	5,469	0,10135
X3 by X4	1,18036	1	1,18036	11,2092	0,04412
X3 by X5	0,62401	1	0,62401	5,92592	0,09297
X4 by X5	0,29008	1	0,29008	2,75475	0,19555
Erro	0,31591	3	-	-	-
SS total	8,41752	18	-	-	-
Falta de ajuste	0,0000	1	0,0000	3,5007	0,0350

SS = soma dos quadrados, G.L = grau de liberdade, QM = quadrado médio, X1 = taumatina, X2 = BK, X3 = T-sweet, X4 = polidextrose, X5 = eritritol. A falta de ajuste (Lack-of-fit) é significativa.

Fonte: Autoria própria (2021).

**Tabela 24 - Equação do modelo de regressão, coeficiente de correlação ( $R^2$ ), graus de liberdade (GL) para o parâmetro fator de expansão**

Equação linear	$R^2$	$X^2$	GL	p
$Y = 0,0053X_3 + 0,0017X_1X_2 + 0,0043X_3X_5 + 0,0037X_4X_5$	0,994	0,0053	18	1,000

Fonte: Autoria própria (2021).

Vale constatar que para as análises de superfície de respostas em um nível de significância de 5%, não foi possível calcular a condição ótima das variáveis significativas das análises que obtiveram interações, pois há indicativos de que essas relações provocaram uma curvatura no sistema ( $F_0 > F_{0,05, 1, 3}$ ), sendo necessário a construção de um modelo de ordem superior (MONTGOMERY, 2013).

### **5.5 Análise dos componentes principais - ACP**

A Figura 10 traz o resultado da ACP, com os sete parâmetros tecnológicos avaliados distribuídos de forma bidimensional, onde o eixo F1 é capaz de explicar 38,39% dos dados e o eixo F2 explica 28,07% dos dados. Logo, observando a figura a baixo tem-se um entendimento do comportamento de 66,45% dos dados.

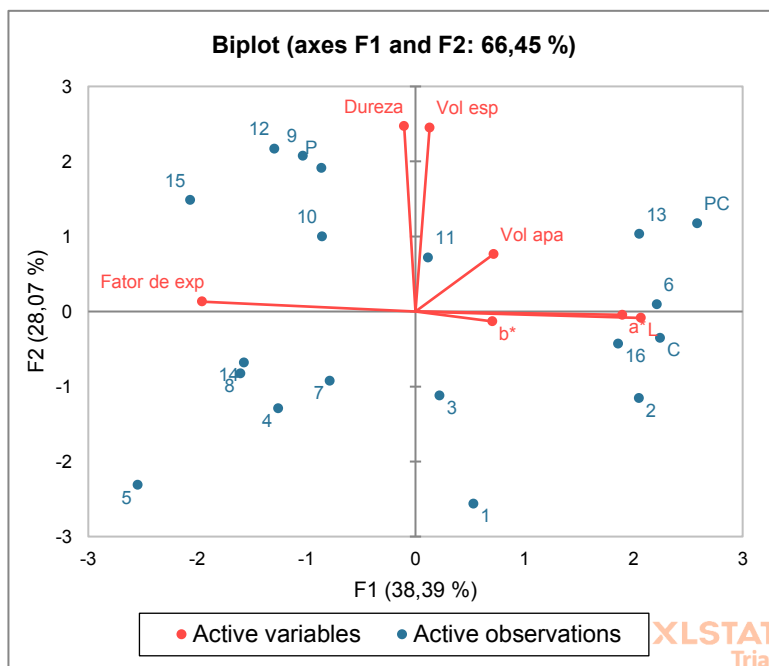
Pode-se afirmar que os parâmetros de cor apresentam comportamento antagônico em relação ao fator de expansão. Adicionalmente, percebe-se que dureza e volume apresentam um comportamento muito semelhante, assim como  $a^*$  e L. É possível observar, também, que as formulações 9, 10 e 12 são as mais próximas do padrão, resultado este que corrobora com as observações feitas por meio do teste de T-Student. E, por fim, as formulações que apresentaram comportamento semelhante ao controle são as 2, 6 e 16.

