

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
Faculdade de Ciências Farmacêuticas  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica  
Área de Tecnologia Alimentos

DAMARIS COSTA

**Desenvolvimento de chocolate amargo com substituição da sacarose por mistura de fibra com edulcorantes.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Tecnologia de Alimentos.

Orientador (a): Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo  
2024

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
Faculdade de Ciências Farmacêuticas  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica  
Área de Tecnologia Alimentos

DAMARIS COSTA

**Desenvolvimento de chocolate amargo com substituição da sacarose por mistura de fibra com edulcorantes.**

**Versão Corrigida**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Tecnologia de Alimentos.

Orientador (a): Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo  
2024

DAMARIS COSTA

Desenvolvimento de chocolate amargo com substituição da sacarose por mistura de fibra com  
edulcorantes.

Comissão Julgadora da Dissertação para obtenção  
do grau de Mestre

---

Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes  
Orientadora/Presidente

---

Dra. Andréa Gomes da Silva

---

Dra. Orquídia Vasconcelos dos Santos

---

Dr. Alan Giovanini de Oliveira Sartori

São Paulo, 28 de março de 2024.

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica elaborada eletronicamente pelo autor, utilizando o programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do ICMC/USP e adaptado para a Divisão de Biblioteca e Documentação do Conjunto das Químicas da USP

Bibliotecária responsável pela orientação de catalogação da publicação:  
Marlene Aparecida Vieira - CRB - 8/5562

C837d Costa, Damaris  
Desenvolvimento de chocolate amargo com substituição da sacarose por mistura de fibra com edulcorantes / Damaris Costa. - São Paulo, 2024.  
138 p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.  
Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico Farmacêutica.

Orientador: Lannes, Suzana Caetano da Silva

1. Alimentos. 2. Chocolate. I. T. II. Lannes, Suzana Caetano da Silva, orientador.

Dedico este trabalho a Deus que me presenteia todos os dias com a possibilidade de ser alguém melhor, me revigora como ser humano e me dá força e coragem para atingir os meus objetivos.

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder força e a oportunidade de vivenciar este momento.

Aos meus pais, Maria Glorete e José, pelo constante apoio e compreensão ao longo dos anos dedicados a este trabalho.

À Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes pela oportunidade, orientação, confiança em meu trabalho e todo o suporte oferecido ao longo desses anos.

À Universidade de São Paulo e à Faculdade de Ciências Farmacêuticas por me proporcionarem conhecimento e desenvolvimento profissional.

Aos colegas do laboratório de Tecnologia de Alimentos III pela parceria, auxílio e cumplicidade durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos funcionários e colegas do departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutico.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ pelo apoio à pesquisa (131672/2021-5).

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original.”*

***Albert Einstein.***

## RESUMO

COSTA, D. **Desenvolvimento de chocolate amargo com substituição da sacarose por mistura de fibra com edulcorantes**. 2024. 138f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024.

Este trabalho teve como objetivo o estudo dos possíveis substitutos da sacarose em chocolates. O trabalho foi dividido em três capítulos a fim de se realizar um estudo abrangente sobre o tema. No Capítulo 1, concluiu-se, através de uma revisão bibliográfica, que a qualidade da textura e a estabilidade do chocolate são significativamente influenciadas pela existência de cristais específicos, especialmente os provenientes do açúcar. Por essa razão, é crucial examinar cuidadosamente a substituição desse componente. A literatura estudada menciona diversos edulcorantes e espessantes empregados para substituir a sacarose em chocolates, como os edulcorantes nutritivos e não-nutritivos, assim como os espessantes mais aplicados. O melhor edulcorante e fibra, considerando-se as literaturas estudadas, em termos de custo, propriedades reológicas e *mouthfeel*, para a substituição da sacarose em chocolates, seria o maltitol e a polidextrose. No Capítulo 2, foram comparados alguns chocolates amargos e ao leite, com e sem sacarose presentes no mercado. Estes chocolates apresentaram comportamento calorimétrico indicando pico de fusão, pico de caramelização e pico de carbonização variáveis de acordo com a formulação. Os chocolates apresentaram forças de ruptura semelhantes, entretanto, o dimensional das amostras influenciou na textura dos produtos. O tipo de edulcorante e os ingredientes utilizados, influenciaram no fluxo de escoamento e nas características físicas, como a cor dos chocolates. No Capítulo 3, foram formulados dois chocolates amargos, um com adição de açúcar e um com a adição de uma mistura comercial (contendo fibra de mandioca/tapioca e edulcorantes), disponível comercialmente, porém sem estudos anteriores de aplicação em chocolates, em substituição à sacarose. As amostras foram comparadas, entre si e em relação aos valores encontrados na literatura, quanto as suas propriedades nutricionais, físico-químicas e reológicas. A substituição da sacarose, pela mistura comercial, demonstrou comportamento próximo das amostras de mercado estudadas no Capítulo 2. Concluiu-se que a mistura comercial cumpre as funções da sacarose em formulação de chocolate amargo *diet*, mesmo que alterando algumas das propriedades físico-químicas e reológicas. Entretanto, esta mistura não é indicada para uso em formulações de chocolates forneáveis, pois apresenta pico de carbonização em temperatura precoce.

**Palavras-chave:** Cacau, Estrutura de alimentos, Alimentos *diet/light*, Análise térmica.



## **ABSTRACT**

**COSTA, D. Development of dark chocolate by replacing sucrose by mixing fiber with sweeteners.** 2024. 138f. Master's dissertation – Pharmaceutical Sciences College, University of São Paulo, São Paulo, 2024.

This work aimed to study possible sucrose substitutes in chocolates. The study was divided into three chapters to conduct a comprehensive examination of the topic. In Chapter 1, it was concluded, through a literature review, that the texture quality and stability of chocolate are significantly influenced by the presence of specific crystals, especially those derived from sugar. For this reason, it is crucial to carefully examine the replacement of this component. The literature studied mentions various sweeteners and thickeners used to replace sucrose in chocolates, including both nutritive and non-nutritive sweeteners, as well as commonly applied thickeners. According to the literature reviewed, the best sweetener and fiber for the replacement of sucrose in chocolates, considering cost, rheological properties, and mouthfeel, would be maltitol and polydextrose. In Chapter 2, some dark and milk chocolates without sucrose available in the market were compared. These chocolates exhibited calorimetric behavior indicating variable melting peaks, caramelization peaks, and carbonization peaks according to the formulation. The chocolates exhibited similar breaking strengths, however, the dimensional characteristics of the samples influenced the texture of the products. The type of sweetener and ingredients used influenced the flow behavior and physical characteristics, such as the color of the chocolates. In the Chapter 3, two dark chocolates were formulated, one with sugar added and one with the addition of a commercial blend (containing cassava/tapioca fiber and sweeteners), commercially available, but without previous studies of application in chocolates, as a substitute for sucrose. The samples were compared, both between themselves and in relation to the values found in the literature, regarding its nutritional, physicochemical, and rheological properties. The replacement of sucrose with the commercial blend demonstrated behavior similar to the market samples studied in Chapter 2. It is concluded that the commercial blend fulfills the functions of sucrose in diet dark chocolate formulation, even changing some of the physicochemical and rheological properties of the chocolate. However, this blend is not recommended for the use in bakeable chocolate formulations, as it exhibits an early peak of carbonization.

**Keywords:** Cocoa, Food structure, Diet/Light foods, Thermal analysis.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estrutura interna de um chocolate ao leite onde a fase gordurosa foi removida com éter de petróleo. Tamanho bar = 20 $\mu\text{m}$ .....	25
<b>Figura 2.</b> Amostra de mercado de chocolate amargo padrão com sacarose (A). .....	41
<b>Figura 3.</b> Amostra de mercado de chocolate ao leite padrão com sacarose (E). .....	42
<b>Figura 4.</b> Amostra de mercado de chocolate amargo sem sacarose (B). .....	42
<b>Figura 5.</b> Amostra de mercado de chocolate amargo sem sacarose (D). .....	42
<b>Figura 6.</b> Amostra de mercado de chocolate amargo sem sacarose (C). .....	44
<b>Figura 7.</b> Amostra de mercado de chocolate ao leite sem sacarose (I). .....	44
<b>Figura 8.</b> Amostra de mercado de chocolate ao leite sem sacarose (G). .....	45
<b>Figura 9.</b> Amostra de mercado de chocolate ao leite sem sacarose (F). .....	44
<b>Figura 10.</b> Amostra de mercado de chocolate ao leite sem sacarose (H). .....	44
<b>Figura 11.</b> Diagrama representativo do Espaço de cor CIEL*a*b* e CIE L*C*h. ....	50
<b>Figura 12.</b> Curva de histerese de fluidos tixotropicos (tensão de cisalhamento, Pa) por taxa de cisalhamento (s <sup>-1</sup> ): Cálculo empregado para a determinação do valor de tixotropia (Pa s <sup>-1</sup> ): A1-A2. ....	51
<b>Figura 13.</b> Comparação do índice de brancura entre amostras de chocolate amargo. A: Sacarose; B: Maltitol e Sucralose; C: Maltitol; D: Xilitol. Mesma letra não demonstra diferença significativa entre as amostras (p>0,05). n:3 .....	55
<b>Figura 14.</b> Comparação do índice de brancura entre amostras de chocolate ao leite. E: sacarose; F: maltitol; G: maltitol, sucralose e polidextrose; H: maltitol e polidextrose; I: maltitol e polidextrose. Mesma letra não demonstra diferença significativa entre as amostras (p>0,05). n:3 .....	56
<b>Figura 15.</b> Propriedades reológicas das amostras. Tensão de Casson (Pa) – a: chocolates amargos; b: chocolates ao leite. Viscosidade plástica de Casson (Pa s) – c: chocolates amargos; d: chocolates ao leite. Tixotropia (Pa s <sup>-1</sup> ) – e: chocolates amargos; f: chocolates ao leite. Mesma letra não demonstra diferença significativa entre as amostras (p>0,05). ....	61
<b>Figura 16.</b> Perfil calorimétrico de chocolates amargo: (a) A - Padrão; (b) C; (c) B; (d) D. ...	63
<b>Figura 17.</b> Perfil calorimétrico dos chocolates ao leite: (a) E - Padrão; (b) H; (c) G; (d) E; (e) F. ....	65
<b>Figura 18.</b> Etapas de produção do chocolate PA e SA. ....	81
<b>Figura 19.</b> Granulômetro. ....	85
<b>Figura 20.</b> Análise térmica da Sacarose em comparação com a mistura comercial. ....	90

<b>Figura 21.</b> Microscopia óptica da mistura comercial. ....	90
<b>Figura 22.</b> Distribuição Granulométrica da sacarose e da mistura de fibra + edulcorantes. ...	91
<b>Figura 23.</b> Tabela Nutricional do chocolate PA (IN 75/2020). ....	92
<b>Figura 24.</b> Selo Nutricional Frontal do Chocolate PA. ....	93
<b>Figura 25.</b> Tabela Nutricional do chocolate SA (IN 75/2020). ....	93
<b>Figura 26.</b> Selo Nutricional Frontal do Chocolate SA. ....	93
<b>Figura 27.</b> Análise de umidade dos chocolates PA e SA. ....	96
<b>Figura 28.</b> Análise de cinzas dos chocolates PA e SA. ....	97
<b>Figura 29.</b> Tixotropia dos chocolates PA e SA. ....	99
<b>Figura 30.</b> Curva de temperagem dos chocolates PA e SA. ....	100
<b>Figura 31.</b> Curva de análise térmica do chocolate PA (com açúcar). ....	101
<b>Figura 32.</b> Curva de análise térmica do chocolate SA (sem açúcar). ....	102
<b>Figura 33.</b> Amostras de chocolate SA (sem açúcar) e PA (com açúcar) no final do período de 20 semanas. ....	114

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Substitutos de Sacarose utilizados em chocolates. ....	29
<b>Tabela 2.</b> Entalpia de dissolução dos polióis. ....	31
<b>Tabela 3.</b> Lista de ingredientes dos chocolates amargo. ....	46
<b>Tabela 4.</b> Lista de ingredientes dos chocolates ao leite. ....	47
<b>Tabela 5.</b> Perfil nutricional dos chocolates amargo com e sem sacarose. ....	48
<b>Tabela 6.</b> Perfil nutricional dos chocolates ao leite com e sem sacarose. ....	49
<b>Tabela 7.</b> Características de cor de chocolates amargos com e sem sacarose. ....	54
<b>Tabela 8.</b> Características de cor de chocolates ao leite com e sem açúcar. ....	55
<b>Tabela 9.</b> Dados de cor para diferença de coloração ( $\Delta E$ ) das amostras de chocolate amargo sem açúcar em relação ao padrão amargo com açúcar (A). ....	57
<b>Tabela 10.</b> Dados de cor para diferença de coloração ( $\Delta E$ ) das amostras de chocolate amargo sem açúcar em relação ao padrão ao leite com açúcar (E). ....	58
<b>Tabela 11.</b> Relação entre força de ruptura e dimensão de chocolate amargo com e sem açúcar. ....	58
<b>Tabela 12.</b> Relação entre força de ruptura e dimensão de chocolate ao leite com e sem açúcar. ....	59
<b>Tabela 13.</b> Propriedades calorimétricas de chocolates amargo com e sem açúcar. ....	63
<b>Tabela 14.</b> Propriedades calorimétricas de chocolates ao leite com e sem açúcar. ....	64
<b>Tabela 15.</b> Preços para chocolate amargo (US\$/kg). ....	66
<b>Tabela 16.</b> Preços para chocolate ao leite (US\$/kg). ....	66
<b>Tabela 17.</b> Formulações desenvolvidas para chocolate amargo 60% com e sem açúcar. ....	81
<b>Tabela 18.</b> Tamises utilizados na análise. ....	86
<b>Tabela 19.</b> Composição em ácidos graxos da fase gordurosa do líquido e da manteiga de cacau. ....	88
<b>Tabela 20.</b> Composição em triacilgliceróis do líquido e da manteiga de cacau. ....	89
<b>Tabela 21.</b> Valores reológicos das amostras PA (com açúcar) e SA (sem açúcar). ....	98
<b>Tabela 22.</b> Temperatura de fusão e entalpia das amostras de chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar). ....	101
<b>Tabela 23.</b> Atividade de água dos chocolates PA (sacarose) e SA (mistura comercial) durante o estudo de vida útil. ....	103
<b>Tabela 24.</b> Textura dos chocolates PA (sacarose) e SA (mistura comercial) durante o estudo de vida útil. ....	105

<b>Tabela 25.</b> Dados de cor para L* (Luminosidade) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil. ....	106
<b>Tabela 26.</b> Dados de cor para a* (verde-vermelho) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil. ....	108
<b>Tabela 27.</b> Dados de cor para b* (azul-amarelo) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil. ....	109
<b>Tabela 28.</b> Dados de cor para C* (Croma/Saturação) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil. ....	110
<b>Tabela 29.</b> Dados de cor para h° (Tonalidade) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil. ....	111
<b>Tabela 30.</b> Dados de cor para Índice de Brancura (Whiteness Index-WI) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil. ....	112
<b>Tabela 31.</b> Dados de cor para diferença de coloração ( $\Delta E$ ) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil. ....	113

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>17</b>
1.1 OBJETIVOS .....	17
<b>1.1.1 Objetivo geral.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>18</b>
1.2 JUSTIFICATIVA .....	18
<b>2. CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>19</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	22
2.2 MÉTODO .....	23
2.3 DISCUSSÃO .....	24
<b>2.3.1 Edulcorantes nutritivos.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.2 Edulcorantes não nutritivos.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.3 Fibras solúveis.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.4 Comparação entre os substitutos da Sacarose.....</b>	<b>28</b>
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
2.5 REFERÊNCIAS.....	33
<b>3. CAPÍTULO 2: CHOCOLATES COM E SEM SACAROSE: PROPRIEDADES FÍSICAS DE AMOSTRAS DO MERCADO BRASILEIRO.....</b>	<b>38</b>
RESUMO.....	39
ABSTRACT .....	40
3.1 INTRODUÇÃO .....	41
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	42
<b>3.2.1 Material .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.2 Métodos.....</b>	<b>50</b>
3.2.2.1 Colorimetria.....	50
3.2.2.2 Reologia.....	51
3.2.2.3 Textura.....	52
3.2.2.4 Análise Térmica.....	52
3.2.2.5 Análise de preço de venda .....	53
3.2.2.6 Análise estatística .....	53
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	54
<b>3.3.1 Análise de cor .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3.2 Análise de Textura.....</b>	<b>58</b>
<b>3.3.3 Análise reológica .....</b>	<b>60</b>
<b>3.3.4 Calorimetria .....</b>	<b>63</b>
<b>3.3.5 Análise de preço de mercado .....</b>	<b>65</b>
3.4 CONCLUSÃO .....	67
3.5 REFERÊNCIAS.....	68
<b>4. CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE AMARGO COM SUBSTITUIÇÃO DA SACAROSE POR MISTURA DE FIBRA COM EDULCORANTES.....</b>	<b>71</b>
RESUMO.....	72
ABSTRACT .....	73
4.1 INTRODUÇÃO .....	74
<b>4.1.1 Chocolate .....</b>	<b>74</b>

