

# IMPACTO DE DIFERENTES SUBSTITUTOS DE AÇÚCAR NOS PARÂMETROS TECNOLÓGICOS DE BISCOITO TIPO COOKIE

*Data de submissão: 05/08/2023*

*Data de aceite: 02/10/2023*

### **Cláudia Moreira Santa Catharina Weis**

Universidade Estadual de Londrina,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência  
de Alimentos, Londrina – Paraná  
<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0003-3590-9759>  
<http://lattes.cnpq.br/2081814066912301>

### **Juliana Steinbach**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Programa de Pós-Graduação  
em Tecnologia de Alimentos, Francisco  
Beltrão/Londrina – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/8382959355549498>

### **Naimara Vieira do Prado**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Programa de Pós-Graduação  
em Tecnologia de Alimentos, Francisco  
Beltrão/Londrina – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/4591550723954777>

### **Vânia de Cássia da Fonseca Burgardt**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Programa de Pós-Graduação  
em Tecnologia de Alimentos, Francisco  
Beltrão/Londrina – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2915855053093649>

### **Alessandra Machado-Lunkes**

Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná, Programa de Pós-Graduação  
em Tecnologia de Alimentos, Francisco

Beltrão/Londrina – Paraná

<http://lattes.cnpq.br/9970617360931344>

**RESUMO:** O consumo excessivo de açúcar é um problema de saúde pública e assim, há um acordo nacional para a redução deste ingrediente no biscoito. O açúcar confere sabor e aroma, impacta no volume, textura, umidade, cor e no processo fermentativo do produto. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto na dureza, cor, volume aparente, volume específico e fator de expansão de substitutos de açúcar de diferentes classes (polidextrose, enzima, eritritol, taumatina, aroma T-sweet) em biscoito tipo cookie. Um delineamento fatorial fracionado com cinco fatores foi aplicado obtendo-se 17 formulações de cookie. Ainda, uma formulação controle (redução de 30% de sacarose) e uma formulação padrão que se assemelha as formulações comerciais foram usadas. Foi utilizada a 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 indicam formulações com as maiores concentrações de polidextrose e contendo taumatina. As formulações

que apresentaram comportamento semelhante ao controle são três: a que incluiu somente taumatina (2), a que conteve taumatina, T-sweet e eritritol (6) e a com todos os substitutos de sacarose testados (16). Os tratamentos com polidextrose (9) e com taumatina, polidextrose e eritritol (10), são os mais próximos do padrão. Taumatina e polidextrose foram os ingredientes promissores para a substituição de sacarose pois não desencadearam perdas tecnológicas significativas no biscoito tipo cookie em função da redução de sacarose.

**PALAVRAS-CHAVE:** Açúcar. Cor. Textura. Volume. Biscoito.

## IMPACT OF DIFFERENT SUGAR SUBSTITUTES ON TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF COOKIE

**ABSTRACT:** Excessive consumption of sugar is a public health problem and therefore, there is a national agreement to reduce this ingredient in biscuits. Sugar imparts flavor and aroma, impacts volume, texture, moisture, color and the fermentation process of the product. The aim of this study was to evaluate the impact on hardness, color, apparent volume, specific volume and expansion factor of sugar substitutes of different classes (polydextrose, enzyme, erythritol, thaumatin, T-sweet aroma) in cookie type biscuits. A fractional factorial design with five factors was applied, obtaining 17 cookie formulations. Furthermore, a control formulation (30% sucrose reduction) and a standard formulation that resembled commercial formulations were used. The response surface curves technique was used to understand the impact of sucrose replacement as well as the interaction of the evaluated substitutes. The statistically more adequate interactions indicate formulations with the highest concentrations of polydextrose and containing thaumatin. There are three formulations that showed behavior similar to the control: the one that included only thaumatin (2), the one that contained thaumatin, T-sweet and erythritol (6) and the one with all sucrose substitutes tested (16). Treatments with polydextrose (9) and with thaumatin, polydextrose and erythritol (10) are closest to the standard. Thaumatin and polydextrose were the promising ingredients for replacing sucrose, as they did not trigger significant technological losses in the cookie type biscuit due to the reduction of sucrose.

**KEYWORDS:** Sugar. Color. Texture. Volume. Biscuit.

## 1 | INTRODUÇÃO

A maior participação de alimentos industrializados ricos em açúcares e gorduras é uma consequência da evolução do padrão alimentar observado nas últimas décadas (GOMES; SANTOS; FREITAS, 2010). Neste contexto, a indústria de alimentos busca alternativas para a sua redução, já que a população se preocupa com o consumo excessivo desses ingredientes (AMSTALDEN; STEEL, 2019).