Os ingredientes substitutos de sacarose que apresentaram maior influência nos parâmetros tecnológicos avaliados foram povidexrose, taumatina e T-sweet. Fato este que pode evidenciar que o uso dos cinco ingredientes substitutos não é o mais indicado.

Adicionalmente, a povidexrose age como agente de volume, a taumatina auxilia na percepção do gosto doce e o aroma T-sweet pode reduzir eventuais sabores residuais e proporcionar a ativação receptores sensoriais olfativos. A combinação desses três ingredientes pode ser uma alternativa viável para a redução de açúcar em biscoitos tipo cookie sem perdas tecnológicas e possivelmente sem grandes perdas sensoriais.

Por fim, os tratamentos 9 e 10, comparando com o tratamento padrão, observou-se p-valores superiores a 0,05, indicando que não há diferença significativa entre as amostras, considerando todos os parâmetros tecnológicos avaliados.

**Figura 10 – Comportamento dos parâmetros avaliados em duas dimensões**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

Esses tratamentos (9 e 10), contudo, diferem significativamente do controle, e são apontados como os mais indicados para maiores investigações futuras. Haja vistas que, não estão sendo considerados parâmetros tecnológicos de forma isolada, e sim esses parâmetros em relação a semelhança que as formulações indicadas apresentam em relação a formulação padrão.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A taumatina para dureza, em pequenas quantidades combinada com altas quantidades de povidexrose geram resultados satisfatórios, ou seja, crocância e superfície quebradiça. A análise de dados da dureza contou com  $R^2$  de 0,994 e um  $R_{ajustado}$  de 0,946.

Quanto a cor, para os parâmetros L,  $a^*$  e  $b^*$  é interessante a aplicação de doses baixas do aroma T-sweet. O ideal é um biscoito com baixos valores para L, indicando colração mais escura e altos valores para  $a^*$  e  $b^*$ , isso levando em consideração um coeficiente de correlação de 0,974 e um  $R_{ajustado}$  de 0,843.

Assim como para a textura, para o volume aparente ( $R^2 = 0,994$ ,  $R_{aparente} = 0,946$ ) e para o volume específico ( $R^2 = 0,994$ ,  $R_{aparente} = 0,946$ ), taumatina e povidexrose foram substitutos de sacarose que geraram impacto significativo na formulação.

Adicionalmente, um fator de expansão mais próximo do esperado (padrão) pode ser obtido com uso qauntidades intermediárias de povidexrose combinadas com doses baixas de T-sweet.

As interações estatisticamente mais adequadas e que tendem a um nível ótimo de cada fator indicam formulações com altas concentrações de povidexrose e contendo taumatina em quantidades intermediárias.

Por fim, os tratamentos 9 (apenas com povidexrose) e 10 (combinando taumatina, povidexrose e eritritol), são os mais próximos do padrão, tanto pelo teste de T-Student como pela ACP. Os tratamentos que mais se assemelham ao controle são o 6 e o 16, com 66,45% dos dados explicados pelo *Biplot*.