<b>4.1.2 Sacarose</b> .....	<b>74</b>
4.1.2.1 Funções do açúcar no chocolate .....	74
4.1.2.2 <i>Sugar Bloom</i> .....	74
<b>4.1.3 Mistura Comercial</b> .....	<b>75</b>
4.1.3.1 Fibra de Mandioca. ....	75
4.1.3.2 Maltitol .....	76
4.1.3.3 Sorbitol .....	76
4.1.3.4 Eritritol.....	77
4.1.3.5 Glicosídeo de esteviol.....	77
<b>4.1.4 Legislação</b> .....	<b>77</b>
<b>4.1.5 Propriedades físicas e físico-químicas do chocolate</b> .....	<b>78</b>
4.1.5.1 Atividade de água (aw).....	78
4.1.5.2 Textura.....	78
4.1.5.3 Viscosidade.....	78
<b>4.1.6 Gordura</b> .....	<b>79</b>
4.1.6.1 Cristalização da gordura .....	79
4.1.6.2 <i>Fat Bloom</i> .....	79
<b>4.1.7 Objetivo</b> .....	<b>79</b>
<b>4.2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>80</b>
<b>4.2.1 Materiais</b> .....	<b>80</b>
<b>4.2.2 Métodos</b> .....	<b>80</b>
4.2.2.1.1 <i>Colorimetria</i> .....	82
4.2.2.1.2 <i>Reologia</i> .....	82
4.2.2.1.3 <i>Textura</i> .....	82
4.2.2.3 <i>Análise Térmica</i> .....	83
4.2.2.4 <i>Composição Nutricional</i> .....	83
4.2.2.5 <i>Determinação da atividade de água</i> .....	85
4.2.2.6 <i>Microscopia Óptica</i> .....	85
4.2.2.7 <i>Granulometria</i> .....	85
4.2.2.8 <i>Determinação de triacilgliceróis</i> .....	87
4.2.2.9 <i>Determinação da curva de temperagem do chocolate</i> .....	87
4.2.2.10 <i>Determinação de pH</i> .....	87
4.2.2.11 <i>Análise estatística</i> .....	87
<b>4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>88</b>
<b>4.3.1 Extração e determinação do teor de lipídeos totais no líquido de cacau</b> .....	<b>88</b>
<b>4.3.2 Composição em ácidos graxos na fase gordurosa (manteiga de cacau) do líquido e da manteiga de cacau</b> .....	<b>88</b>
<b>4.3.3 Composição em triacilgliceróis calculada</b> .....	<b>89</b>
<b>4.3.4 Análise térmica da mistura comercial</b> .....	<b>89</b>
<b>4.3.5 Microestrutura da mistura comercial</b> .....	<b>90</b>
<b>4.3.6 Distribuição granulométrica do açúcar e da mistura comercial</b> .....	<b>91</b>
<b>4.3.7 Atividade de água do líquido de cacau</b> .....	<b>92</b>
<b>4.3.8 Chocolates Formulados</b> .....	<b>92</b>
4.3.8.1 <i>Nutricional</i> .....	92
4.3.8.1.3 <i>Proteínas</i> .....	94
4.3.8.1.4 <i>Lipídeos (Gorduras totais)</i> .....	94
4.3.8.1.5 <i>Glicídios (Açúcares totais)</i> .....	94
4.3.8.1.6 <i>Polióis totais (Maltitol, Sorbitol e Eritritol)</i> .....	95
4.3.8.1.7 <i>Fibra Total (Fibras alimentares)</i> .....	95
4.3.8.1.8 <i>Valor energético, Carboidratos e Sódio</i> .....	95

4.3.8.2 Umidade.....	96
4.3.8.4 Análise de pH .....	97
4.3.8.5 Reologia.....	98
4.3.8.6 Curva de Temperagem.....	100
4.3.8.7 Análise térmica do chocolate.....	101
4.3.8.8 Estudo de vida útil dos chocolates.....	103
4.3.8.8.1 Atividade de água (aw).....	103
4.3.8.8.2 Textura.....	104
4.3.8.8.3 Determinação de cor.....	106
<b>4.3.9 Briefing de caracterização de produto.....</b>	<b>114</b>
4.4 CONCLUSÃO.....	119
4.5 REFERÊNCIAS.....	120
<b>5. CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>125</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXO A – ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA MISTURA COMERCIAL .....</b>	<b>128</b>
<b>ANEXO B – ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA FIBRA DE TAPIOCA UTILIZADA NA MISTURA COMERCIAL .....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO C – LAUDO DO LÍQUOR DE CACAU .....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO D – LAUDO DA MANTEIGA DE CACAU .....</b>	<b>138</b>



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A sacarose é um ingrediente importante na formulação de chocolates, pois atua como agente de dulçor e contribui com a reologia do produto, entretanto, o consumo excessivo deste nutriente, pode trazer alguns efeitos negativos à saúde, como a tendência a obesidade e doenças cardiovasculares, além de seu alto índice glicêmico, que tem levado a população a buscar adoçantes alternativos que possam substituí-la. Uma opção é o uso de misturas de polióis e fibras solúveis, que demonstraram ter propriedades sensoriais semelhantes à sacarose e podem ser usadas para produzir chocolates de baixa caloria (Águilar-Villa *et al.*, 2020). Os polióis, também conhecidos como álcoois de açúcar, são comumente usados como adoçantes em produtos sem açúcar e têm um índice glicêmico mais baixo que a sacarose. As fibras solúveis podem ser usadas para substituir parte do açúcar em formulações de chocolate, além de melhorar sua textura e sensação na boca (Grembecka, 2016).

No entanto, a substituição da sacarose por polióis e fibras solúveis pode ter impacto nas propriedades reológicas do chocolate. A reologia refere-se ao estudo da deformação e do fluxo de materiais fluidos e é um fator importante na determinação da textura e das propriedades sensoriais do chocolate. Estudos demonstraram que a substituição da sacarose por polióis e fibras solúveis pode resultar em alterações na viscosidade, tensão de escoamento e propriedades tixotrópicas do chocolate, que podem afetar a textura e sensação na boca (Léon *et al.*, 2019).

Pesquisas recentes têm focado no desenvolvimento de novas formulações de chocolate usando esses adoçantes alternativos e avaliando seus impactos nas propriedades reológicas. Isso inclui estudar o efeito de diferentes misturas de poliol e fibras solúveis na textura e reologia do chocolate, bem como o impacto das condições de processamento na qualidade do chocolate (Zhang *et al.*, 2016; Selvasekaran e Chidambaram, 2021).

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo geral

Este estudo teve como objetivo avaliar através de uma abordagem teórico-prática os efeitos físico-químicos, reológicos e nutricionais da substituição da sacarose em chocolates por diferentes edulcorantes e fibras.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos de cada etapa estão descritos abaixo:

- Analisar alternativas para a substituição da sacarose em chocolates por meio de uma revisão da literatura a partir de 2015;
- Realizar comparações das propriedades de cor, reologia, calorimetria (DSC) e textura entre 9 amostras de chocolates de mercado elaborados com e sem sacarose, dos tipos amargo e ao leite;
- Desenvolver duas formulações de chocolate amargo, uma com sacarose (PA-Padrão) e outra com a substituição da sacarose por mistura comercial de edulcorantes e fibra (SA-Sem Açúcar) e compará-las avaliando características físico-químicas, térmicas, reológicas e nutricionais.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O Brasil ocupa a sétima posição global na produção de cacau, sendo os estados do Pará e da Bahia os principais produtores de amêndoa de cacau no país, responsáveis por aproximadamente, 96 % de toda a produção nacional (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2022). O crescimento do mercado de exportação de chocolates brasileiros vem aumentando e ganhando importância na balança comercial. Conforme dados da Associação Nacional das Indústrias Processadoras de Cacau (AIPC), em 2021, o país exportou 33.521 toneladas de chocolate e 54.756 toneladas de subprodutos do cacau, resultando em uma contribuição de 226 milhões de dólares para a economia brasileira (Agência Brasil, 2022). De acordo com dados da ApexBrasil, em 2022, houve um crescimento na exportação de chocolates de 12,7% em relação ano anterior. Já em 2023, o Brasil exportou 17,5 mil toneladas do produto apenas no primeiro trimestre, obtendo um faturamento de US\$ 71,8 milhões (DC Logistics Brasil, 2024).

As comprovações científicas de que o consumo em excesso de açúcar pode contribuir para o ganho de peso, bem como contribuir para o desenvolvimento ou agravamento de doenças como obesidade, diabetes, câncer, dislipidemias e aterosclerose, têm feito os consumidores buscarem cada vez mais produtos reduzidos em açúcar (Colucci *et al.*, 2011; Levy *et al.*, 2012).

Tendo em vista o movimento de saudabilidade que vêm ganhando força nos últimos anos, é considerável a importância do desenvolvimento de novas formulações e tecnologias alimentares que atendam não apenas a demanda do consumidor, mas também aos padrões de qualidade para este alimento.

## **2. CAPÍTULO 1**

# **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

## RESUMO

A fabricação do chocolate envolve a mistura de derivados do cacau (*Theobroma cacao* L.) com outros ingredientes, garantindo uma composição contendo ao menos 25% (g/100 g) de sólidos provenientes do cacau. Este alimento possui, além do elevado teor de gordura, um elevado teor de açúcar, resultando em alta quantidade calórica. Além dos riscos associados a saúde bucal, como indução às cáries, pesquisas sugerem que o consumo excessivo desse nutriente não é recomendado, podendo estar relacionado ao acréscimo da incidência de obesidade e ao surgimento de doenças crônicas não transmissíveis, tais como diabetes, câncer, dislipidemias e aterosclerose. Produtos alimentares destinados a fins especiais (*diet*) são aqueles que passam por alterações em sua composição nutricional, sendo adequados para uso em dietas específicas, como é o caso do chocolate sem açúcar. O termo *light* é usado para destacar que um alimento de consumo geral foi reduzido em valor energético ou em algum nutriente, como por exemplo o açúcar, em comparação com outro. A microestrutura do chocolate está relacionada ao seu comportamento reológico. A qualidade da textura e a estabilidade térmica do chocolate são muito impactadas pelos cristais de açúcar e gordura presentes na composição. Portanto, é essencial realizar uma avaliação minuciosa e aprofundada ao substituir esses componentes. O propósito desta revisão foi explorar e identificar alternativas para substituir a sacarose em chocolates, com base em estudos a partir de 2015. A literatura revisada destaca diversos substitutos de açúcar, como polióis (edulcorantes nutritivos) e edulcorantes não-nutritivos como stevia e sucralose. Também são mencionados os agentes de corpo mais comuns, como as fibras polidextrose e inulina. Entre todas as opções, pesquisas indicam que a combinação de maltitol e polidextrose seria a mais eficaz em termos de qualidade e economia para substituir o açúcar em chocolates.

**Palavras-chave:** Cacau; Alimentos para fins especiais; Microestrutura; Diabetes; Obesidade.

## ABSTRACT

The production of chocolate involves the blending of cocoa derivatives (*Theobroma cacao* L.) with other ingredients, ensuring a composition with at least 25% (g/100 g) of cocoa solids. This food item has, in addition to its high fat content, a high sugar content, resulting in a high calorie count. In addition to oral health risks, such as the potential for inducing cavities, researches suggests that excessive consumption of this nutrient is not recommended and may be associated with an increased obesity index and the development of non-communicable chronic diseases, including diabetes, cancer, dyslipidemia, and atherosclerosis. Food products intended for special purposes (diet) undergo alterations in their nutritional composition and are suitable for specific dietary uses, as seen in the case of sugar-free chocolate. The term "light" is used to highlight that a widely consumed food has been reduced in energy value or in some nutrient, such as sugar, compared to another. The chocolate's microstructure is related to its rheological behavior. The quality of texture and thermal stability of chocolate is significantly influenced by the sugar and fat crystals present in its composition. Therefore, a thorough and in-depth evaluation is essential when substituting these components. The purpose of this review was to explore and identify alternatives to replace sucrose in chocolates, based on studies from 2015 onward. The reviewed literature highlights various sugar substitutes, including polyols (nutritive sweeteners) and non-nutritive sweeteners such as stevia and sucralose. Common bulk agents, such as polydextrose and inulin, are also mentioned. Among all options, researches indicates that the combination of maltitol and polydextrose would be the most effective in terms of quality and cost for replacing sugar in chocolates.

**Keywords:** Cocoa; Food for special purposes; Microstructure; Diabetes; Obesity.

## 2.1 INTRODUÇÃO

O chocolate é um produto de consistência semi-sólida, mantendo-se sólido em condições de temperatura ambiente e fundindo-se quando colocado na boca (temperatura corporal). Sua composição inclui partículas finas de cacau, açúcar e leite em pó (no caso do chocolate ao leite), dispersas em uma fase lipídica composta por manteiga de cacau ou um substituto.

A composição do chocolate pode variar entre países. Esta diferença se dá devido às variações no clima, nos ambientes sociais e culturais, e nas legislações que regem a porcentagem de cacau e sólidos do leite, bem como a quantidade e o tipo de gordura vegetal permitidos (Merlino *et al.*, 2021; Melo *et al.*, 2020).

Atualmente, a crescente busca da população por opções alimentares mais saudáveis, juntamente com a preocupação em relação aos hábitos alimentares, tem impulsionado a procura por alimentos com menor quantidade de açúcar, o que vem aumentando a demanda por chocolates sem sacarose. Entretanto, essa matéria-prima contribui para a estabilidade do chocolate, de modo que sua redução pode causar alteração na textura, viscosidade, limite de fluidez e estrutura do produto, levando à necessidade de substitutos capazes de suprir, não apenas o dulçor mas o potencial reológico da sacarose no chocolate (Verde *et al.*, 2022).

Conforme indicado na literatura, os substitutos de açúcar não são utilizados apenas para conferir dulçor, eles desempenham funções relacionadas a corpo, textura, intensificação do sabor doce e como prebióticos. Dentre os principais substitutos de açúcar em chocolates, podem ser mencionados: inulina, polidextrose, sucralose, isomalte, lactitol, stevia, eritritol, sorbitol, xilitol e maltitol (Aguilar-Villa *et al.*, 2020; Verde *et al.*, 2022; Rad e Pirouzian, 2021; Gómez-Fernández *et al.*, 2021).

## 2.2 MÉTODO

A pesquisa foi conduzida com base na literatura da área, consultando diversas fontes, incluindo *Web of Science*, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Pubmed, Springer, IOPscience, PubChem, e na base de dados de Ciências da Saúde do Caribe (Lilacs). Utilizou-se as seguintes palavras-chave na pesquisa: Inulina e Polidextrose, Edulcorantes não Nutritivos, Edulcorantes Nutritivos, Sacarose, Dissacarídeos, Açúcares Adicionados, Monossacarídeos, Microestrutura de Chocolate, Chocolate *Light*, Chocolate *Diet*, Cacau, Doenças Crônicas não Transmissíveis, Substitutos de Sacarose, Chocolate sem Açúcar, Alimentos para fins especiais. Também utilizou-se os termos correspondentes em inglês. A seleção de artigos para inclusão seguiu critérios que abrangiam trabalhos nos idiomas português e inglês, datados a partir de 2015, e que abordavam substitutos de sacarose utilizados em chocolates.

## 2.3 DISCUSSÃO

O chocolate é o principal e mais conhecido produto obtido a partir do fruto do cacau. Antes de ser transformado em chocolate, o fruto passa por um processo de fermentação, secagem, torrefação e moagem, a fim de adquirir características sensoriais mais complexas, que são preferidas pelos consumidores, em relação ao cacau *in natura*. O nibs de cacau consiste nas sementes fermentadas, secas, torradas e quebradas, obtidas da árvore tropical *Theobroma cacao* pertencente à família Malvaceae (Mcclure, Hopfer e Grün, 2022)..

O cacau é um alimento de grande importância, com um consumo mundial que chegou a cerca de 4,6 milhões de toneladas em 2018, apresentando uma elevação percentual na demanda de 3,9 % em comparação com o ano de 2017 (Barchart, 2019 *apud* Mcclure, Hopfer e Grün, 2022). O chocolate, apreciado globalmente, contém polifenóis, e é adoçado para suavizar a amargura e adstringência naturais do cacau. Além de possuir uma estrutura que se dissolve na boca, por conta da presença da manteiga de cacau, composta por ácidos graxos únicos, com pontos de fusão semelhantes à temperatura corporal (~36 °C). Os flavonoides, metilxantinas presentes no cacau, são os responsáveis pelo desenvolvimento do sabor característico do chocolate, além dos compostos oriundos da reação de Maillard (Mcclure, Hopfer e Grün, 2022).