Os brasileiros consomem 1,5 vezes a mais de açúcar do que o recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), ou seja, o consumo diário de açúcar dos brasileiros 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 (OCCHI, 2018).

O consumo excessivo desencadeia aumento de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) como obesidade e diabetes. No Brasil, as DCNT respondem por mais de 70% das causas de mortes (ABESO, 2018; OCCHI, 2018).

Neste contexto, 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 (FLOR; CAMPOS 2017; IBGE, 2014). Este acordo com o Ministério da Saúde foi 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).

O biscoito tem no açúcar um ingrediente de grande impacto tecnológico (SAHIN *et al.*, 2019), confere sabor e aroma, impacta no volume, textura, umidade, cor e no processo fermentativo, e também na aceitação sensorial do produto (DI MONACO *et al.*, 2018). Assim, a redução gera desafios tecnológicos para a indústria, e também um nicho de mercado preocupado com a nutrição e saúde, estimulando o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a redução e/ou substituição de sacarose (LUO *et al.*, 2019; SAHIN *et al.*, 2019).

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.*, 2015). O Brasil é o quarto 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). 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).

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), carboidratos complexos (polidextrose) (KOCER *et al.*, 2007), e compostos químicos não nutritivos naturais e não naturais (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 (BI *et al.*, 2021; BUETTNERA; BEAUCHAMPB, 2010, DUAS RODAS, 2021).

Estudos abordando mais do que dois ingredientes de classes diferentes de substitutos são pouco explorados. 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). 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).

Assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar diferentes formulações substituindo 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. A dureza, cor, volume aparente, volume específico e fator de expansão dos biscoitos tipo *cookie* foram usados para entender o efeito deste delineamento experimental.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a preparação dos cookies foi utilizado farinha de trigo (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), todos ingredientes que foram adquiridos no comércio local. Alguns ingredientes foram adquiridos por meio de compra on-line: bicarbonato de sódio (Qualipro – Adicel, Belo Horizonte, Brasil), polidextrose (Adicel, Belo Horizonte, Brasil) e eritritol (Adicel, Belo Horizonte, Brasil). Os ingredientes usados como substitutos do açúcar foram obtidos por doação dos fabricantes, como a taumatina (*GreenSugar T, Prozyn Biosolutions for Life*, São Paulo, Brasil), o carboidrato obtido por tecnologia enzimática (*GreenSugar BK, Prozyn Biosolutions for Life*, São Paulo, Brasil), e o aroma de açúcar (*T-sweet, Duas Rodas, Jaraguá do Sul, Brasil*).

A formulação elencada para ser adotada como formulação padrão dos *cookies* foi descrita por Laguna *et al.* (2013) com algumas modificações, como a adição de 0,2% (em relação a massa de sacarose) de aroma microencapsulado sabor baunilha (*GranFlavor Baunilha, Duas Rodas, Jaraguá do Sul, Brasil*) e o triplo da quantidade de água. Esta escolha deve-se a utilização de poucos ingredientes e similaridade com a formulação utilizada nas indústrias do Sudoeste paranaense. Para a formulação padrão (P) foi proposto 30% de redução de sacarose e esta nomeada de formulação controle (C). A partir dela com vistas a diminuir ainda mais a quantidade de açúcar foi realizado um delineamento fatorial fracionário do tipo  $2^{k-1}$  com 5 fatores (ou variáveis) e 3 repetições do ponto centro (PC), perfazendo 17 formulações.

O planejamento experimental teve cinco variáveis independentes: taumatina (X1), enzima (X2), *T-sweet* (X3), polidextrose (X4) e eritritol (X5). Cada variável representou um possível substituto de sacarose e foram avaliadas quanto aos principais parâmetros tecnológicos de impactos na qualidade dos cookies fabricados. Os *cookies* foram fabricados em escala laboratorial conforme descrito por CATHARINA *et al.* (2021). A Tabela 1 traz

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

As variáveis foram interpretadas pelo software utilizado, com valores codificados, variando de -1 a +1. O nível -1 correspondeu a não utilizar o referido ingrediente na formulação, enquanto que o nível +1 correspondeu ao uso máximo do ingrediente na formulação, sendo o máximo recomendado pelo fabricante de cada ingrediente. A triplicata de pontos centrais representa o uso de todas as variáveis no nível codificado 0, equidistante dos níveis -1 e +1, respeitando o princípio da ortogonalidade. Logo, nos pontos centrais encontram-se formulações com 50% do máximo possível de ser utilizado de cada um dos cinco ingredientes (X1, X2, X3, X4 e X5).