## REFERÊNCIAS

- ABESO, Associação Brasileira para Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. **Acordo pretende reduzir 144 mil toneladas de açúcar de alimentos**. 2018. Disponível em: < <https://abeso.org.br/acordo-pretende-reduzir-144-mil-toneladas-de-acucar-de-alimentos/>>. Acessado em: 18 jan. 2021, 18:00.
- ABIMAPI, Associação Brasileira da Industrias de Biscoitos. **Vendas**. Disponível em: < <https://www.abimapi.com.br/estatisticas.php>>.
- AGGARWAL, D.; SABIKHI, L.; KUMAR, S. Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy–multigrain approach. **NFS Journal**, v.2, p. 1–7, 2016.
- ADITIVOS E INGREDIENTES. Açúares e xarops em biscoitos e bolachas. **ADITIVOS E INGREDIENTES**, n. 114, p. 41 – 69, 2014.
- ALESSANDRINI, R.; HE, F. J.; HASHEM, K. M.; TAN, M.; MACGREGOR, G. A. Reformulation and priorities for reducing energy density; results from a cross-sectional survey on fat content in pre-packed cakes and biscuits sold in British Supermarkets. **Nutrients**, v.11, n.1216, 2019.
- AMSTALDEN, R. P.; STEEL, C. J. Redução de Gordura e Açúcar em Biscoitos tipo Cookie. **Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP**, Campinas, SP, n. 27, 2019.
- ANDRADE, M. C.; PINTO, L. C. M. **Classificação de folhas por tamanho e forma através de descritores geométricos e análise dos componentes principais**. Anais do IV Workshop em Tratamento de Imagens, NPDI/DCC/ICEx, p. 54-61, 2003.
- ARANHA, D. C.; VIZU, M. A.; RIBEIRO, T. C.; MELO, F. R. G.; FIOCO, E. M. Avaliação sensorial de biscoito tipo “cookie” funcional e enriquecido em proteínas. **Linguagem Acadêmica**, Batatais, v. 7, n. 5, p. 23-34, 2017.
- AUVRAY, M. SPENCE, C. The multisensory perception of flavor. **Consciousness and Cognition**, v. 17, p. 1016 - 1031, 2008.
- AVENA, N. M.; RADA, P.; HOEBEL, B. G. Evidence for sugar addiction: Behavioral and neurochemical effects of intermittent, excessive sugar intake. **Neuroscience and Biobehavioral**, v.32, n.1, p. 20-39, 2008.
- BERTOLINO, T.; BRAGA, A. **Ciência e tecnologia para fabricação de biscoitos**. 1 ed., Editora Varela, 2017.
- BOOBIER, W. J.; BAKER, J. D.; DAVIES, B. Development of a healthy biscuit: an alternative approach to biscuit manufacture. **Nutrition Journal**, v. 5, n. 7, 2006.



BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **Pesquisa Nacional de Saúde 2013: Percepção do estado de saúde, estilos de vida e doenças crônicas Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, dispõe sobre Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 de set. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada Colegiada – RDC nº 429, de 08 de outubro de 2020, dispõe sobre a Rotulagem Nutricional dos Alimentos Embalados**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 de out. 2020a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Instrução Normativa – IN nº 75, de 08 de outubro de 2020, estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 de out. 2020b.

BOSCOLO, M. Sucroquímica: Síntese e potencialidades de aplicações de alguns derivados químicos de sacarose. **Química Nova**, v. 26, n. 6, p. 906-912, 2003.

BUETTNERA, A.; BEAUCHAMPB, J. Chemical input – Sensory output: Diverse modes of physiology–flavour interaction. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 915–924, 2010.

DI MONACO, R.; MELE, N. A.; CABISIDAN, E. K.; CURRENT, S. C. Strategies to reduce sugars in food, **Opinion in Food Science**, v.19, p. 92–97, 2018.

DUAS RODAS, Flavors e Botanicals. **ABIA indica 4 prioridades para a indústria alimentícia em 2019**. 2018. Disponível em: <<https://www.duasrodas.com/blog/estrategia/abia-indica-4-prioridades-para-a-industria-alimenticia-em-2019/>>. Acesso em: 21 jan. 2021, 13:00 h.

DUAS RODAS, Flavors e Botanicals. **As camadas de um alimento que o P&D deve prestar atenção**. Disponível em: <<https://www.duasrodas.com/blog/inovacao/as-camadas-de-valor-de-um-alimento-que-o-pd-deve-prestar-atencao/>>. Acesso em: 21 jan. 2021, 14:00 h.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 802-806, 2005.

FEDDERN, Vivian; DUARTE, Viviane V. O.; MIRANDA, Martha Z.; MELLADOM Myrian de las M. S. Avaliação física e sensorial de biscoito tipo cookie adicionados de farelo de trigo e arroz. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 4, p. 267-274, 2011.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2ª ed., Artmed, Porto Alegre, p. 602, 2006.

FLOR, L. S.; CAMPOS, M. R. Prevalência de diabetes mellitus e fatores associados na população adulta brasileira: evidências de um inquérito de base populacional. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 16-29, 2017.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Os aminoácidos e o sabor. **Revista FI**, n. 31, p. 70 - 76, 2014.

GALLAGHER, E.; O'BRIEN, C. M.; SCANNEL, A. G. M.; ARENDT, E. K. Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production. **Journal of Food Engineering**, v.56, p. 261–263, 2003.

GOMES, D. L. Polióis. **Sociedade Brasileira de Diabetes**, 2020. Disponível em: <<https://www.diabetes.org.br/publico/poliois>>.