Classificado como um produto semi-sólido, o chocolate é composto por partículas de cacau, leite em pó e sacarose, que são dispersas em uma fase lipídica contínua. Quando em temperatura mais elevada, como a da boca, a fase lipídica se funde, e as partículas de sacarose se dissolvem na saliva. As interações de partículas, principalmente forças de Van der Waals e pontes de hidrogênio, são induzidas por partículas sólidas em termos de distância partícula-partícula no chocolate. Qualquer mudança na fase lipídica ou nas partículas dispersas, pode alterar as propriedades reológicas e microestruturais da matriz de chocolate (Fibrianto *et al.*, 2021; Shen *et al.*, 2023).

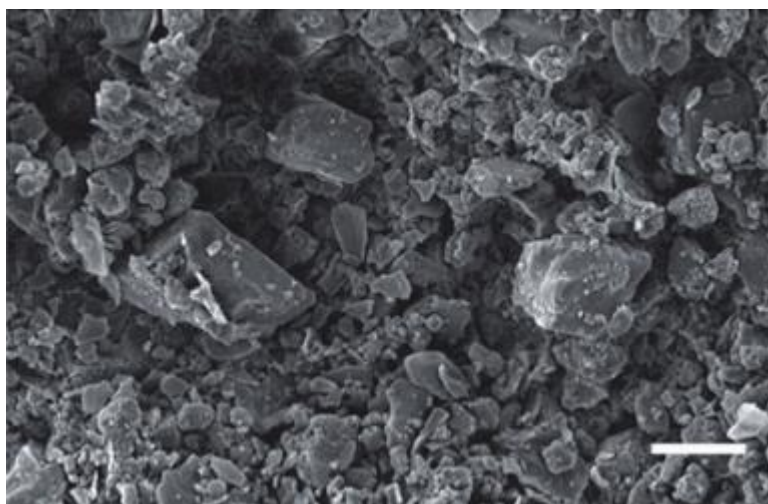
Ao desenvolver um chocolate ao leite, a textura é considerada satisfatória quando há uma distribuição bimodal de partículas, sendo predominantes aquelas com tamanhos de até 25 µm (Lannes, 2017). Já no chocolate amargo, o tamanho ideal das partículas é inferior a 35 µm, embora esses valores possam apresentar variações, conforme a composição e o processo de produção específicos. A distribuição do tamanho das partículas desempenha um papel fundamental na determinação do comportamento reológico do chocolate. Cerca de 40–50 % das partículas sólidas do chocolate são compostas por açúcar, desempenhando papéis cruciais na determinação do dulçor, distribuição de tamanho de partículas, propriedades reológicas e características sensoriais. Além disso, atua como agente de corpo e fonte de energia (Sarfarazi



e Mohebbi, 2020; Shen *et al.*, 2023).

A microestrutura de um chocolate ao leite (desengordurado) é apresentada na Figura 1, evidenciando os cristais de açúcar envoltos por partículas de sólidos de cacau e leite. É importante ressaltar que essa organização estrutural pode variar dependendo do tipo específico de chocolate.

**Figura 1.** Estrutura interna de um chocolate ao leite onde a fase gordurosa foi removida com éter de petróleo. Tamanho bar = 20  $\mu\text{m}$ .



**Fonte:** Rousseau, 2016 *apud* Costa e Lannes (2022).

Apesar de conter quantidades significativas de gordura e açúcar, o chocolate é uma fonte rica em antioxidantes, especialmente flavonoides. Recentemente, os chocolates sem sacarose têm ganhado popularidade entre os consumidores devido à redução de calorias, por não serem cariogênicos e possuírem baixo índice glicêmico (Sarfarazi e Mohebbi, 2020).

A Resolução da Diretoria Colegiada RDC n° 715, de 1 de julho de 2022, da Anvisa, estabelece que produtos destinados a dietas com restrição de nutrientes, como gorduras, proteínas e açúcares, são considerados alimentos para fins especiais. Portanto, produtos *diet* são aqueles isentos de algum nutriente específico (Brasil, 2022; Zanuzzo e Friedrich, 2020).

A sacarose contribui para a estabilidade do chocolate. Deste modo, quando se realiza uma redução deste componente, pode-se observar alterações na textura, viscosidade, limite de fluidez e estrutura do produto. Por este motivo, é necessário a avaliação de substitutos capazes de suprir, não apenas o dulçor mas o potencial reológico da sacarose no chocolate (Verde *et al.*, 2022). A escolha do edulcorante se caracteriza pelo poder adoçante, ausência de sabor residual, não-cariogenicidade, preço atrativo, termoestabilidade e baixo teor calórico (Gupta, 2018).

Os edulcorantes são ingredientes utilizados para conferir dulçor aos alimentos.

Edulcorantes nutritivos exercem o papel de adoçantes de corpo, proporcionando não apenas doçura, mas também textura aos alimentos. Esses incluem carboidratos como sacarose, frutose e glicose, além de polióis, que se subdividem em derivados de monossacarídeos (sorbitol, manitol, xilitol, eritritol) e derivados de dissacarídeos (isomaltitol, lactitol, maltitol, tagatose, trelose). Por outro lado, os edulcorantes não-nutritivos oferecem apenas doçura, sem exercer outra função tecnológica significativa no produto final. Eles são usados em quantidades mínimas, sendo pouco calóricos ou efetivamente não calóricos, e incluem acesulfame-K, sucralose, ciclamato, sacarina, aspartame, stevia, alitame e advantame (Lima *et al.*, 2017).

As fibras alimentares são compostas principalmente por carboidratos de estruturas complexas que não são quebrados pelo organismo humano. As fibras solúveis, como povidexose e inulina, são reconhecidas por suas propriedades prebióticas, contribuindo para a redução da resposta glicêmica e dos níveis de colesterol (Zamarchi, Moleta e Macagnan, 2021).

### **2.3.1 Edulcorantes nutritivos**

Os polióis, são edulcorantes derivados de sacarídeos, amplamente reconhecidos na indústria alimentícia. Estes edulcorantes se enquadram em duas categorias: monossacarídeos, como sorbitol, manitol, xilitol e eritritol, e dissacarídeos, incluindo isomalte, maltitol, lactitol, tagatose e trelose (Shankar *et. al.*, 2013 *apud* Lima *et al.*, 2017).

Maltitol e xilitol são álcoois de açúcar (polióis) que atuam como adoçantes naturais, sendo comumente empregados para substituir a sacarose em alimentos, proporcionando baixo teor calórico. Suas capacidades de dulçor variam de 80 % a 95 % quando comparadas à sacarose (Rad e Pirouzian, 2021). O maltitol, obtido através da maltose hidrogenada, apresenta características como não-higroscopicidade, termoestabilidade e proporciona uma sensação refrescante. Além de ser não-cariogênico. Enquanto o xilitol é intrínscico ao metabolismo humano, sendo produzido em quantidades que variam de 5 a 15 g por dia. Sendo fabricado industrialmente por meio da hidrogenação da xilose ou pela conversão enzimática da glicose. Este composto não apresenta propriedades higroscópicas, não é cariogênico e proporciona uma sensação de resfriamento na boca (Gupta, 2018).

O manitol é obtido por meio de hidrogenação catalítica a partir do açúcar invertido, resultando em sorbitol e manitol. Durante o processo, o manitol é separado. Embora tenha um poder adoçante próximo ao do sorbitol, o manitol possui um forte efeito laxativo, tornando-o inadequado para uso em chocolates (Awuchi e Echeta, 2019).

O isomalte é obtido por meio da conversão enzimática da sacarose em isomaltulose, seguida por hidrogenação. Este poliol não apresenta propriedades higroscópicas, possui um poder adoçante equivalente a aproximadamente 55 % do açúcar comum e exibe baixo índice glicêmico, caracterizando-se também como não cariogênico. Por outro lado, o lactitol é derivado da lactose hidrogenada, com dulçor relativo a 40 % do açúcar comum, além de apresentar índice glicêmico reduzidos e propriedades não cariogênicas (Grembecka, 2015; Gómez-Fernández *et al.*, 2021).

O sorbitol é obtido da glicose hidrogenada e é distintivo por sua característica sensorial de refrescância e derretimento na boca, tendo em torno de 60 % de dulçor em relação a sacarose, possui baixo potencial cariogênico, entretanto, possui efeito laxativo (Awuchi e Echeta, 2019).

O eritritol é encontrado em frutas e vegetais. Na produção industrial, é obtido por meio da fermentação da glicose. Este composto tem dulçor de quase 70 % em comparação com a sacarose. É amplamente utilizado como adoçante em alimentos com baixo teor calórico como doces ou produtos de panificação (Regnat, 2017).

### **2.3.2 Edulcorantes não nutritivos**

Dentre as pesquisas realizadas, observou-se que no âmbito dos edulcorantes não nutritivos, a stevia e a sucralose, são os mais utilizados para a substituição da sacarose em chocolates *diet*.

Stevia é um glicosídeo proveniente da espécie *Stevia rebaudiana* B., sendo um substituto de baixa caloria (não nutritivo) de sacarose em alimentos (Furlán e Campderrós, 2017). A stevia possui um dulçor por volta de 300 % em comparação ao açúcar de mesa (Aidoo *et al.*, 2015).

A sucralose é fabricado pela substituição seletiva de átomos de cloro por grupos hidroxila em um núcleo de sacarose. Apresentando um perfil de sabor altamente próximo ao da sacarose, a sucralose não deixa sabor residual. Destaca-se por sua intensidade, sendo aproximadamente 600 vezes mais doce que o açúcar convencional (Furlán e Campderrós, 2017).

### **2.3.3 Fibras solúveis**

A inulina é extraída pelo ressecamento da raiz de uma variedade de chicória, a *Cichorium intybus* L. Este polissacarídeo atua como uma fibra com propriedades prebióticas,

sendo classificado como fibra dietética de baixa caloria, o que permite seu consumo por pessoas com diabetes. No entanto, é importante notar que a inulina apresenta propriedades cariogênicas (Furlán e Campderrós, 2017; Shoiab *et al.*, 2016).

Por outro lado, a polidextrose é constituída por glicose e sorbitol em menor quantidade. É levemente adocicada e pode ser empregada em conjunto com polióis na fabricação de chocolates sem adição de açúcar. Ao se dissolver em água, desencadeia uma reação exotérmica, criando uma "sensação de aquecimento" quando entra em contato com a saliva. Essa propriedade é utilizada para equilibrar a "sensação de resfriamento" causada por polióis em chocolates. Adicionalmente, a polidextrose pode funcionar como agente de corpo, conferindo ao chocolate propriedades reológicas favoráveis (Aidoo *et al.*, 2015).

A substituição de sacarose por inulina e polidextrose em chocolates amargos sem açúcar afeta a qualidade do produto. Geralmente, os chocolates sem açúcar mostram propriedades de fluxo e derretimento semelhantes aos chocolates contendo 48 % de sacarose. A substituição da sacarose pelas fibras inulina e polidextrose resulta em viscosidade significativamente maior. Os chocolates sem açúcar apresentaram, assim, propriedades reológicas, derretimento, cor e propriedades mecânicas satisfatoriamente semelhantes (Aidoo *et al.*, 2015).

### **2.3.4 Comparação entre os substitutos da Sacarose**

Analisando a Tabela 1, é evidente que xilitol, maltitol e eritritol são os substitutos mais próximos em termos de doçura quando comparados à sacarose, apresentando 95 %, 80 % e 70 % de doçura, respectivamente. Já a stevia e a sucralose superam a doçura da sacarose, com a stevia sendo de 200 a 300 vezes mais doce, e a sucralose, 600 vezes mais doce que a sacarose. No entanto, é crucial observar que, apesar dessa vantagem, a stevia e a sucralose têm um custo consideravelmente mais elevado em comparação com a sacarose e outros adoçantes mencionados.

**Tabela 1.** Substitutos de Sacarose utilizados em chocolates.

<b>Adoçantes/ Edulcorantes</b>	<b>Massa molecular (g/mol)</b>	<b>Dulçor comparado à Sacarose (%)</b>	<b>Valor calórico (kcal/g)</b>	<b>Ponto de fusão (°C)</b>	<b>Solubilidade (%) a 20 - 25 °C</b>	<b>Higroscopia</b>	<b>Referência</b>
Sorbitol	182,17	60	2,5	97,2	26	Altamente higroscópico	Mooradian <i>et al.</i> (2017)
Xilitol	152,15	95	2,4	94	36	Não higroscópico	Rad e Pirouzian (2021) e Gupta (2018)
Maltitol	344,31	80	2,1	130-135	19	Não higroscópico	Rad e Pirouzian (2021) e Gupta (2018)
Eritritol	122,12	70	0,2	121	43	Não higroscópico	Grembecka (2015)
Isomalte	344,31	55	2	145-150	9	Não higroscópico	Grembecka (2015)
Lactitol	344,31	40	2	146	14	Pouco higroscópico	Mooradian <i>et al.</i> (2017) e Gómez- Fernández <i>et al.</i> (2021)
Stevia	804,9	200-300 x	0	198	0,125	Altamente higroscópica	Goyal <i>et al.</i> (2010) e NCBI (2022)
Sucralose	397,35	600 x	0	130	28	Não higroscópica	Glória (2003) e Ribeiro <i>et al.</i> (2020)
Inulina	160	35	1,5	50-100	10	Higroscópico	Haully <i>et al.</i> (2002) e Shoiab <i>et al.</i> (2016)
Polidextrose	162-5000	N/A	1	130	80	Altamente higroscópico	Veena <i>et al.</i> (2015)

**Fonte:** Selvasekaran, P. e Chidambaram, R. (2021) *apud* Costa e Lannes (2022). Adaptado (2023).

A povidextrose é uma fibra solúvel que também pode ser considerada prebiótica, que gera resultados fisiológicos como elevação do volume fecal, suavização das fezes, diminuição do pH fecal, ampliação de ácidos graxos de cadeia curta e redução de substâncias cancerígenas no cólon. Seu emprego viabiliza melhorias nutricionais em chocolates sem prejudicar o paladar e a consistência, além de funcionar como agente umectante, retardando alterações indesejáveis na umidade (Nagaraj *et al.*, 2016).

Aidoo *et al.* (2015), investigaram os impactos das fibras inulina e povidextrose como substitutos do açúcar no chocolate. Eles observaram que, quanto mais elevada a concentração de inulina e menor a concentração de povidextrose, tinha-se aumento na viscosidade plástica de Casson, e a tensão inicial de cisalhamento de Casson reduzia.

Pirouzian (2021) avaliou o emprego de maltitol e xilitol como substâncias estruturais em chocolate com leite. A composição ideal consistiu em 85,58 % de maltitol e 14,42 % de xilitol, gerando um chocolate com qualidade e características similares ao convencional com sacarose. Ele determinou que concentrações elevadas de maltitol atendem às expectativas dos consumidores em relação a doçura, textura e qualidade.

Com base na análise de Nur *et al.* (2021), a adição da mistura de inulina e sorbitol em chocolate amargo resultou em melhorias no teor de proteína e gordura, enquanto apresentou menor teor de umidade em comparação com chocolates tradicionais contendo sacarose. Por outro lado, a incorporação de inulina e eritritol em chocolates com leite resultou em aumento dos níveis de proteína e gordura, mas reduziu a quantidade de carboidratos em comparação com o chocolate convencional.

Saboohi *et al.* (2020) investigaram os impactos do emprego de isomalte e stévia no desenvolvimento de chocolate ao leite. A elevação nas proporções desses componentes não acarretou efeito significativo no comportamento lipídico, atividade de água, acidez e índices de cor, mas influenciou na umidade, cinzas e valor calórico. O acréscimo de isomalte e stévia resultou em redução de rigidez e calorias, enquanto houve aumento de umidade, cinzas e atividade de água.

Estudos analisaram as características de chocolates elaborados com combinações de diferentes edulcorantes e povidextrose, as quais demonstraram excelentes propriedades reológicas. A análise sensorial revelou que as formulações examinadas não apresentaram diferenças significativas entre si, com 95 % de confiança, em relação à intensidade do aroma, firmeza, derretimento na boca e sabor (Veena, Nath e Arora, 2016).

A alta capacidade de absorver umidade demanda precauções durante a manipulação e produção do chocolate, pois o excesso de umidade pode afetar negativamente as propriedades

reológicas, influenciando negativamente na qualidade do produto (Verde *et al.*, 2022).

Todos os polióis compartilham a característica de ter uma entalpia de dissolução negativa (conforme Tabela 2), o que resulta numa sensação de refrescância na boca. Esse efeito de resfriamento é influenciado pelo calor da solução, a solubilidade na boca e o tamanho das partículas. Partículas menores se dissolvem mais facilmente, contribuindo para a sensação de resfriamento. Os polióis, eritritol e xilitol destacam-se por possuírem maior potencial de resfriamento na boca devido à suas baixas entalpias de dissolução. No entanto, ao empregar polióis como isomalte, lactitol e maltitol em produtos alimentícios, observa-se uma redução no efeito de resfriamento (Selvasekaran e Chidambaram, 2021).