Os biscoitos foram avaliados quanto aos parâmetros tecnológicos relacionados a dureza, cor, volume aparente, volume específico e fator de expansão (AVENA; RADA; HOEBEL, 2008; DI MONACO *et al.*, 2018). 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 ( $R^2$ ), ou seja, o melhor ajuste é o que proporciona  $R^2$  mais próximo de um. Para que fosse possível realizar afirmações quanto à significância, o modelo matemático (equação) referente a cada parâmetro foi validado previamente por gráfico de Pareto ao nível de confiança de 95%, com coeficientes de regressão e de determinação aceitáveis. Então foi possível aplicar ANOVA para validação dos modelos, obtendo p-valor < 0,05 e  $R^2$  suficientemente próximo de um. Dessa forma sendo possível afirmar se houve ou não efeito significativo para cada um dos parâmetros tecnológicos avaliados.

Formulação <sup>z</sup>	Taumatina	BK <sup>s</sup>	T-sweet <sup>r</sup>	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
17 (PC)	0,031	0,3	0,24	3,15	0,236

Nota: \*Formulação controle: 100 g farinha de trigo; 20,62 g de açúcar; 1,05 sal; 33 g de água; 1,75 g de leite em pó; 0,35 g de bicarbonato de sódio; 0,20 g de hidrogenocarbonato de amônio e g de aroma de baunilha. <sup>§</sup> Carboidrato obtido por tecnologia enzimática. <sup>¶</sup> Aroma.

Tabela 1 – Quantidades em gramas dos ingredientes substitutos de açúcar utilizados na formulação controle de *cookie* conforme delineamento experimental.

Fonte: Adaptado de CATHARINA *et al.* (2021).

E para expressar a interação entre os fatores, aplicou-se a técnica de contorno de superfície de resposta. A fim de elucidar o comportamento das diferentes formulações frente ao controle e amostra padrão foi aplicada análise dos componentes principais (ACP). A análise dos componentes principais foi feita com a versão trial do software XLSAT.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros tecnológicos das formulações estudadas a partir do delineamento fatorial fracionário estão apresentados na Tabela 2 com o valor médio  $\pm$  desvio padrão. Quanto a cor, o parâmetro luminosidade 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 da reação Maillard (MORAES *et al.*, 2010). Os valores de  $a^*$  variaram de -0,12 a 4,95, sendo que a formulação padrão apresentou valor para  $a^*$  (1,47) inferior ao observado na formulação controle (4,95), mostrando que o padrão tende menos para o vermelho em comparação com o controle.

Houve um predomínio de cor vermelha nas seguintes formulações: somente com taumatina (2), com taumatina, enzima e eritritol (4), com taumatina e eritritol (10) e com taumatina, enzima, polidextrose e eritritol (12). Essa tendência de cor é esperada principalmente nas bordas do biscoito tipo cookie (MORAES *et al.*, 2010). O esperado são *cookies* com tendências de coloração amarela (PIETA, 2015). Os resultados para  $b^*$  variaram de 14,21 a 27,48, sendo que a taumatina agiu de forma significativa promovendo os maiores valores para este parâmetro (Tabela 2).

T-sweet e GreenSugar BK foram os ingredientes que influenciaram o parâmetro L, no sentido de reduzir esse valor, tendendo para *cookies* mais escuros. 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 (Figura 1A). Eritritol afetou  $a^*$ , promovendo valores mais elevados para este parâmetro. 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 1B). 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 ( $R^2 = 0,974$ ) (Figura 1C). As formulações com essa característica, altas concentrações de taumatina e baixas concentrações de T-sweet são 2, 4, 10 e 12 (Tabela 2).