GOMES, V. M.; SANTOS, M. P.; FREITAS, S. M. L. Análise de açúcares e gorduras de recheios em biscoitos recheados sabor chocolate. **CERES**, v. 5, n.1, p. 19-25, 2010.

GWAK, M.; CHUNG, S.; KIM, Y. J.; LIM, C. S. Relative Sweetness and Sensory Characteristics of Bulk and Intense Sweeteners. **Food Science and Biotechnology**, v. 2, n. 3, p. 889-894, 2012.

HUTCHINGS, S. C.; LOW, J. Y. Q.; KEAST, R. S. J. Sugar reduction without compromising sensory perception. An impossible dream? **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29561168/>>.

JANG, Y.; CHUNG, S.; KIM, S.; PARK, S. Searching for optimal low calorie sweetener blends in ternary and quaternary system. **Food Quality and Preference**, v. 90, p. 1 -13, 2021.

JOSEPH, J. A.; AKKERMANS, S.; NIMMEGEERS, P.; IMPE, J. F. M. V. Bioproduction of the recombinant sweet protein thaumatin: Current state of the art and perspectives. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, n. 695, 2019.

KARL, C. M.; WENDELIN, M.; LUTSCH, D.; SCHLEINING, G.; DURRSCHMID, K.; LEY, J. P.; KRAMMER, G.; LIDER, B. Structure-dependent effects of sweet and sweet taste affecting compounds on their sensorial properties. **Food Chemistry**, v. 7, 2020.

KAWAI, K.; TOH, M.; HAGURA, Y. Effect of sugar composition on the water sorption and softening properties of cookie. **Food Chemistry**, v.145, p. 772–776, 2014.

KRYSTYJAN, M.; GUMUL, D.; ZIOBRO, R.; SIKORA, M. The effect of inulin as fat replacement on dough and biscuit properties. **Journal of Food Quality**, v. 38, p. 305-315, 2015.

KLEIN, Â. L.; BRESCIANI, L.; OLIVEIRA, E. C. Características físico-químicas de biscoitos comerciais do tipo cookies adquiridos no Vale do Taquari. CE-TEC/UNIVATES - **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 7, n. 4, 2015.

KOCER, D.; HICSASMAZ, Z.; BAYINDIRLI, A.; KATNAS, S. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar – and fat – replaces. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 953 – 964, 2007.

LAGUNA, L.; VALLONS, K. J. R.; JURGENS, A.; SANZ, A. Understanding the Effect of Sugar and Sugar Replacement in Short Dough Biscuits. **Food Bioprocess Technol**, 2012. Disponível em: < <https://repository.tno.nl/islandora/object/uuid%3A271d207a-82ee-47cf-bf64-a7dbe85459fd>>.

LIMA, M. F. **Estratégias para redução de açúcar de alimentos industrializados destinados ao público infantil**. 2019. 154 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019.

LUO, X.; ARCOT, J.; GILL, T.; LOUIE, J. C.Y.; RANGAN, A. A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. **Trends in Food Science and Technology**, v. 86, p. 412–425, 2019.

MACDOUGALL, Douglas B. **Colour in food: improving quality**. New York: Woodhead Publishing Limited, 2002. 378p.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. Wiley, 2013.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico de qualidade**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MORAES, Kessiane S. De; ZAVAREZE, Elessandra da R.; MIRANDA, Martha Z. de; SALAS-MELLADO, Myryam de las M. Avaliação tecnológica de biscoitos tipo cookie variações nos teores de lipídio e de açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 233-242, 2010.

MOURA, Fernanda Aline de; SPIER, Franciela; ZAVARESE, Elessandra da Rosa; DIAS, Alvaro Renato Guerra; ELIAS, Moacir Cardoso. Biscoitos tipo “cookie” elaborados com diferentes frações de semente de abóbora (*Curcubita maxima*). **Revista Alimentos e Nutrição Araraquara** v. 21, n. 4, p. 579-585, 2010.

NEIERS, F.; NAUMER, C.; KROHN, M.; BRIAND, L. The Recent Development of a Sweet-Tasting Brazzein and its Potential Industrial Applications. **ResearchGate**, 2016. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/publication/311256602\\_The\\_Recent\\_Development\\_of\\_a\\_Sweet-Tasting\\_Brazzein\\_and\\_its\\_Potential\\_Industrial\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/311256602_The_Recent_Development_of_a_Sweet-Tasting_Brazzein_and_its_Potential_Industrial_Applications)>.