**Tabela 2.** Entalpia de dissolução dos polióis.

<b>Polióis</b>	<b>Entalpia de dissolução (cal/g)</b>
Eritritol	-43
Xilitol	-36
Sorbitol	-26
Maltitol	-19
Lactitol	-14
Isomalte	-9

**Fonte:** Selvasekaran, P. e Chidambaram, R. (2021) *apud* Costa e Lannes (2022). Adaptado.

De acordo com a legislação brasileira, os polióis não são classificados como açúcares adicionados e não são incluídos no cálculo dos açúcares totais. Portanto, chocolates que substituem completamente a sacarose por polióis estão isentos da obrigação de incluir a rotulagem frontal de "açúcares adicionados". Além disso, certas alegações relacionadas à ausência ou redução de açúcar são permitidas, conforme estabelecido na legislação (Brasil, 2020; Brasil\*, 2020)

Segundo Iglesia (2020), um documento publicado pela *Food Ingredients*, menciona que o maltitol pode ser empregado para substituir totalmente o açúcar em chocolates (quando o açúcar representa até 50 % da composição), resultando em uma diminuição de cerca de 12–15 % nas calorias. Além disso, o maltitol também pode ser combinado com fibras solúveis como polidextrose ou inulina, proporcionando uma redução de 23 % nas calorias. Em seu estudo, Iglesia (2020) examinou 22 embalagens de chocolates *diet*, e constatou que 100 % das amostras estudadas declaravam conter maltitol em sua composição, e destas, 86 % declaravam além do maltitol a presença de polidextrose.

A seleção de um edulcorante para substituir o tradicional açúcar do chocolate depende consideravelmente dos objetivos de quem o desenvolve. Se deseja desenvolver um chocolate dietético ou *light*, de baixo índice calórico, a um preço acessível ou mais elevado (dependendo do público-alvo), se há a intenção de mascarar algum sabor residual ou transformar o chocolate em um alimento prebiótico. Além disso, a avaliação do custo da utilização de cada um dos edulcorantes ou fibras nas função de espessante, como a polidextrose ou a inulina, desempenha um papel crucial nessa decisão.



## 2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações apresentadas, conclui-se que embora os edulcorantes mencionados possam ser empregados como substitutos do açúcar em chocolates, alguns demonstram melhores resultados que outros, tanto em relação à doçura quanto à reologia do produto final. Apesar de a sucralose e a stevia apresentarem um nível de doçura mais elevado, seus preços são superiores aos de outros edulcorantes, incluindo a sacarose, enquanto os polióis têm preços mais acessíveis. Se a intenção é formular um chocolate *diet* com boas características físico-químicas, reológicas e sensoriais a um custo mais acessível, as alternativas mais viáveis se restringem principalmente aos polióis. Entretanto, entre os polióis, alguns podem ser mais adequados para atender aos objetivos do desenvolvedor. Por exemplo, o xilitol e o eritritol destacam-se pela notável capacidade de proporcionar uma sensação de frescor na boca, atribuída às suas propriedades de solubilidade e entalpia de dissolução, tornando a substituição com maltitol, isomalte e lactitol geralmente preferível. Dentro dessas opções, o maltitol sobressai pela sua proximidade de doçura com a sacarose. No entanto, é pouco provável que um poliol isolado consiga desempenhar todas as funções que o açúcar desempenharia em chocolates. Deste modo, é recomendado o uso de um agente de corpo, como uma fibra solúvel, para realizar a substituição de maneira mais eficaz. Além disso, as fibras solúveis também contribuem para espessamento dos chocolates, a polidextrose, especificamente, gera um aquecimento na boca devido à reação exotérmica durante a dissolução, compensando a sensação de frescor induzida pelos polióis e pode ser uma boa opção para a substituição em conjunto com o maltitol.

## 2.5 REFERÊNCIAS

AGUILAR-VILLA, C.; ACOSTA-OTÁLVARO, E.V.; RODRÍGUEZ-SANDOVAL, E.; MAZO-RIVAS, J.C. Sucrose-free milk chocolate manufacture using bulking agents and a non-caloric sweetener. **Food Science and Technology**, v.40(1), p. 62–67. 2020. <https://doi.org/10.1590/fst.32418>

AIDOO, R. P.; AFOAKWA, E. O.; DEWETTINCK, K. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62(1), p. 592–597. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.043>

AWUCHI, C. G.; ECHETA, C. K. Current Developments in Sugar Alcohols: Chemistry, Nutrition, and Health Concerns of Sorbitol, Xylitol, Glycerol, Arabitol, Inositol, Maltitol, and Lactitol. **International Journal of Advanced Academic Research**, v. 5, 2019. ISSN: 2488-9849

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 195, p. 106, 09 out. 2020.

BRASIL. Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 195, p. 113, 09 out. 2020.\*

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegia nº 715, de 1 de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários do sal hipossódico, dos alimentos para controle de peso, dos alimentos para dietas com restrição de nutrientes e dos alimentos para dietas de ingestão controlada de açúcares. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 126, p. 186–188, 06 jul. 2022.

FIBRIANTO, K.; AZHAR, L. O. M. F.; WIDYOTOMO, S.; HARIJONO, H. Effect of cocoa bean origin and conching time on the physicochemical and microstructural properties of Indonesian dark chocolate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, p. 1–14, 2021. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.24919>

FURLÁN, L. T. R.; CAMPDERRÓS, M. E. The combined effects of Stevia and sucralose as sugar substitute and inulin as fat mimetic on the physicochemical properties of sugar-free reduced-fat dairy dessert. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 10, p.16–23. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.09.002>

GÓMEZ-FERNÁNDEZ, A. R.; FACINETTO-BELTRÁN, P.; OROZCO-SÁNCHEZ, N. E.; PÉREZ-CARRILLO, E.; MARÍN-OBISPO, L. M.; HERNÁNDEZ-BRENES, C.; SANTACRUZ, A.; JACOBO-VELÁZQUEZ, D. A. Sugar-free milk chocolate as a carrier of Omega-3 polyunsaturated fatty acids and probiotics: a potential functional food for the diabetic population. *Foods*, v. 10(8), 1866, 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10081866>

GUPTA, M. Sugar Substitutes: Mechanism, Availability, Current Use and Safety Concerns- An Update. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, v. 6. p.1888–1894. 2018. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2018.336>

IBEIRO, T. R.; PIROLLA, N. F. F.; NASCIMENTO-JUNIOR, N. M. Adoçantes artificiais e naturais: propriedades químicas e biológicas, processos de produção e potenciais efeitos nocivos. *Revista Virtual de Química*, v. 12(5), p. 1278–1318, 2020. ISSN 1984-6835

IGLESIA, V. P. A. Avaliação descritiva de chocolates com redução de açúcares. 7º Simpósio de Segurança Alimentar: **Inovação com Sustentabilidade**. São Paulo, 2020.

ICCO. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, vol. XLIX, no.1, 2023. Disponível em: <https://www.icco.org/february-2023-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>. Acesso em: 07 de set. 2023.

LANNES, S. C. S. *Chocolate and its products: health approach*. **Food Security and Wellness**, New York, Springer p. 175–194. 2017.

LIMA, W. M.; AZEVEDO, S.; SILVA, C.; SOUZA, I.; PEREIRA, W. P.; SOUZA, A. N.; FERREIRA, F. P. Edulcorantes nutritivos e não-nutritivos. *Revista de Trabalhos Acadêmicos – Universo Campos dos Goytacazes*, v. 6(2), 2016.

MCCLURE, A. P.; HOPFER, H.; GRÜN, I, U. Optimizing consumer acceptability of 100% chocolate through roasting treatments and effects on bitterness and other important sensory characteristics. *Current Research in Food Science*, v. 5, p. 167–174, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.005>

MELO, C. W. B.; BANDEIRA, M. J.; MACIEL, L. F.; BISPO, E. S.; SOUZA, C. O.; SOARES, S. E. Chemical composition and fatty acids profile of chocolates produced with different cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivars. *Food Science and Technology*, v. 40(2), p.326–333, 2020. <https://doi.org/10.1590/fst.43018>

MERLINO, V. M.; MOTA-GUTIÉRREZ, J.; BORRA, D.; BRUN, F., COCOLIN, L. BLANC, S.; MASSAGLIA, S. Chocolate culture: Preferences, emotional implications and awareness of Italian consumers. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 25, p.1–10, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100374>

MOORADIAN, A. D., SMITH, M., & TOKUDA, M. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 18, p. 1–8, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2017.01.004>

NAGARAJ, V.; NATH, B. S.; ARORA, S. Polydextrose as a functional ingredient and its food applications: a review. **Indian Journal of Dairy Science**, v. 69(3), p. 239–251, 2016.

NCBI National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 442089, Stevioside. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Stevioside>. Acesso em: 21 de jan. 2022.

NUR, M.; SURYATIANI, D. R.; DEWI, R. L.; SARI, A. B. T. The effect of bulking agent and type of chocolate on the physicochemical characteristics of sucrose-free chocolate using stevia as a sweetener. IOP Conf. Series: **Earth and Environmental Science**, v. 733, p. 1–7, 2021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012102>

PIROUZIAN, H. R. Using maltitol and xylitol as alternative bulking agents in milk chocolate: modelling approach. **Journal of Food Science and Technology**, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05268-12021>

RAD, A. H.; PIROUZIAN, H. R. Optimization of prebiotic sucrose-free milk chocolate formulation by mixture design. **Journal of Food Science and Technology**, p. 244–254, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04536-w>

REGNAT, K.; MACH, R. L., MACH-AIGNER, A. R. (2017). Erythritol as sweetener—wherefrom and where to? **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102(2), p. 587–595. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8654-1>

ROUSSEAU, D. Microstructural imaging of chocolate confectionery. **Imaging Technologies and Data Processing for Food Engineers**, p. 311–333, 2016. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24735-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24735-9_10)

SABOOHI, M. R.; BERENJY, S.; NATEGHI, L. Study of effects of using stevia and isomalt sweetener to produce low calorie milk chocolate. **FSCT**, v. 17(99), p. 31–44, 2020. <https://doi.org/10.29252/fsct.17.02.03>

SARFARAZI, M.; MOHEBBI, M. An investigation into the crystalline structure, and the rheological, thermal, textural and sensory properties of sugar-free milk chocolate: effect of inulin and maltodextrin. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 14, p. 1568–1581, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00405-4>

SELVASEKARAN, P.; CHIDAMBARAM, R. Advances in formulation for the production of low-fat, fat-free, low-sugar, and sugar-free chocolates: An overview of the past decade. **Trends in Food Science & Technology**, v. 113, p. 315–334, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.008>

SHEN, L.; JIN, J.; YE, X.; LI, Y.; ZHANG, C.; JIANG, L.; ZHAO, L. Effects of sucrose particle size on the microstructure and bloom behavior of chocolate model systems. **Food Structure**, v. 36, p.1–11, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2023.100323>

SHOIAB, M.; SHEHZAD, A.; OMAR, M.; RAKHA, A.; RAZA, H.; SHARIF, H. R.; SHAKEEL, A.; ANSARI, A.; NIAZI, S. Inulin: Properties, health benefits and food applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 147, p. 444–454, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.020>

VEENA, N.; NATH, Surendra; ARORA, Sumit. Polydextrose as a functional ingredient and its food applications: a review. **Indian Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 69(3), p. 239–251, 2016.

VERDE, A. B.; ALVIM, I. D.; LUCCAS, V.; JÚNIOR, L. M.; ALVEZ, R. M. V. The influence of formulation and packaging material on the rheological properties of milk chocolate. **Applied Food Research**, v. 2, p. 1–7, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100199>

ZAMARCHI, C. T.; MOLETA, M. B.; MACAGNAN, F. T. Benefícios da aplicação de fibras alimentares à base de polidextrose e inulina em alimentos funcionais: Revisão integrativa. Instituto Federal de Santa Catarina, 2021.

ZANUZZO, M.; FRIEDRICH, M. T. Determinação de lactose em achocolatados. **Brazilian Journal of Development**, v. 6(12), p. 98825–98833, 2020.

**3. CAPÍTULO 2**

**CHOCOLATES COM E SEM**

**SACAROSE: PROPRIEDADES**

**FÍSICAS DE AMOSTRAS DO**

**MERCADO BRASILEIRO.**

## RESUMO

O objetivo deste capítulo foi realizar comparações nas propriedades de cor, reologia, calorimetria (DSC) e textura entre nove amostras de chocolates de mercado elaborados com sacarose (amostras padrão) e sem sacarose, dos tipos amargo e ao leite. Os chocolates apresentaram reologia caracterizada por comportamento pseudoplástico ajustado ao modelo de Casson ( $r > 0,98$ ) e comportamento calorimétrico indicando pico de fusão, pico de caramelização e pico de carbonização variáveis de acordo com a formulação, sendo considerados termoestáveis. Em termos de textura, os chocolates apresentaram forças de ruptura semelhantes, entretanto, houve grande influência da geometria dimensional da amostra. O tipo de edulcorante, formulação e outros ingredientes utilizados influenciaram o limite de fluxo e as características físicas como a cor do chocolate. Os produtos de mercado se apresentaram com formulações diferenciadas, bem como suas propriedades físicas, contudo, mostraram um padrão de qualidade próximo às amostras padrão.

**Palavras-chave:** Propriedades estruturais, Formulações dietéticas, Análise térmica, Reologia, Textura.

## **ABSTRACT**

The objective of this chapter was to compare the properties of color, rheology, calorimetry (DSC) and texture among nine chocolates samples of the market elaborated with sucrose (standard sample) and whitout sucrose, of milk and darks kinds. The chocolates presented pseudoplasticity adjusted to the Casson model ( $r > 0.98$ ) and calorimetric behavior indicating melting, caramelization and carbonization peaks varying according to the formulation, being considered thermostable. In terms of texture, the chocolates showed similar breaking strengths, however, there was a great influence of the dimensional geometry of the sample. The type of sweetener, formulation and other ingredients used influenced the flow limit and physical characteristics such as the color of the chocolate. The market products had different formulations, as well as their physical properties, however they showed a quality standard close to the standard sample.

**Keywords:** Structural properties, Dietary formulations, Thermal analysis, Rheology, Texture.



### 3.1 INTRODUÇÃO

O chocolate resulta da combinação de ingredientes derivados do cacau (*Theobroma cacao* L.). Segundo os requisitos da legislação brasileira, para ser classificado como chocolate, o produto deve conter ao menos 25 % (g/100 g) de sólidos de cacau (Brasil, 2022), podendo ser categorizado como um produto semi-sólido, o chocolate apresenta uma consistência sólida em condições ambiente e se funde à temperatura do corpo. Sua composição pode incluir partículas cacau em pó, açúcar e leite em pó suspensas em uma fase lipídica (manteiga de cacau ou substituto). A liberação de sabores durante a degustação, contribui para a aceitabilidade do produto (Lannes, 2017; Sarfarazi e Mohebbi, 2020 *apud* Costa e Lannes, 2022).

O teor de açúcar representa aproximadamente 40–50 % dos sólidos no chocolate, a depender do tipo de chocolates. Conferindo doçura e influenciando a distribuição de partículas, bem como as propriedades reológicas e sensoriais. Além disso, atua como agente de volume e fonte energética, gerando 394 kcal/100 g a partir do açúcar refinado (Sarfarazi e Mohebbi, 2020). No entanto, a crescente conscientização sobre problemas como sobrepeso, obesidade e diabetes, associados ao elevado valor calórico do chocolate, tem levado os consumidores a preferirem opções sem açúcar ou com teor reduzido de açúcar (Selvasekaran e Chidambaram, 2021).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, entre os cerca de 1 bilhão de indivíduos obesos, 650 milhões são adultos, 340 milhões são adolescentes, e 39 milhões são crianças. Esses números, conforme apontado pela Organização, continuam a aumentar (WHO, 2023). Segundo Wang *et al.* (2020), as taxas globais de obesidade quase triplicaram desde 1975, com impressionantes 1,9 bilhão de adultos (39 % dos adultos globais) e mais 381 milhões de crianças e adolescentes com sobrepeso ou obesidade. Conseqüentemente, as diretrizes nutricionais estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde indicam que a ingestão de "açúcar adicionado" deve ser limitada a 10 % do total de calorias da dieta. As estatísticas de obesidade mostram a necessidade de táticas inovadoras para gerar uma abordagem holística para incentivar o consumo saudável. Lidar com a obesidade é fundamental para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e é uma prioridade no Programa Europeu de Trabalho 2020–2025: Ação Unida para uma Saúde Melhor (WHO, 2022).

Recentemente, os chocolates sem adição de sacarose têm ganhado atratividade e popularidade entre os consumidores devido às suas baixas calorias, caráter não cariogênico e adequação para o consumo por pessoas com diabetes (Sarfarazi e Mohebbi, 2020). Assim, polímeros com baixa ou nenhuma digestibilidade e carboidratos comestíveis de baixa energia

são usados para produzir chocolates com baixo ou nenhum teor de açúcar, que satisfaçam tanto a doçura quanto às características de tamanho e distribuição de partículas (Selvasekaran e Chidambaram, 2021).