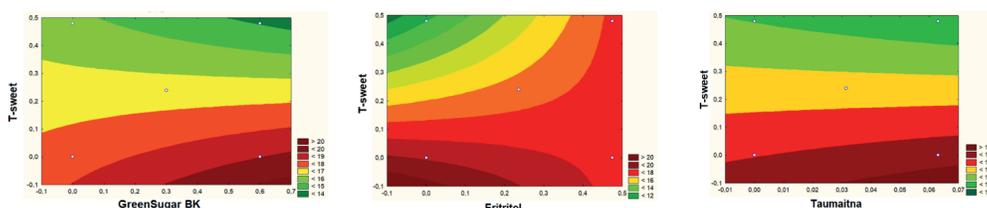
Formulações	Dureza (N)	L	$a^*$	$b^*$	Volume aparente (cm <sup>3</sup> )	Volume específico (cm <sup>3</sup> .g <sup>-1</sup> )	Fator de expansão
C	14,60 ± 6,24	69,02 ± 0,61	4,95 ± 0,02	27,48 ± 0,30	2,50 ± 0,62	27,50 ± 5,00	13,23 ± 0,00
P	18,11 ± 2,39	71,86 ± 0,70	1,47 ± 0,01	26,64 ± 0,32	2,74 ± 0,59	30,00 ± 5,00	15,04 ± 4,25
1	15,17 ± 2,39	72,97 ± 0,60	1,89 ± 0,07	25,71 ± 0,21	1,23 ± 0,00	10,00 ± 0,00	13,81 ± 0,12
2	23,60 ± 6,24	72,20 ± 0,12	3,57 ± 0,11	27,78 ± 0,14	2,07 ± 0,59	17,50 ± 5,00	11,05 ± 0,10
3	26,04 ± 7,74	71,17 ± 0,22	0,45 ± 0,04	22,31 ± 0,02	1,64 ± 0,47	17,50 ± 5,00	16,04 ± 2,64
4	12,49 ± 5,89	74,84 ± 0,25	0,72 ± 0,03	24,00 ± 0,98	1,71 ± 0,49	17,50 ± 5,00	11,25 ± 0,10
5	11,79 ± 4,55	76,51 ± 0,07	-0,58 ± 0,07	22,44 ± 0,02	1,35 ± 0,00	10,00 ± 0,00	13,47 ± 1,38
6	21,81 ± 6,38	72,05 ± 0,14	3,46 ± 0,08	27,36 ± 0,03	2,63 ± 0,01	20,00 ± 0,00	15,43 ± 2,37
7	19,10 ± 7,02	73,65 ± 0,38	-0,12 ± 0,04	22,19 ± 0,16	1,85 ± 0,71	15,00 ± 5,77	18,33 ± 0,00
8	11,35 ± 3,49	75,35 ± 0,27	0,04 ± 0,04	24,26 ± 0,12	2,10 ± 0,60	17,50 ± 5,00	11,85 ± 1,43
9	9,84 ± 2,83	74,10 ± 0,27	0,29 ± 0,00	23,87 ± 0,12	3,48 ± 0,63	27,50 ± 5,00	15,43 ± 2,37
10	22,17 ± 3,49	74,06 ± 0,14	0,40 ± 0,07	23,51 ± 0,17	3,05 ± 0,70	25,00 ± 5,77	12,43 ± 1,66
11	21,29 ± 2,96	74,02 ± 0,81	0,91 ± 0,04	24,26 ± 0,30	2,55 ± 0,54	22,50 ± 5,00	19,00 ± 0,38
12	16,63 ± 6,69	74,84 ± 0,10	0,36 ± 0,01	23,33 ± 0,05	3,74 ± 0,69	27,50 ± 5,00	13,75 ± 0,00
13	16,16 ± 5,07	72,97 ± 0,52	3,79 ± 0,35	27,70 ± 0,80	2,70 ± 0,62	25,00 ± 5,77	17,66 ± 2,44
14	11,91 ± 3,17	75,55 ± 0,16	0,45 ± 0,02	24,31 ± 0,10	2,00 ± 0,00	20,00 ± 0,00	11,10 ± 0,11
15	13,34 ± 3,17	76,66 ± 0,03	0,03 ± 0,02	23,47 ± 0,20	3,00 ± 0,55	27,50 ± 5,00	13,68 ± 0,12
16	12,50 ± 3,11	72,19 ± 0,27	3,95 ± 0,02	27,19 ± 0,13	2,04 ± 0,05	20,00 ± 0,00	15,35 ± 2,20
1º PC	15,63 ± 3,68	74,62 ± 0,58	2,14 ± 0,24	15,04 ± 1,53	2,72 ± 0,00	30,00 ± 0,00	72,05 ± 0,95
2º PC	13,24 ± 1,36	74,47 ± 0,38	2,48 ± 0,39	14,21 ± 2,96	2,50 ± 0,45	27,50 ± 5,00	69,02 ± 0,84

3° PC	15,04 ± 2,42	71,47 ± 0,01	2,65 ± 0,13	18,05 ± 2,87	2,75 ± 0,02	30,00 ± 0,00	71,87 ± 0,26
-------	--------------	--------------	-------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Tabela 2 – Resultados para os parâmetros tecnológicos avaliados.