OCCHI, G. **Governo assina acordo para reduzir teor de açúcar em alimentos. Ministério da Saúde**. 2018. Disponível em: <[https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/novembro/26/26.11.2018\\_%20Acordo%20de%20Redu%C3%A7%C3%A3o%20de%20A%C3%A7%C3%BAcar.pdf](https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/novembro/26/26.11.2018_%20Acordo%20de%20Redu%C3%A7%C3%A3o%20de%20A%C3%A7%C3%BAcar.pdf)>. Acessado em: 18 jan. 2021, 13:00.

OLIVEIRA, D.; ANTÚNEZ, L.; GIMÉNEZ, A.; CASTURA, J. C.; DELIZA, R.; ARES, G. Sugar reduction in probiotic chocolate-flavored milk: Impact on dynamic sensory profile and liking. **Food Research International**, v. 75, p.148–156, 2015.

ORMENESE, R. C. S. C. et al. Perfil sensorial e teste de consumidor de biscoito recheado sabor chocolate. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 277-300, 2001.

PASHA, I.; BUT, M. S.; ANJUM, F. M.; SHEHZADI, N. Effect of Dietetic Sweeteners on the Quality of Cookies. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 4, n. 2, 2002.

POURMOHAMMADI, K.; NAJAFI, M. B. H.; MAJZOABI, M.; KOOCHEKI, A.; FARAHNAKI, A. Evaluation of dough rheology and quality of sugar-free biscuits: isomalt, maltodextrin and stevia. **Carpathian Journal of Food Science and Technology**, v. 9, n. 4, p. 119-130, 2017.

PIETA, Adriana. **Influência da Granulometria do açúcar na textura e cor de biscoito rosca sabor leite**. 2015. 136 folhas. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissionalizante em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2015.

PIZZINATTO, A.; MAGNO, C. P. R.; CAMPAGNOLLI, D. M. F.; VITTI, I. P.; LEITO, R. F. F. **Avaliação Tecnológica de Produtos Derivados de Farinhas de Trigo (pão, macarrão, biscoito)**. Campinas: ITAL, 1993. 54 p.

RIBERIRO, E. P.; SERAVALLI, A. G. **Química de Alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2007.

QUEIROZ, Gilmar Michel. **Determinação de propriedades termofísicas do pão tipo francês durante o processo de assamento**. 2001. 152 f. Dissertação de Mestrado (Departamento de Engenharia Química) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

SAHIN, A. W.; ZANNINI, E.; COFFEY, A.; ARENDT, E. K. Sugar reduction in bakery products: Current strategies and sourdough technology as a potential novel approach. **Food Research International**, v. 126, 2019.

SILVA, Mara Reis; SILVA, Maria Aparecida A. P. da; CHANG, Yoon K. Utilização da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* mart.) na elaboração de biscoitos tipo *cookie* e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, V.18 n.1, 1998.

STABLE MICRO SYSTEMS. BIS2/KB - TA-XT2 Application Study. Biscuits/Cookies, Surrey, p.1-3, 2000.

STATISTICA. Versão 13.3. 2017. <https://statistica.software.informer.com/>. 05/10/2021.

THOMSON, D. M. H.; COATES, T. Are unconscious emotions important in product are assessment? How can we access them? **Food Quality and Preference**, n.104123, p. 104-110, 2020.

UCHÔA, A. M. A. *et.al.* Parâmetros Físico-Químicos, Teor de Fibra Bruta e Alimentar de Pós Alimentícios Obtidos de Resíduos de Frutas Tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.

WAKSMONSKI, J. C.; KOPPEL, K. Variation in human sweet taste receptor may result in different levels of sweet intensity variability between sweet stimuli. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p. 1958-1966, 2016.

XLSTAT. Versão: TRY. Addinsoft. <https://www.xlstat.com/en/download/trial/xlstat>. 09/11/2021.

ZOULIAS, E. I.; OREOPOULOU, V.; KOUNALAKI, E. Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n. 14, p. 1637-1644, 2022.