Os polióis são bons substitutos da sacarose na produção de chocolates sem açúcar, pois alguns deles têm alta capacidade de volume, poder de dulçor e capacidade de preservação do sabor. Esses ingredientes contêm menos calorias e induzem um baixo índice glicêmico, sendo frequentemente adicionados em chocolates *diet* de grandes indústrias. Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar em chocolates (amargos e ao leite) do mercado brasileiro, qual a melhor combinação de edulcorantes e fibras para substituição da sacarose, com base em características físico-químicas, reológicas e calorimétricas, através de um comparativo com chocolates com sacarose do mercado (padrão de referência).

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Material

Neste estudo, foram avaliados nove chocolates distintos encontrados no varejo local da cidade de São Paulo, SP (Brasil), em maio do ano de 2022. Para o estudo, foram considerados dois chocolates (um amargo e um ao leite) considerados como “padrão” por possuírem sacarose na formulação, e os demais (três amargos e quatro ao leite) formulados com diferentes tipos de edulcorantes, conforme as Figuras de 2 a 10 e Tabelas 3 e 4.

**Figura 2.** Amostra de mercado de chocolate amargo padrão com sacarose (A).



**Fonte:** O próprio autor.

**Figura 3.** Amostra de mercado de chocolate ao leite padrão com sacarose (E).



Fonte: O próprio autor.

**Figura 4.** Amostra de mercado de chocolate amargo sem sacarose (B).



Fonte: O próprio autor.

**Figura 5.** Amostra de mercado de chocolate amargo sem sacarose (D).



Fonte: O próprio autor.

Figura 6. Amostra de mercado de chocolate amargo sem sacarose (C).



Fonte: O próprio autor.

Figura 7. Amostra de mercado de chocolate ao leite sem sacarose (I).



Fonte: O próprio autor.

Figura 8. Amostra de mercado de chocolate ao leite sem sacarose (G).



Fonte: O próprio autor.

Figura 9. Amostra de mercado de chocolate ao leite sem sacarose (F).



Fonte: O próprio autor.

Figura 10. Amostra de mercado de chocolate ao leite sem sacarose (H).



Fonte: O próprio autor.

**Tabela 3.** Lista de ingredientes dos chocolates amargo.

<b>Chocolates</b>	<b>Teor de sólidos de cacau (%)</b>	<b>Lista de ingredientes</b>
A Padrão	70	massa de cacau, açúcar, manteiga de cacau, cacau em pó, emulsificantes: ésteres de ácido ricinoleico interesterificados com poliglicerol e lecitina de soja e aromatizante.
B	70	massa de cacau, manteiga de cacau, colágeno, edulcorantes: maltitol e sucralose, emulsificantes: lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoleico interesterificados com poliglicerol e aromatizante.
C	70	massa de cacau, manteiga de cacau, cacau em pó, edulcorante: maltitol, emulsificante: lecitina de soja e aromatizante.
D	70	massa de cacau, manteiga de cacau, leite em pó integral para dietas com restrição de lactose (leite integral, enzima lactase, vitaminas A, C, D e emulsificante lecitina de soja), edulcorante: xilitol e emulsificante: lecitina de soja.

**Fonte:** Rótulos dos produtos.

**Tabela 4.** Lista de ingredientes dos chocolates ao leite.

<b>Chocolates</b>	<b>Lista de ingredientes</b>
E Padrão	açúcar, leite em pó, manteiga de cacau, massa de cacau, gordura vegetal, emulsificantes: lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoleico interesterificado como poliglicerol e aromatizante.
F	leite em pó, manteiga de cacau, massa de cacau, gordura anidra de leite, edulcorante: maltitol, emulsificantes: lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoleico interesterificado como poliglicerol e aromatizante.
G	manteiga de cacau, leite em pó integral, massa de cacau, soro de leite desmineralizado, colágeno, fibra de milho solúvel, edulcorantes: maltitol e sucralose, umectante: polidextrose, emulsificantes: lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoleico interesterificado como poliglicerol e aromatizante.
H	manteiga de cacau, leite integral em pó, massa de cacau, creme de leite em pó, soro de leite em pó, edulcorante: maltitol, agente de corpo: polidextrose, emulsificantes: lecitina de soja e ésteres de ácido ricinoleico interesterificado como poliglicerol.
I	leite em pó integral instantâneo para dietas com restrição de lactose (leite integral, enzima lactase, vitaminas A, C, D e emulsificante lecitina de soja), manteiga de cacau, massa de cacau, polidextrose, edulcorante: maltitol e emulsificante: lecitina de soja.

**Fonte:** Rótulos dos produtos.

As Tabelas 5 e 6 demonstram os valores nutricionais presentes nos rótulos associados a cada um dos chocolates amargo e ao leite, respectivamente.

**Tabela 5.** Perfil nutricional dos chocolates amargo com e sem sacarose.

<b>Valores referentes a porção de 25 g</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Valor energético(kcal)	127,0	209,0	123,8	138,3
Carboidratos (g)	7,3	12,0	8,3	6,9
Açúcares (g)	**	0,0	0,1	0,3
Polióis (g)	0,0	9,6	7,4	5,3
Proteínas (g)	2,4	4,4	2,0	2,5
Gorduras totais (g)	9,8	17,0	10,3	10,8
Gorduras saturadas (g)	5,9	10,0	6,3	6,8
Gorduras <i>trans</i> (g)	0,0	0,0	0,0	0,0
Fibra alimentar (g)	4,2	4,4	2,9	3,5
Sódio (mg)	0,0	0,0	13,8	9,2

**Fonte:** Rótulos dos produtos.

\*\* Não informado no rótulo.

Adoçantes - A: sacarose; B: Maltitol e Sucralose; C: Maltitol; D: Xilitol.



**Tabela 6.** Perfil nutricional dos chocolates ao leite com e sem sacarose.

	<b>Valores referentes a porção de 25 g</b>				
	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>
Valor energético(kcal)	134,0	165,0	119,2	126,3	140,0
Carboidratos (g)	13,0	14,0	10,8	12,0	12,0
Açúcares (g)	13,0	1,8	2,3	2,1	1,2
Polióis (g)	0,0	**	8,3	8,8	7,3
Proteínas (g)	2,4	1,7	2,1	2,0	2,1
Gorduras totais (g)	8,0	8,2	8,3	9,5	9,4
Gorduras saturadas (g)	4,7	4,7	5,3	5,6	5,7
Gorduras trans (g)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fibra alimentar (g)	0,7	0,8	2,1	1,3	2,5
Sódio (mg)	26,0	15,0	20,0	26,3	23,0

**Fonte:** Rótulos dos produtos.

\*\* Não informado no rótulo.

Adoçantes - E: sacarose; F: maltitol; G: maltitol, sucralose e polidextrose; H: maltitol e polidextrose; I: maltitol e polidextrose.

A maioria dos chocolates sem açúcar utilizaram o edulcorante maltitol, e em alguns casos, a fibra solúvel polidextrose como agente de corpo em conjunto ao edulcorante para a substituição da Sacarose.

### 3.2.2 Métodos

Todas as análises físico-químicas e reológicas foram realizadas em triplicatas.

#### 3.2.2.1 Colorimetria

Para a análise colorimétrica das amostras de mercado (amargo e ao leite) foi utilizado o colorímetro Colorium2 (Delta Color, Rio Grande do Sul, Brasil), para avaliar os parâmetros  $L^*$   $a^*$   $b^*$  no espaço de cor CIELAB D65/10°, os quais se referem respectivamente a luminosidade (preto ao branco), coloração (verde ao vermelho) e coloração (azul ao amarelo), onde foram obtidos e tratados através do *software* Lab7 (Delta Color, Rio Grande do Sul, Brasil). Com base na equação proposta por Lohman & Hartel (1994) através dos valores obtidos dos parâmetros citados anteriormente foi possível obter o índice de brancura (*WI-whiteness index*) pela Equação (1).

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2].0,5 \quad (1)$$

Tomando como base os valores de  $a^*$  e  $b^*$ , foi possível encontrar os valores das coordenadas cilíndricas cromática ( $C^*$ ) e tonalidade ( $h^\circ$ ) através das Equações (2) e (3), respectivamente.

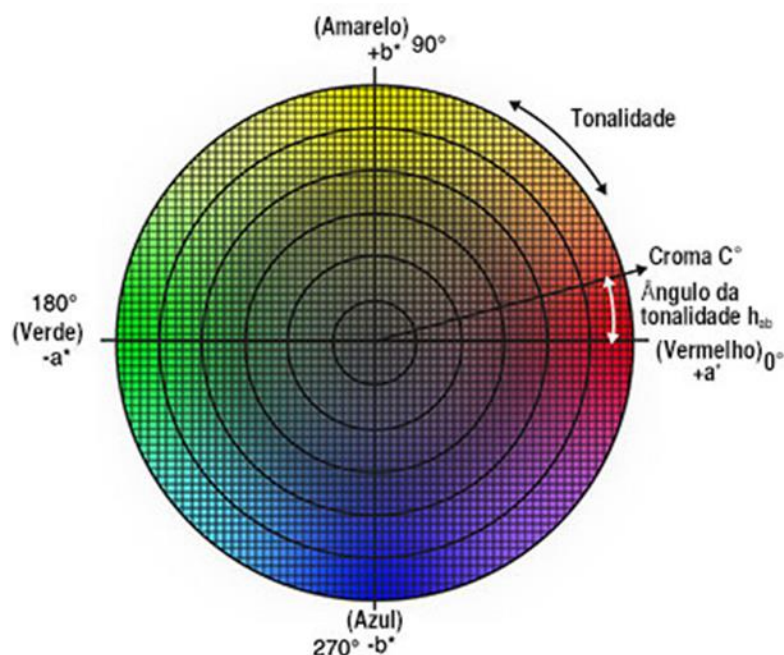
$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3)$$

A partir dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , também foi possível obter os valores de diferenças de cor, que são definidas pela comparação numérica entre a amostra e o padrão e são conhecidas como Delta ( $\Delta$ ). Os valores de Delta para  $L^*$  ( $\Delta L$ ),  $a^*$  ( $\Delta a$ ) e  $b^*$  ( $\Delta b$ ) podem ser negativos (-) ou positivos (+). A diferença total da coloração, Delta E ( $\Delta E$ ) foi calculada conforme a Equação (4), baseada na Figura 11.

$$\Delta E = \frac{\Delta L.^2 + \Delta a.^2 + \Delta b.^2}{2} \quad (4)$$

**Figura 11.** Diagrama representativo do Espaço de cor CIEL\*a\*b\* e CIE L\*C\*h.

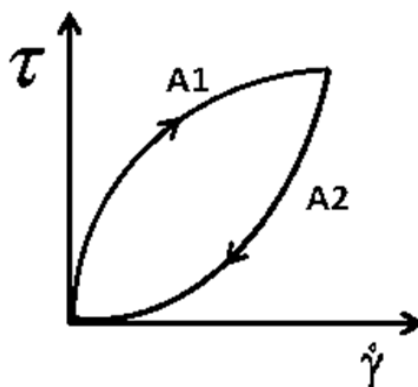


Fonte: GUERRA *et al.*, 2022.

### 3.2.2.2 Reologia

Realizou-se um ensaio rotacional em Reômetro MARS II (Thermo Scientific, Alemanha), utilizando-se o *software* Rheowin acoplado, com rotor C35/2 ( $d=35$  mm, ângulo 2DEG), com gap de 0,105 mm, ensaio de rotação com taxa controlada (CR) realizado em três faixas: (1) Aumento gradual da taxa de 0,00 para 65,00 rotações por segundo (1/s) ao longo de 180 s; (2) Manutenção da taxa de rotação em 65,00 1/s por 60 s; (3) Decréscimo gradual da taxa de 65,00 1/s para 0,00 1/s ao longo de 180 s, à temperatura de 40 °C, após o pré-condicionamento da amostra também a 40 °C. Utilizou-se uma quantidade de amostras adequada para abranger o espaço entre o rotor e a base. Para a determinação de dados de viscosidade plástica e tensão inicial obtidos, os resultados foram inseridos à equação de Casson (IOCC, 2000; Lannes, 2008). Os valores de tixotropia foram determinados com base na área de histerese que se dá pela diferença entre a curva 1 (A1) e a curva 2 (A2), que representam, respectivamente, o aumento e a redução da tensão de cisalhamento (Figura 12).

**Figura 12.** Curva de histerese de fluidos tixotropicos (tensão de cisalhamento, Pa) por taxa de cisalhamento ( $s^{-1}$ ): Cálculo empregado para a determinação do valor de tixotropia ( $Pa \cdot s^{-1}$ ): A1-A2.



**Fonte:** O próprio autor.

### 3.2.2.3 Textura

Para analisar a força de ruptura dos chocolates, realizou-se um teste de força de quebra, em triplicata com cada uma das amostras de chocolates (ao leite e amargo), padrão (com sacarose) e adoçados com diferentes edulcorantes. As amostras foram previamente condicionadas a 25 °C e o teste foi conduzido por meio do analisador de textura Brookfield CTX (AMETEK, Brookfield, Middleboro, MA, EUA), com probe (Fixture) TA-TPB. Os parâmetros utilizados foram: velocidades *trigger value*: 1 mm/s, *target value*: 2 mm/s, fim de teste: 17 mm/s, distância: 4 mm, célula de carga: 50 kg, força em compressão 0,05 N. E obteve-se os dados através do *software* Texture Pro V1.0 Build 15.

### 3.2.2.4 Análise Térmica

As análises de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC-*Differential Scanning Calorimetry*) foram realizadas no equipamento DSCi Series (Instrument Specialists Incorporated, I Series Twin Lakes, WI, EUA). Primeiramente, realizou-se a calibração do equipamento a uma taxa de varredura de 20 °C/min com utilização de panela de alumínio como referência. Foram adicionadas as amostras (3 mg) nas panelas de alumínio com volume de 40  $\mu$ L. Selou-se as panelas com tampa, utilizando-se um recravador. Aqueceu-se à 20 °C/min de 15 °C a 250 °C sob atmosfera de nitrogênio ( $N_2$ ) (Agibert, 2018). Através do *software* Infinity Pro-Thermal Analysis (Instrument Specialists Incorporated, Twin Lakes, WI, EUA) foi possível obter a curva de aquecimento com base nos dados obtidos pelo programa Acquire (Instrument

Specialists Incorporated, Twin Lakes, WI, EUA) os quais possibilitaram a determinação das propriedades de derretimento (temperaturas de início, pico e fim de fusão), caramelização e carbonização.

#### 3.2.2.5 Análise de preço de venda

Os estudos dos preços de venda foram baseados nos valores dos produtos nos sites das próprias marcas ou mercados digitais. Tendo em vista a origem brasileira dos produtos, o estudo foi realizado em reais (R\$) e convertido para o dólar posteriormente. A conversão do valor para dólar (US\$) foi realizada no dia 26 de julho de 2022 às 13:00 h, pelo site do Banco Central do Brasil ([www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br)). Os valores foram convertidos em US\$/kg para facilitar a comparação dos preços de venda.

#### 3.2.2.6 Análise estatística

Para análise dos dados com nível de confiança de 95%, realizou-se a análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas no *software* Microsoft Excel 2010 (EUA).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os chocolates sem açúcar avaliados mostraram o uso dos edulcorantes maltitol, xilitol e sucralose. Em duas formulações de chocolate ao leite, observou-se a utilização da polidextrose atuando como agente de corpo para auxiliar na finalização de sabor dos produtos.

#### 3.3.1 Análise de cor

Na Tabela 7 encontram-se os resultados da análise de cor e índice de brancura das amostras analisadas. O chocolate C (maltitol), foi o único que demonstrou diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) com relação ao chocolate padrão A (sacarose) em relação ao índice de brancura (WI).

**Tabela 7.** Características de cor de chocolates amargos com e sem sacarose.

<b>Espaço de cor</b>	<b>A - Padrão</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
$L^*$	$23,69 \pm 1,06^a$	$21,88 \pm 1,14^a$	$21,71 \pm 0,26^a$	$22,36 \pm 0,27^a$
$a^*$	$10,41 \pm 0,48^a$	$9,56 \pm 0,78^a$	$10,21 \pm 0,42^a$	$8,30 \pm 0,40^b$
$b^*$	$6,83 \pm 0,49^a$	$7,51 \pm 0,58^a$	$8,54 \pm 0,25^b$	$7,67 \pm 0,26^{ab}$
$C^*$	$12,46 \pm 0,50^a$	$12,18 \pm 0,51^a$	$13,31 \pm 0,48^a$	$11,40 \pm 0,40^a$
$h^\circ$	$33,26 \pm 2,13^a$	$38,18 \pm 3,87^a$	$39,90 \pm 0,49^b$	$42,74 \pm 1,35^b$
WI	$22,68 \pm 1,00^a$	$20,94 \pm 1,20^{ab}$	$20,59 \pm 0,33^b$	$21,54 \pm 0,23^{ab}$

**Fonte:** O próprio autor.

Adoçante - A: Sacarose; B: Maltitol e Sucralose; C: Maltitol; D: Xilitol.

Mesma letra na mesma linha não demonstra diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ).n:3

$L^*$ : totalmente preta (0), totalmente branca (100);  $a^*$ : verde (-120), vermelho (+120) e  $b^*$ : azul (-120), amarelo (+120).