Fonte: Adaptado de CATHARINA *et al.* (2021).

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 com taumatina, enzima e eritritol nas concentrações máximas testadas nesse estudo (4) e com taumatina, enzima e polidextrose, também nas concentrações máximas (12).



Nota: (a) Luminosidade - L ( $R^2 = 0,974$ ); (b) Parâmetro  $a^*$  ( $R^2 = 0,974$ ); (c) Parâmetro  $b^*$  ( $R^2 = 0,974$ )

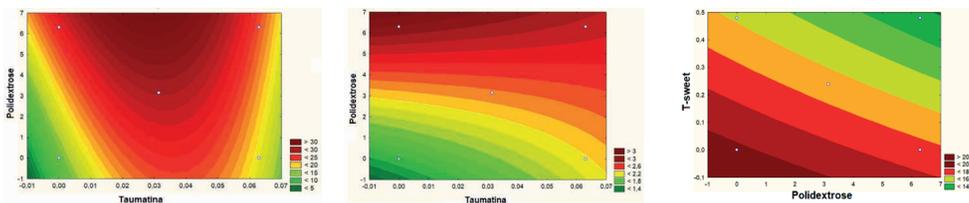
Figura 1 – Contorno da superfície de resposta ajustada avaliando o parâmetro tecnológico cor

Fonte: Adaptado de CATHARINA *et al.* (2021).

Quanto ao volume os ingredientes substitutos que geraram maior impacto no volume aparente, e, por consequência, no volume específico foram taumatina e polidextrose (Figura 2A e 2B). A redução de sacarose em *cookies* pode gerar redução de volume do produto (LUO *et al.*, 2019).

Para o volume aparente, as melhores formulações 10, 12 e 14 são as que apresentam altas concentrações de polidextrose e contendo taumatina. Polidextrose é frequentemente aplicada em alimentos como agente de volume (LUO *et al.*, 2019). Na Figura 2B, as melhores formulações para volume específico são as que apresentam baixas concentrações de taumatina e altas concentrações de polidextrose. É característica de biscoito tipo *cookie* apresentar um menor volume específico e um fator de expansão maior (SAHIN *et al.*, 2019).

Formulações com concentrações elevadas de polidextrose e concentrações também elevadas de T-sweet, como as formulações 13, 14, 15 e 16, tendem a gerar perdas tecnológicas em termos de fator de expansão em *cookies* com redução de açúcar. O fator de expansão de biscoitos apresenta aumento a medida que a concentração de açúcar também é elevada (MORAES *et al.*, 2010). 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.



Nota: (a) Volume aparente ( $R^2 = 0,994$ ); (b) Volume específico ( $R^2 = 0,996$ ); (c) Fator de expansão ( $R^2 = 0,994$ )

Figura 2 – Contorno da superfície de resposta ajustada avaliando os parâmetros tecnológicos volume aparente, volume específico e fator de expansão.

Fonte: Adaptado de CATHARINA *et al.* (2021).

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). 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 3).

Além da observação dos gráficos de superfície de resposta, para visualizar quais formulações se assemelham mais com as formulações adicionais ao delineamento experimental (padrão e controle) foi aplicado uma análise dos componentes principais (ACP), que tem por objetivo elencar as formulações mais representativas através de combinações lineares (ANDRADE, PINTO, 2003) (Figura 4).

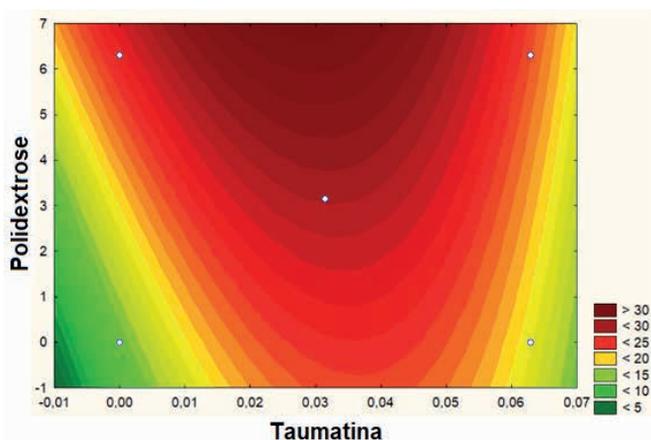


Figura 3 - Contorno da superfície de resposta ajustada para os fatores polidextrose e taumatina na dureza (N) ( $R^2 = 0,994$ )

Fonte: Adaptado de CATHARINA *et al.* (2021).