Para as amostras de chocolate amargo em geral (Tabela 7), os valores da coordenada  $a^*$  variaram entre 8,30 e 10,41, indicando maior tendência ao vermelho, já esperado na coloração marrom, característica dos chocolates. A luminosidade  $L^*$  variou entre 21,71 e 23,69, não apontando diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ). Entretanto, o chocolate padrão A (sacarose) apresentou, valores um pouco maiores para o parâmetro de cor  $a^*$ , mas sem diferença significativa comparado com as outras amostras ( $p > 0,05$ ). Dentre todas as amostras, o chocolate contendo o edulcorante xilitol, foi o que demonstrou menor tendência à cor avermelhada. A coordenada  $b^*$  apresentou valores entre 6,83 e 8,54. A amostra C (maltitol) possui maior tendência ao amarelo, e as outras amostras não apresentaram diferença significativa entre seus valores ( $p > 0,05$ ). O índice de brancura da amostra C (maltitol) apresentou menor valor e

diferença significativa das outras amostras, tornando o maltitol apenas uma boa opção à produção de um produto com menos pontos claros na superfície.

De acordo com a Tabela 8, para os chocolates ao leite, apenas as amostras com polidextrose das marcas G (maltitol, sucralose e polidextrose) e I (maltitol e polidextrose), diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) do padrão E (sacarose), demonstrando um menor valor para o índice de brancura para a amostra I. Os valores são maiores quando comparados ao chocolate amargo (Tabela 7).

**Tabela 8.** Características de cor de chocolates ao leite com e sem açúcar.

Espaço de cor	E - Padrão	F	G	H	I
$L^*$	$42,22 \pm 8,74^a$	$42,00 \pm 0,65^a$	$37,71 \pm 0,25^b$	$41,34 \pm 0,08^a$	$31,44 \pm 0,26^c$
$a^*$	$15,11 \pm 0,28^b$	$16,49 \pm 0,03^c$	$13,33 \pm 0,08^a$	$16,20 \pm 0,02^c$	$13,14 \pm 0,02^a$
$b^*$	$15,22 \pm 0,65^c$	$16,51 \pm 0,03^{cd}$	$13,56 \pm 0,10^b$	$17,24 \pm 2,05^d$	$10,91 \pm 0,16^a$
$C^*$	$21,47 \pm 0,21^a$	$23,34 \pm 0,13^b$	$19,00 \pm 0,09^c$	$23,18 \pm 0,17^b$	$18,08 \pm 0,38^c$
$h^\circ$	$45,19 \pm 2,51^a$	$45,04 \pm 0,56^a$	$45,44 \pm 1,37^a$	$45,66 \pm 0,93^a$	$39,72 \pm 0,71^b$
WI	$38,35 \pm 7,60^a$	$37,48 \pm 0,63^{ab}$	$34,87 \pm 0,22^b$	$36,74 \pm 0,04^{ab}$	$29,34 \pm 0,20^c$

**Fonte:** O próprio autor.

Adoçantes - E: sacarose; F: maltitol; G: maltitol, sucralose e polidextrose; H: maltitol e polidextrose; I: maltitol e polidextrose. n:3

Mesma letra na mesma linha não demonstra diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ).

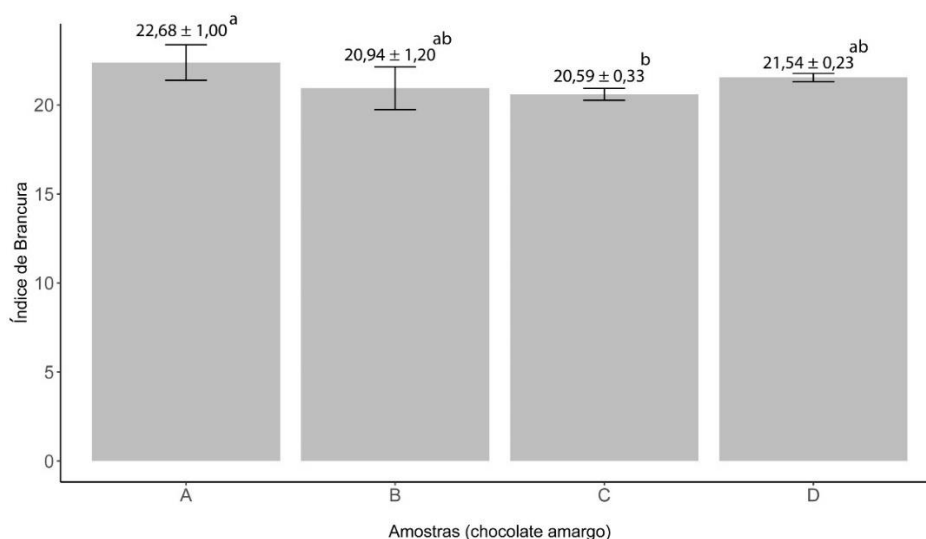
$L^*$ : totalmente preta (0), totalmente branca (100);  $a^*$ : verde (-120), vermelho (+120) e  $b^*$ : azul (-120), amarelo (+120).

Comparando-se as Tabelas 7 e 8, nota-se que os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  variaram bem mais entre as amostras de chocolate ao leite, do que as de chocolate amargo, existindo influência da Reação de Maillard no escurecimento não enzimático de algumas das amostras devido à presença de lactose (açúcar redutor) na maioria das amostras (Cordeiro *et al.*, 2021). Ambas as amostras contendo edulcorantes diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) do padrão E (sacarose) em termos do  $a^*$  (tonalidade - verde ao vermelho). Todas as amostras com polidextrose em sua formulação (G, H e I) apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) do padrão em  $b^*$  (tonalidade - azul ao amarelo). De acordo com Liang e Hartel (2004) é provável que a escolha do leite em pó utilizado no chocolate possa influenciar sua coloração, aumentando o Índice de Brancura (WI). Deste modo, é possível associar as diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) ao fato de que cada uma das formulações possui diferentes processos, ingredientes e formulações que podem influenciar na cor dos chocolates.

De acordo com Son *et al.* (2018), para um chocolate do tipo amargo, o índice de brancura adequado é aproximado  $20 \pm 1$ , imediatamente após a produção do chocolate.

Conforme demonstrado na Figura 13, ambos os chocolates adicionados de adoçantes (B, C e D) não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre eles, condizente com a literatura. Entretanto a amostra C (maltitol) difere significativamente ( $p < 0,05$ ) do padrão A (sacarose), o que pode ser explicada pela sua maior tendência à coloração amarela descrita pelo valor de  $b^*$  encontrado para esta amostra adoçada com maltitol.

**Figura 13.** Comparação do índice de brancura entre amostras de chocolate amargo. A: Sacarose; B: Maltitol e Sucralose; C: Maltitol; D: Xilitol. Mesma letra não demonstra diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ).  
n:3



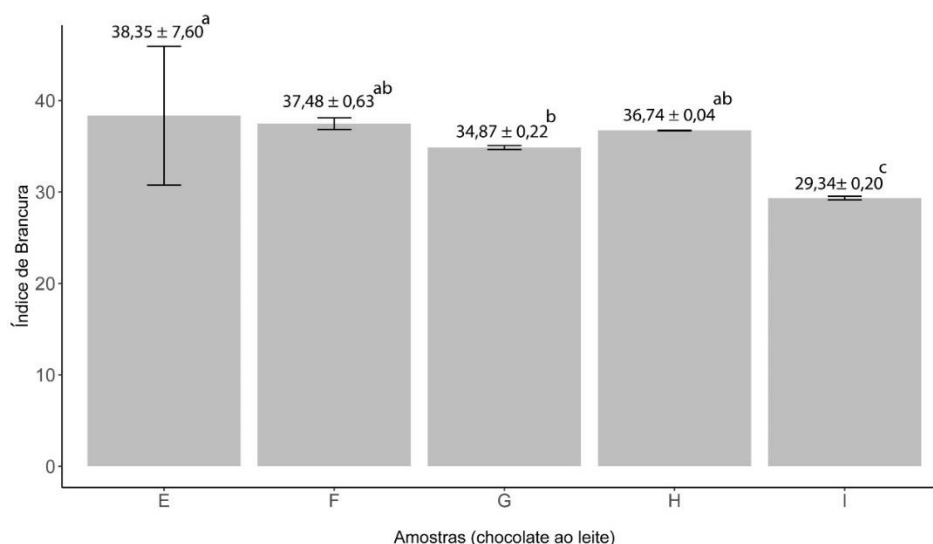
**Fonte:** O próprio autor.

Conforme ilustrado na Figura 14, as amostras de chocolate ao leite adoçadas com maltitol (F, G e H), não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) em termos de Índice de Brancura (WI) entre elas, entretanto, o produto G apresentou diferença ( $p < 0,05$ ) em relação ao padrão (E) adoçado com sacarose. A amostra I diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) de todas as demais amostras.

Neste estudo, foi possível observar um aumento no índice de brancura (WI) dos chocolates ao leite (Figura 14) em relação aos chocolates amargo, devido às adições de sólidos de leite em suas formulações.



**Figura 14.** Comparação do índice de brancura entre amostras de chocolate ao leite. E: sacarose; F: maltitol; G: maltitol, sucralose e polidextrose; H: maltitol e polidextrose; I: maltitol e polidextrose. Mesma letra não demonstra diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ). n:3



**Fonte:** O próprio autor.

De acordo com Agibert (2018), a medida do índice de brancura é utilizada para a identificação da aparência do *fat bloom* ou *sugar bloom*, pois quanto maior o valor desse índice, mais esbranquiçada está a cor da superfície. Nas amostras avaliadas, não foi observado defeito de migração de gordura ou açúcar, sendo possível afirmar que a diferença significativa encontrada entre as amostras se deve ao fato de serem amostras com formulações e processos diferentes.

Comparando-se ambas as amostras, o Índice de Brancura da amostra padrão com sacarose, tanto amargo como ao leite, apresentaram valor maior que os que utilizam adoçantes, destacando que a existência de cristais de sacarose no sistema, mesmo que praticamente imperceptíveis a olho nu, resulta no aumento do WI.

Realizou-se também a análise de diferença de coloração ( $\Delta E$ ) entre as amostras de mercado sem sacarose e a amostra padrão com sacarose. As Tabelas 9 e 10 demonstram essa análise para os chocolates amargo e ao leite, respectivamente.

**Tabela 9.** Dados de cor para diferença de coloração ( $\Delta E$ ) das amostras de chocolate amargo sem açúcar em relação ao padrão amargo com açúcar (A).

Amostra	Diferença de coloração ( $\Delta E$ )
B	2,11
C	2,86
D	3,33

**Fonte:** O próprio autor.

Os chocolates do tipo amargo sem sacarose não apresentaram grandes diferenças em relação ao chocolate amargo com sacarose, entretanto, nota-se que o chocolate B apresenta uma coloração mais semelhante com o padrão do que os demais chocolates.

**Tabela 10.** Dados de cor para diferença de coloração ( $\Delta E$ ) das amostras de chocolate amargo sem açúcar em relação ao padrão ao leite com açúcar (E).

<b>Amostra</b>	<b>Diferença de coloração (<math>\Delta E</math>)</b>
F	0,95
G	3,4
H	2,5
I	8,87

**Fonte:** O próprio autor.

Ao contrário do chocolate amargo, alguns chocolates ao leite sem sacarose apresentaram diferenças notáveis em relação ao chocolate ao leite com sacarose. O chocolate F apresentou coloração mais próxima do padrão. As amostras G e H diferiram ligeiramente do padrão. Já amostra I apresentou uma grande diferença de cor com relação ao padrão (Tabela 10).

### 3.3.2 Análise de Textura

A força de ruptura e as dimensões dos chocolates amargo avaliados estão representados na Tabela 11.

**Tabela 11.** Relação entre força de ruptura e dimensão de chocolate amargo com e sem açúcar.

<b>Marca</b>	<b>Força de ruptura (N)</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Largura (mm)</b>	<b>Espessura (mm)</b>
C	44,12 $\pm$ 0,55 <sup>c</sup>	6,5	2,3	1,3
B	19,51 $\pm$ 0,53 <sup>a</sup>	6,9	2,9	0,8
D	11,35 $\pm$ 1,75 <sup>b</sup>	7,9	1,3	0,6
A - Padrão	18,67 $\pm$ 0,76 <sup>a</sup>	8,0	2,5	0,8

**Fonte:** O próprio autor.

Adoçantes - A: Sacarose; B: Maltitol e Sucralose; C: Maltitol; D: Xilitol.

Mesma letra na mesma coluna não demonstra diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ). n:3

Nota-se na Tabela 12 que os produtos G, I, F e E, de dimensões aproximadas, não apresentaram diferença significativa ( $p>0.05$ ) nos valores da força de ruptura.

**Tabela 12.** Relação entre força de ruptura e dimensão de chocolate ao leite com e sem açúcar.

Marca	Força de ruptura (N)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
H	$17,94 \pm 0,35^b$	6,5	2,3	1,3
G	$5,69 \pm 1,15^a$	9,2	2,9	0,6
I	$5,76 \pm 0,06^a$	8,2	2,2	0,6
F	$4,90 \pm 0,33^a$	8,2	2,2	0,6
E - Padrão	$5,42 \pm 0,13^a$	8,2	2,2	0,6

**Fonte:** O próprio autor.

E: sacarose; F: maltitol; G: maltitol, sucralose e polidextrose; H: maltitol e polidextrose; I: maltitol e polidextrose.

Mesma letra na mesma coluna não demonstra diferença significativa entre as amostras ( $p>0,05$ ). n:3

Foram analisados chocolates de mercado com diferentes geometrias, o que dificultou na comparação detalhada da força de ruptura (N), sendo que as dimensões da amostra influenciaram diretamente na quantidade de força requerida para a quebra. Entretanto, para os chocolates ao leite com dimensões iguais ou semelhantes, não se observou diferença significativa ( $p>0,05$ ). A amostra H foi a única a diferir significativamente ( $p<0,05$ ), necessitando de uma força de ruptura muito maior em relação aos demais. Isto provavelmente se deve à sua maior espessura. Em relação aos chocolates amargo, notou-se uma semelhança estatística ( $p>0,05$ ) entre os produtos A padrão e o B, enquanto os demais variaram ( $p<0,05$ ). Isto, novamente pode ser explicado pela espessura das amostras, independente do comprimento e da largura. De acordo com Homayouni Rad *et al.* (2019), formulações contendo alta concentração de polióis conferem efeitos de endurecimento nos chocolates finais, o que é atribuído à presença de sítios ativos altamente hidrofílicos em polióis que estão envolvidos na formação de ligações intermoleculares. Esses grupos hidroxila tornam-se altamente ativos durante o processo de fabricação do chocolate e induzem interações não polares (intermoleculares) entre as partículas presentes em toda a matriz do chocolate, sendo os chocolates sem açúcar, geralmente mais duros. Contudo, isto não foi observado neste estudo.

### 3.3.3 Análise reológica

A amostra C (maltitol) demonstrou uma tensão inicial superior às demais amostras, apresentando diferença significativa ( $p < 0,05$ ) quando comparada à amostra padrão A (sacarose) (Figura 15a). A amostra D (xilitol) apresentou viscosidade plástica de Casson inferior. Todas as demais amostras não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) em relação ao padrão A (sacarose) (Figura 15c). Nenhuma das amostras de mercado com edulcorantes demonstrou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em termos de tixotropia com relação ao padrão A. Entretanto, o chocolate sem açúcar da marca D (xilitol), diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) das demais amostras sem açúcar, por apresentar um valor de tixotropia inferior (Figura 15e).