A ACP, com os sete parâmetros tecnológicos avaliados distribuídos de forma bidimensional, onde o componente principal 1 (eixo F1) foi capaz de explicar 38,39% da variabilidade total dos dados e o componente principal 2 (eixo F2) explicou 28,07%. Logo, com a ACP foi possível explicar 66,45% da variabilidade total dos dados. No gráfico Biplot (Figura 4), foram obtidas três formulações mais próximas da formulação padrão, a apenas com polidextrose (9); a que combinou taumatina, polidextrose e eritritol (10); e a com taumatina, enzima e polidextrose (qual o número dessa aqui?). Também foram observadas três formulações mais semelhantes a formulação controle, pois, no gráfico Biplot encontram-se mais próximas da formulação controle, foram as formulações apenas com taumatina (2); combinando taumatina, enzima e eritritol (6) e aplicando os cinco ingredientes estudados como substitutos de sacarose, taumatina, enzima, T-sweet, polidextrose e eritritol (16).

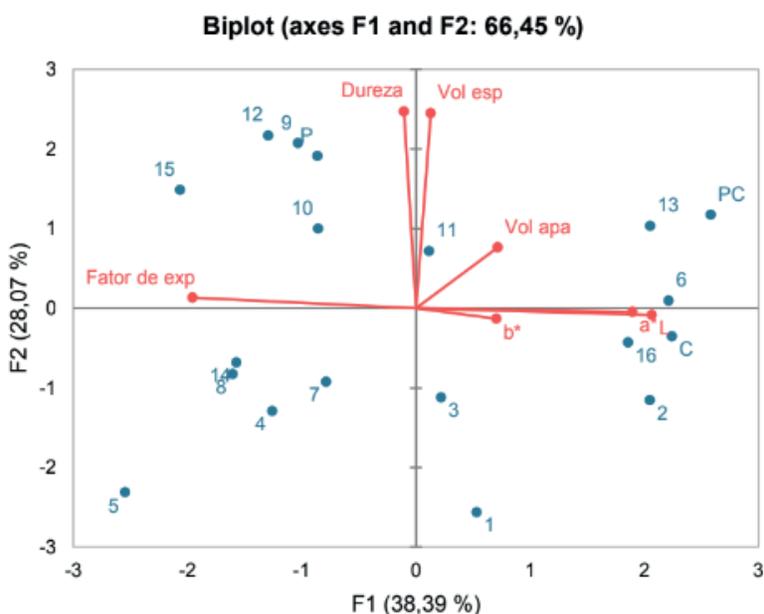


Figura 4 – Análise de Componentes Principais

Fonte: Adaptado de CATHARINA *et al.* (2021)

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A taumatina para dureza, em pequenas quantidades combinada com altas quantidades de polidextrose geram resultados satisfatórios, ou seja, corânica e superfície quebradiça. 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 coloração mais escura e altos valores para a\* e b\*. Assim como para a textura, para o volume aparente e para o volume, taumatina e polidextrose foram substitutos de sacarose que geraram impacto significativo na formulação. Adicionalmente, um fator de

expansão mais próximo do padrão pode ser obtido com uso quantidades intermediárias de polidextrose 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 polidextrose e contendo taumatina em quantidades intermediárias. Por fim, os tratamentos 9 (apenas com polidextrose) e 10 (combinando taumatina, polidextrose e eritritol), são os mais próximos do padrão, conforme demonstrado pela ACP.

## AGRADECIMENTOS

A empresa Prozyn Biosolutions for Life pela doação dos ingrediente GreenSugar T (taumatina) e GreenSugar BK (enzima)

A empresa Duas Rodas pela doação dos ingredientes T-sweet e GranFlavor Baunilha.

A colaboração dessas duas empresas renomadas foi fundamental para a execução desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

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.

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.

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.

CATHARINA, Cláudia Moreira Santa.; LUNKES, Alessandra M.; BURGARDT, Vânia de C. F. Influência de Diferentes Combinações de Ingredientes para Substituição de Açúcar em Biscoitos Tipo Cookie 2021 (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2021.

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. **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/>>.

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.

GALLAGHER, E.; O'BRIEN, C. M.; SCANNELL, 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, 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.

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.

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.

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, Eleandra 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.

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)>.

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.

POURMOHAMMADI, K.; NAJAFI, M. B. H.; MAJZOobi, 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.

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.

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.