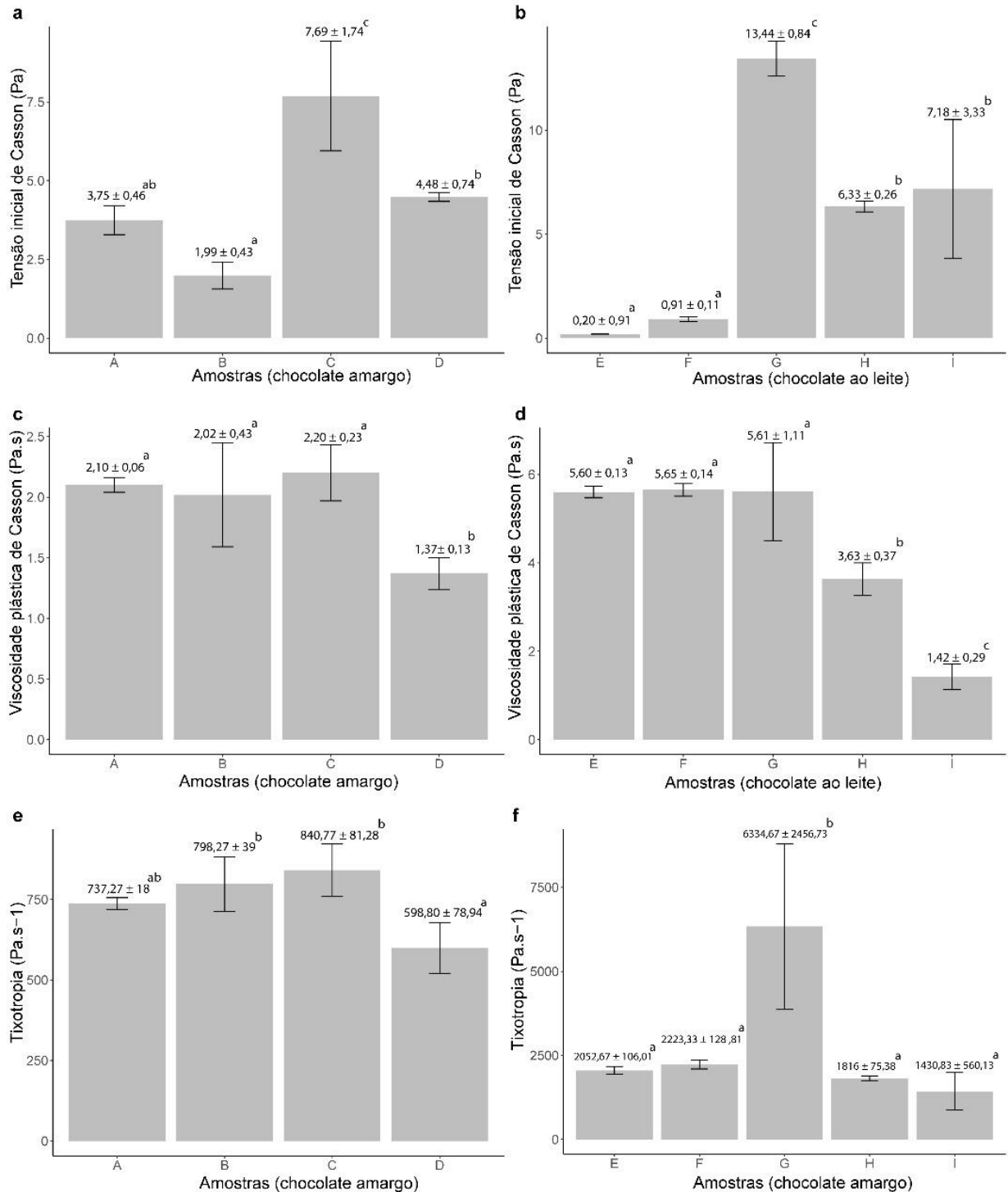
A tixotropia caracteriza-se como uma característica de um fluido não-newtoniano e pseudoplástico, manifestando uma modificação temporal em sua viscosidade. Em outras palavras, um fluido tixotrópico requer um intervalo finito para atingir uma viscosidade de equilíbrio após uma mudança abrupta na taxa de cisalhamento. Os fatores que afetam o cisalhamento e conseqüentemente a tixotropia são o tamanho das partículas, o teor de gordura, e o teor de lecitina (Afowaka, 2010 *apud* Ayres, 2019). As amostras de chocolate amargo apresentaram valores de tixotropia entre 550 e 850 Pa/s (Figura 15e). O menor valor obtido foi do chocolate D (xilitol) e o maior do chocolate C (maltitol).

Para os chocolates ao leite, apenas a amostra F (maltitol) não diferiu significativamente ( $p > 0,05$ ) com relação à tensão inicial de Casson do padrão E (sacarose) (Figura 15f). Isto provavelmente se deve pela ausência de polidextrose, fibra com estrutura complexa e compacta, em sua formulação, diferente das demais amostras. As amostras contendo polidextrose exigiram uma tensão inicial superior. As amostras H e I diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) do padrão com açúcar, mas não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre elas. Já a amostra de chocolate ao leite sem açúcar G diferiu significativamente de todas as demais ( $p < 0,05$ ).

Com relação à viscosidade plástica de Casson (Figura 15d) nos chocolates ao leite, os chocolates sem açúcar G (maltitol, sucralose e polidextrose) e F (maltitol) não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) do padrão E (sacarose). Enquanto os chocolates sem açúcar H e I, ambos adoçados com maltitol e polidextrose, diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si e dentre as demais amostras. Para a análise de tixotropia nos produtos ao leite, apenas o chocolate sem açúcar G (maltitol, sucralose e polidextrose) apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) do padrão E (sacarose) e dos demais chocolates sem açúcar. As amostras apresentaram valores de tixotropia entre 1400 e 6500 Pa/s. O maior valor obtido foi do chocolate G, provavelmente por possuir estrutura mais complexa e conter mais de um edulcorante e fibra solúvel,

apresentando diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. As demais amostras não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre si.

**Figura 15.** Propriedades reológicas das amostras. Tensão inicial de Casson (Pa) – a: chocolates amargos; b: chocolates ao leite. Viscosidade plástica de Casson (Pa.s) – c: chocolates amargos; d: chocolates ao leite. Tixotropia (Pa.s-1) – e: chocolates amargos; f: chocolates ao leite. Mesma letra não demonstra diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ).



Fonte: O próprio autor.

Os chocolates ao leite adicionados de edulcorantes apresentaram maior tensão inicial de Casson (Figura 15b) em relação ao padrão com açúcar. Entretanto, a viscosidade de Casson não seguiu um padrão, tendo o F (maltitol) e o G (maltitol, sucralose e polidextrose) demonstrado semelhança estatística ( $p > 0,05$ ) em relação ao padrão, I e H (maltitol e polidextrose) demonstrado diferença significativa ( $p < 0,05$ ) com relação ao padrão. Nos chocolates amargos (Figura 15a) notou-se maior tensão de Cisalhamento para o chocolate C formulado com maltitol (100%) comparado aos demais, com relação à viscosidade, os chocolates não apresentaram diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) entre eles, com exceção da amostra D, produzida com xilitol (100%) que demonstrou uma viscosidade de 1,37 Pa.s, sendo esse valor menor que os demais.

Konar *et al.* (2018) definiram que os cristais de adoçantes se dissolvem de maneira parcial quando em contato com a água, gerando uma delicada camada de xarope em sua superfície. Isso incrementa a fricção interna entre as partículas do edulcorante, resultando em um aumento da viscosidade. Isto ocorre, por conta do comportamento Pseudoplástico Não-Newtoniano do chocolate. Quanto mais força é aplicada, mais viscoso ele fica. Entretanto, o fato de notarmos diferentes características reológicas para diferentes tipos de chocolates (mesmo aqueles que utilizam o mesmo edulcorante para a substituição da sacarose) pode ser explicado por diversos fatores, como diferentes parâmetros de processamento, qualidade de ingredientes, composição qualitativa e quantitativa dos ingredientes na formulação.

Konar (2013) demonstra que chocolates de baixo teor de açúcar desenvolvidos com maltitol exibiram variações significativas nas propriedades reológicas em comparação com os chocolates açucarados, ao longo de diferentes temperaturas de conchagem. Este estudo conclui que, além da influência da concentração e do tipo de edulcorante, a otimização do processo de conchagem e outros parâmetros de processamento desempenham um papel crucial na obtenção de propriedades reológicas de alta qualidade para o chocolate. O que significa que um mesmo chocolate, de mesma formulação ou utilizando os mesmos substitutos para sacarose, utilizando diferentes parâmetros de processo, pode sim apresentar diferenças estatísticas em sua reologia.

As amostras de chocolate ao leite sem açúcar H e I foram produzidas com a substituição da sacarose pela mistura de maltitol com polidextrose, ambos os chocolates apresentaram viscosidade de Casson reduzida e maior tensão de cisalhamento, o que condiz com o estudo de Aidoo, Afoakwa e Dewettinck (2014) que produziram chocolate amargo com diferentes concentrações de maltitol e polidextrose. Os chocolates com alto teor de polidextrose tendem a requerer maior tensão de cisalhamento para fluir.

### 3.3.4 Calorimetria

Com relação às propriedades calorimétricas, pode-se observar na Tabela 13 e na Figura 16 que para os chocolates amargos houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o chocolate B (maltitol e sucralose) e o padrão A (sacarose) no pico de derretimento. Entretanto, os demais chocolates não apresentaram diferenças significativas com nenhum dos dois chocolates. Apenas o chocolate padrão A (sacarose) apresentou pico de caramelização. O pico de carbonização do padrão A (sacarose) diferiu estatisticamente ( $p < 0,05$ ) das amostras acrescidas de edulcorantes, demonstrando que os chocolates sem sacarose tendem a carbonizar em uma temperatura menor.

**Tabela 13.** Propriedades calorimétricas de chocolates amargo com e sem açúcar.

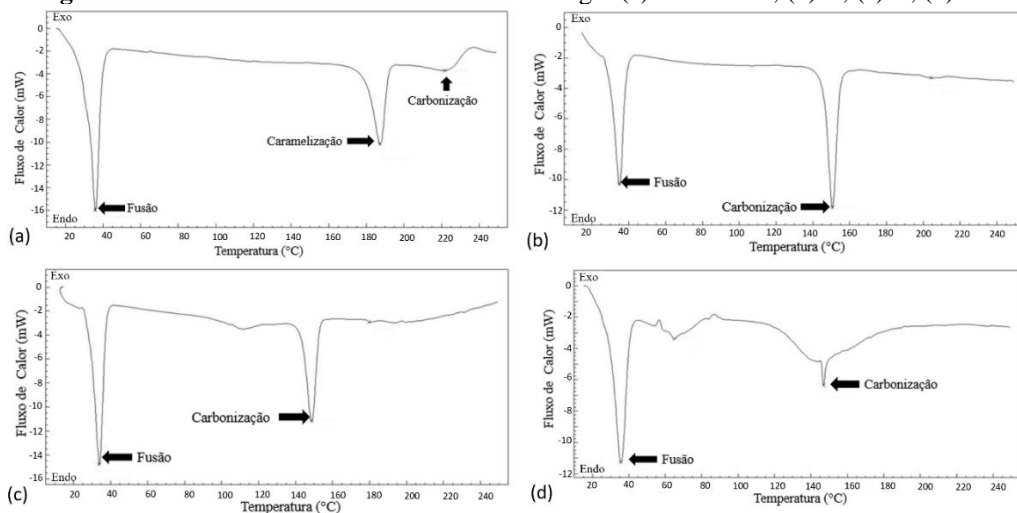
Marca	Pico de fusão (°C)	Pico de caramelização (°C)	Pico de carbonização (°C)
A - Padrão	$35,74 \pm 0,53^a$	$182,91 \pm 7,23^a$	$219,44 \pm 3,25^a$
B	$34,42 \pm 0,22^b$	*	$148,72 \pm 0,18^b$
D	$34,56 \pm 0,89^{ab}$	*	$155,91 \pm 7,82^b$
C	$34,93 \pm 0,20^{ab}$	*	$150,38 \pm 0,34^b$

**Fonte:** O próprio autor.

A: Sacarose; B: Maltitol e Sucralose; C: Maltitol; D: Xilitol.

Mesma letra na mesma coluna não demonstra diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ).

**Figura 16.** Perfil calorimétrico de chocolates amargo: (a) A - Padrão; (b) C; (c) B; (d) D.



**Fonte:** O próprio autor.

A Tabela 14 e a Figura 17 mostram que os chocolates ao leite sem sacarose, com exceção do F (maltitol), do mesmo fabricante, demonstraram diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) em relação ao padrão E (sacarose) com relação ao pico de derretimento, entretanto, não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre eles, provavelmente por serem acrescidos de polidextrose, uma fibra com ponto de fusão elevado (Costa e Lannes, 2022). Os chocolates H e G, foram os únicos dentre o grupo dos chocolates sem sacarose que apresentaram pico de caramelização, sendo estes significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) entre si e em relação ao padrão. Isto pode ser atribuído ao fato de o chocolate H possuir em sua formulação uma maior concentração de produtos provedores de lactose (leite em pó, soro de leite e creme de leite), comparado as demais amostras, e o chocolate G possuir sucralose em sua formulação, ambos adoçantes com potencial de caramelização (Marcus, 2013). A ausência do pico de caramelização, nas demais amostras, pode ser atribuída ao uso de polióis em suas formulações, os quais não escurecem nem caramelizam quando aquecidos.

O chocolate H não apresentou diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) na carbonização em relação ao padrão E com açúcar. O chocolate ao leite sem açúcar H apresentou pico de carbonização semelhante ao padrão E, entretanto, o G apresentou diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ). Os demais chocolates (I e F) não carbonizaram na faixa de temperatura utilizada (15–250 °C), o que os tornam chocolates com potencial para forneamento nesta faixa.

**Tabela 14.** Propriedades calorimétricas de chocolates ao leite com e sem açúcar.

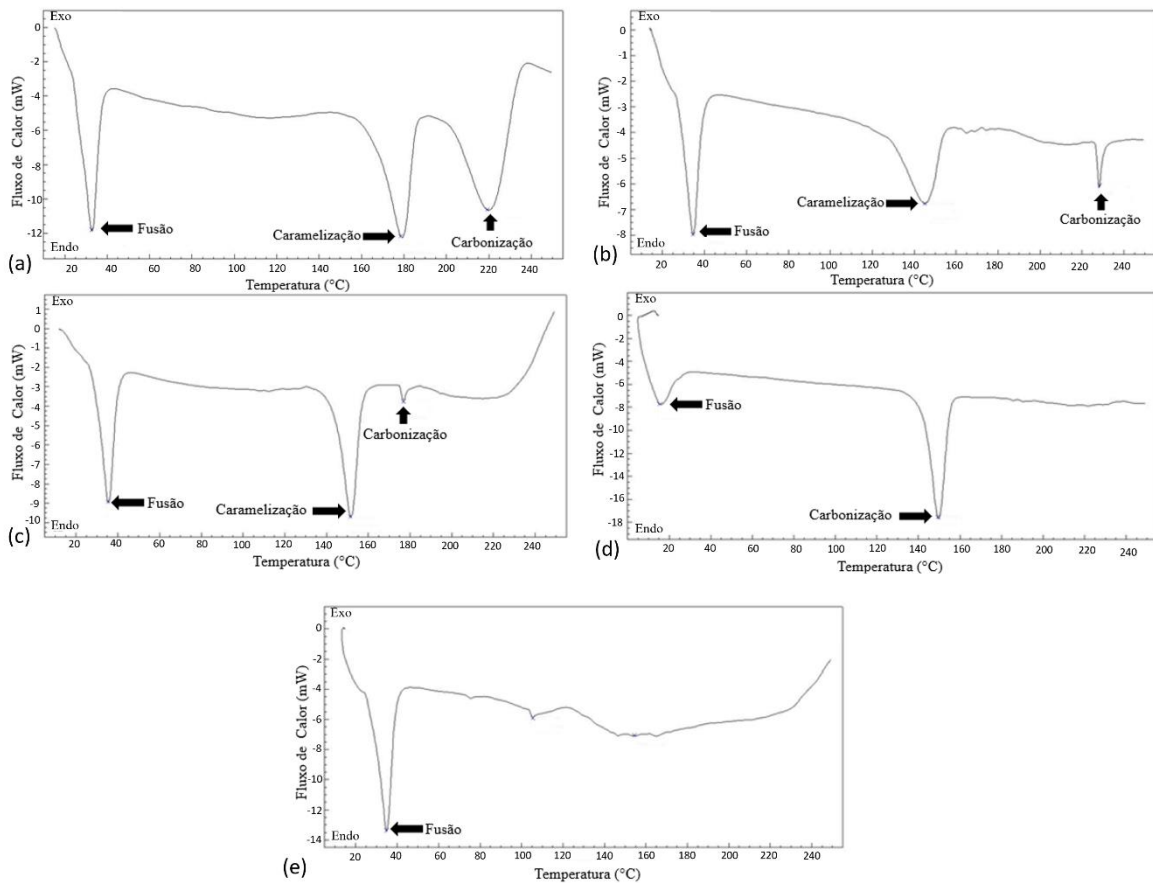
Marca	Pico de fusão (°C)	Pico de caramelização (°C)	Pico de carbonização (°C)
E - Padrão	16,63 ± 1,10 <sup>a</sup>	180,68 ± 1,92 <sup>a</sup>	221,11 ± 1,31 <sup>a</sup>
H	33,08 ± 1,32 <sup>b</sup>	141,48 ± 6,55 <sup>c</sup>	227,78 ± 7,53 <sup>a</sup>
G	34,69 ± 0,56 <sup>b</sup>	151,09 ± 1,21 <sup>b</sup>	185,06 ± 7,45 <sup>b</sup>
I	34,90 ± 0,24 <sup>b</sup>	*	**
F	17,15 ± 1,00 <sup>a</sup>	148,83 ± 0,42 <sup>c</sup>	**

**Fonte:** O próprio autor.

E: sacarose; F: maltitol; G: maltitol, sucralose e polidextrose; H: maltitol e polidextrose; I: maltitol e polidextrose. Mesma letra na mesma coluna não demonstra diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ).



**Figura 17.** Perfil calorimétrico dos chocolates ao leite: (a) E - Padrão; (b) H; (c) G; (d) F; (e) I.



Fonte: O próprio autor.

### 3.3.5 Análise de preço de mercado

Os chocolates (ao leite e amargo) com substituição da sacarose, apresentaram preço mais elevado do que os convencionais com sacarose (Tabela 15 e 16). Os chocolates com maior preço de mercado foram o D (amargo) e o I (ao leite), o que se deve ao fato de serem chocolates com adição de vitaminas e enzima lactase para quebra da lactose (no chocolate ao leite). O segundo chocolate com o maior valor foi o B dentre os amargos, e o G dentre os chocolates ao leite, provavelmente devido a adição de sucralose, adoçante com alto teor de dulçor e de preço mais elevado. Os chocolates com substituição da sacarose se enquadraram nos valores entre US\$ 33–74 por quilo para os amargos e US\$ 15–50 por quilo para os ao leite.

**Tabela 15.** Preços para chocolate amargo (US\$/kg).

<b>Marca</b>	<b>Quantidade (g)</b>	<b>Preço (US\$)</b>	<b>Preço (US\$/kg)</b>
A - Padrão	100	3,31	33,06
C	20	0,72	36,02
D	30	2,20	73,27
B	40	1,64	41,09

**Fonte:** O próprio autor.

Adoçante - A: Sacarose; B: Maltitol e Sucralose; C: Maltitol; D: Xilitol.

**Tabela 16.** Preços para chocolate ao leite (US\$/kg).

<b>Marca</b>	<b>Quantidade (g)</b>	<b>Preço (US\$)</b>	<b>Preço (US\$/kg)</b>
E - Padrão	25	0,40	15,83
H	20	0,72	36,02
I	100	4,97	49,68
F	25	0,73	29,08
G	30	1,46	48,76

**Fonte:** O próprio autor.

Adoçante - E: sacarose; F: maltitol; G: maltitol, sucralose e polidextrose; H: maltitol e polidextrose; I: maltitol e polidextrose

### 3.4 CONCLUSÃO

As variações encontradas na cor, reologia, calorimetria e textura, estão relacionadas ao tipo de edulcorante e fibra solúvel utilizados nos chocolates. Os chocolates com sacarose mostraram valores um pouco maiores para os parâmetros de cor  $a^*$  e  $L^*$ . Enquanto, os acrescidos de xilitol demonstraram uma tendência à coloração avermelhada, e os acrescidos de maltitol à coloração amarelada. Foi possível observar um aumento no índice de brancura (WI) nos chocolates ao leite, devido às adições de sólidos de leite em suas formulações.

As amostras com mesma (ou semelhante) espessura apresentaram forças de ruptura muito próximas, mesmo que as dimensões diferiram em relação à largura e comprimento. Não foram notadas diferenças entre os chocolates com açúcar e sem açúcar em termos de força de ruptura que pudessem ser atribuídas aos variados tipos de edulcorantes e fibras utilizados.

O pico de carbonização dos chocolates com sacarose diferiu estatisticamente ( $p < 0,05$ ) das amostras acrescidas de edulcorantes, demonstrando que os chocolates sem sacarose tendem caramelizar e a carbonizar em uma temperatura menor, não sendo estes recomendados para usos de receitas forneáveis (Submetidas a temperaturas de aproximadamente 180 °C). Os chocolates acrescidos de maltitol e polidextrose, fundiram em uma temperatura mais elevada, demonstrando uma maior estabilidade térmica em relação aos demais.

As amostras de chocolate amargo apresentaram valores de tixotropia menor para o chocolate com xilitol e maior no chocolate com maltitol. Os chocolates com polidextrose apresentaram tensão inicial de Casson superior, o que demonstrou o impacto reológico da adição de uma fibra no chocolate. A viscosidade variou para cada amostra analisada, entretanto o chocolate D (amargo com xilitol) e os H e I (ao leite com maltitol e polidextrose), foram os únicos que diferiram estatisticamente dos padrões, demonstrando viscosidades mais baixas.

Os chocolates tradicionais com sacarose possuem o preço de venda mais reduzido, a melhor opção em termos de preço para chocolates isentos de sacarose seriam os chocolates acrescidos de maltitol por possuírem um valor mediano, seguidos dos compostos pela mistura maltitol e polidextrose. Os chocolates acrescidos de xilitol apresentam o preço mais elevado.

Considerando-se os chocolates estudados, a combinação mais precisa para uma substituição aprimorada da sacarose em chocolates em termos de calorimetria e preço seria maltitol e polidextrose. Entretanto, em termos de cor e viscosidade a substituição da sacarose pelo xilitol seria a melhor opção, tendo em vista a semelhança dos chocolates acrescidos por xilitol aqueles com sacarose.

### 3.5 REFERÊNCIAS

AGIBERT, S. A; LANNES, S. C. S. Dark chocolate with a high oleic peanut oil microcapsule content. **Journal Of the Science Of Food And Agriculture**, [S.L.], v. 98(15), p. 5591–5597, 2018. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.9102>

AIDOO, R.P.; AFOAKWA, E.O.; DEWETTINCK, K. Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture – Rheological, microstructure and physical quality characteristics. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 126, p. 35–42, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.036>

AIDOO, R. P.; AFOAKWA, E. O.; DEWETTINCK, K. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 62(1), p. 592–597, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.043>

AYRES, W. B. Modificações estruturais e reológicas em chocolate amargo devido à alteração do tipo de gordura utilizada. Monografia (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 66. 2019.

CORDEIRO, M. M.; CHAGAS, T. A. B.; DALA-PAULA, B. M. **Polióis como substitutos à sacarose: obtenção, características químicas e implicações à saúde**. Alfenas: Exatas Online, 2021. p. 11–26. Disponível em: <http://www2.uesb.br/exatasonline/index.php/v12n2>. Acesso em: 31 ago. 2022. ISSN 2178-0471

COSTA, D.; LANNES, S. C. S. Substitutos de sacarose em chocolates: Uma revisão. **Alimentação, Nutrição e Cultura** 2, [S.L.], v. 29, p. 31–45, 2022. Atena Editora. <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.4702229064>

GUERRA, N.M.; SANTOS, E. G.; BEZERRA N.F.; LIMA, J.S.S.; PORTO, V.C.N.; LINO, V.A.S.; QUEIROGA, R.C.F. Post-harvest indices and color parameters in beet roots intercropped with lettuce under organic fertilization and population densities. **Food Science and Technology**, v. 42, 1–9, 2022. <https://doi.org/10.1590/fst.05822>

KONAR, N. Influence of conching temperature and some bulk sweeteners on physical and rheological properties of prebiotic milk chocolate containing inulin. **European Food Research And Technology**, [S.L.], v. 236(1), p. 135–143, 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-012-1873-x>

KONAR, N.; PALABIYIK, I.; TOKER, O. S.; POLAT, D. G.; KELLECI, E.; PIROUZIAN, H.R.; AKCICEK, A.; SAGDIC, O. Conventional and sugar-free probiotic white chocolate: effect of inulin dp on various quality properties and viability of probiotics. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 43, p. 206–213, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2018.02.016>

LEVY, R. B.; CLARO, R. M.; BANDONI, D. H.; MONDINI, L.; MONTEIRO, C. A. Disponibilidade de: distribuição, fontes alimentares e tendência temporal. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [S.L.], v. 15(1), p. 3–12, mar. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-790x2012000100001>

LIANG, B.; HARTEL, R.W. Effects of Milk Powders in Milk Chocolate. **Journal Of Dairy Science**, [S.L.], v. 87(1), p. 20–31, 2004. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)73137-9](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)73137-9)

MARCUS, J.B. Carbohydrate Basics: sugars, starches and fibers in foods and health. **Culinary Nutrition**, [S.L.], p. 149-187, 2013. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-391882-6.00004-2>

RAD, A. H.; PIROUZIAN, H. R.; TOKER, O. S.; KONAR, N. Application of simplex lattice mixture design for optimization of sucrose-free milk chocolate produced in a ball mill. **Lwt**, [S.L.], v. 115, p. 108435, 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108435>

RAD, A. H.; PIROUZIAN, H. R.; KONAR, N.; TOKER, O. S.; POLAT, D. G. Effects of polyols on the quality characteristics of sucrose-free milk chocolate produced in a ball mill. **Rsc Advances**, [S.L.], v. 9(51), p. 29676–29688, 2019. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c9ra04486h>

SARFARAZI, M.; MOHEBBI, M. An investigation into the crystalline structure, and the rheological, thermal, textural and sensory properties of sugar-free milk chocolate: effect of inulin and maltodextrin. **Journal Of Food Measurement And Characterization**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 1568-1581, 17 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11694-020-00405-4>

SELVASEKARAN, P.; CHIDAMBARAM, R. Advances in formulation for the production of low-fat, fat-free, low-sugar, and sugar-free chocolates: an overview of the past decade. **Trends In Food Science & Technology**, [S.L.], v. 113, p. 315-334, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.008>

SON, Y.; CHOI, S.; YOO, K.; LEE, K.; LEE, S.; HWANG, I.; KIM, S. Anti-blooming effect of maltitol and tagatose as sugar substitutes for chocolate making. *Lwt*, [S.L.], v. 88, p. 87-94, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.018>

WANG, C. X.; MINTON, E. A.; ZHANG, J. Sense of Power: policy insights for encouraging consumers' healthy food choice. *Journal Of Public Policy & Marketing*, [S.L.], v. 39, n. 2, p. 188-204, 2020. <http://dx.doi.org/10.1177/0743915620902148>

WHO. **World Health Organization**, 2022. FAO/WHO. UN Report: Global hunger numbers rose to as many as 828 million in 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/06-07-2022-un-report--global-hunger-numbers-rose-to-as-many-as-828-million-in-2021>. Acesso em: 05 de ago. 2022.

WHO. **World Health Organization**, 2023. FAO/WHO. New report highlights neglected health needs of children with developmental disabilities. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/15-09-2023-new-reports-highlights-neglected-health-needs-of-children-with-developmental-disabilities>. Acesso em: 20 de set. 2023.

WHO. **World Health Organization**, 2003. FAO/WHO launch expert report on diet, nutrition and prevention of chronic diseases. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/23-04-2003-fao-who-launch-expert-report-on-diet-nutrition-and-prevention-of-chronic-diseases>. Acesso em: 12 de abr. 2022.

**4. CAPÍTULO 3**

**DESENVOLVIMENTO DE**

**CHOCOLATE AMARGO COM**

**SUBSTITUIÇÃO DA SACAROSE POR**

**MISTURA DE FIBRA COM**

**EDULCORANTES**

## RESUMO

A avaliação de técnicas de substituição de sacarose em formulações de chocolate é essencial para que novos produtos cheguem ao mercado. Este estudo teve como objetivo a comparação físico-química e reológica de chocolates amargos, com açúcar e com substituição total da sacarose por uma mistura comercial, composta por fibra de mandioca e os edulcorantes maltitol, sorbitol, eritritol e glicosídeo de esteviol, já disponível industrialmente, mas sem resultados de aplicações em chocolates, bem como a realização do estudo de vida de prateleira (análises de textura, cor e atividade de água) destes chocolates durante 25 semanas. Para isso, foram desenvolvidas duas formulações de chocolate amargo, uma padrão, com açúcar (PA), e outra sem açúcar (SA). O chocolate SA obteve valores de umidade levemente mais elevados que o chocolate PA. Houve também diferença significativa nos valores de cinzas totais e fibras alimentares ( $p < 0,05$ ), além de um aumento de tensão inicial, tixotropia e viscosidade na amostra SA em comparação à PA. A curva de análise térmica também foi diferente para ambos os chocolates. PA apresentou uma curva característica para chocolates com sacarose, enquanto a formulação SA não apresentou pico de caramelização e demonstrou uma carbonização precoce. Entretanto, não houve diferença significativa no teor proteico e no estudo de vida de prateleira nas primeiras semanas ( $p > 0,05$ ). Os valores de pH, de gordura e de índice de temperagem se mantiveram similares e dentro do adequado. Nenhuma das amostras apresentou alteração de aparência (*fat bloom* ou *sugar bloom*) durante o estudo de vida de prateleira. Mesmo com algumas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os chocolates, eles mantiveram os valores para os parâmetros analisados dentro dos limites previstos em literatura e legislação, e ambos performaram bem. Deste modo, a mistura comercial mostrou-se um eficaz substituto da sacarose em chocolates, suprimindo bem as funções do açúcar no produto.

**Palavras-chave:** Cacau, Produtos para fins especiais, Análise térmica, Reologia, Estruturação de alimentos.



## ABSTRACT

The evaluation of sucrose replacement techniques in chocolate formulations is essential for new products to reach the market. This study aimed the comparison of physicochemical and rheological properties of dark chocolates, with sugar added, and with the total replacement of sucrose by a commercial blend, composed of cassava fiber and the sweeteners maltitol, sorbitol, erythritol, and steviol glycoside, already available industrially, but without results of applications in chocolates, as well as carrying out a shelf-life study (texture, color and water activity analyzes) of these chocolates for 25 weeks. For this, two dark chocolate formulations were developed, one with sugar (PA) and another without sugar (SA). The SA chocolate had slightly higher moisture values than chocolate PA. There was also a significant difference in total mineral values and dietary fibers ( $p < 0.05$ ), in addition to an increase in initial stress, thixotropy and viscosity in the SA sample compared to the PA. The thermal analysis curve was also different for both samples, PA had a characteristic curve for chocolates with sucrose, while SA formulation did not show a caramelization peak and demonstrated an early carbonization. However, there was no significant difference in protein content and shelf-life study in the first weeks ( $p > 0.05$ ). The values of pH, fat and tempering index, remained similar and within the appropriate range. None of the samples showed a change in appearance (fat bloom or sugar bloom) during the shelf-life study. Even with some significant differences ( $p > 0.05$ ) between the chocolates they keep the values to the analyzed parameters within the limits prescribed in literature and legislation, and both performed well. This way, the commercial blend proved to be an effective substitute for sucrose in chocolates, well fulfilling the functions of sugar in the product.

**Keywords:** Cocoa, Special diets products, Thermal analysis, Rheology, Food structure.

## 4.1 INTRODUÇÃO

### 4.1.1 Chocolate

O chocolate pode ser definido como um alimento semissólido, demonstrando características sólidas à temperatura ambiente e tornando-se líquido em temperaturas mais elevadas. Apesar de conter quantidades significativas de gorduras e açúcares, o consumo deste alimento pode ter impactos benéficos na saúde humana, fornecendo antioxidantes essenciais, principalmente polifenóis, como os flavonoides, como a epicatequina, a catequina e, notadamente, as procianidinas (Afoakwa, Paterson e Fowler, 2007; Lannes, 2017).

### 4.1.2 Sacarose

A sacarose, é comumente conhecida como açúcar, um dissacarídeo derivado dos monossacarídeos glicose e frutose. Este composto, desempenha um importante papel em formulações como do chocolate, pois além de ser um agente de dulçor é espessante, umectante, conservante, solubilizante, estabilizante e modificador de textura (Fennema, Damodaran e Parkin, 2018).

#### 4.1.2.1 Funções do açúcar no chocolate

O açúcar é considerado um ingrediente multifuncional no chocolate, devido às suas características estruturais e poder de dulçor. Substituí-lo é geralmente um trabalho desafiador, pois é necessário que esse substituto cumpra todas as funções desempenhadas pela sacarose no chocolate, atuando como agente espessante, texturizador e realçador de sabor (Ibrahim *et al.*, 2020; Richter e Lannes, 2007).

#### 4.1.2.2 *Sugar Bloom*

O *sugar bloom*, é um defeito encontrado em chocolates, que pode ser causado pelo excesso de umidade. O açúcar presente no chocolate tende a se ligar nas moléculas de água disponíveis e acaba migrando para a superfície formando cristais, e causando um esbranquiçamento na superfície do chocolate (Heuler, *et al.*, 2020).

### 4.1.3 Mistura Comercial

No mercado brasileiro, existem algumas opções de ingredientes a serem utilizados como substitutos totais ou parciais da sacarose em alimentos. Além dos edulcorantes, algumas fibras solúveis também são utilizadas na substituição da sacarose, na função de dar corpo ao chocolate.

Devido ao aumento da conscientização sobre o sobrepeso e doenças como obesidade e diabetes associado ao alto valor calórico do açúcar, os consumidores passaram a dar preferência à chocolates com baixo ou nenhum teor de açúcar. Entretanto, a fabricação de chocolates de baixa caloria com a substituição da sacarose, é um grande desafio do ponto de vista físico-químico e sensorial (Selvasekaran e Chidambaram, 2021).

A mistura comercial denominada Docemix (Daxia, Brasil) é, segundo o fabricante, composta por edulcorantes (maltitol, sorbitol, eritritol, e glicosídeo de esteviol) e uma fibra. Esta fibra é denominada de duas maneiras pelo fabricante: “fibra de mandioca”, na ficha técnica da mistura comercial (ANEXO A), e “fibra de tapioca”, na especificação técnica da fibra (ANEXO B) – ambas documentações fornecidas pelo fabricante. Esta mistura é uma das alternativas do mercado para a substituição total da sacarose em formulações alimentícias. Em termos de sinergia de ingredientes, o sorbitol e o maltitol são polióis com maior dulçor que o eritritol. Isto permite o ajuste do sabor ao combinar os três. Enquanto o eritritol é de baixa caloria, o sorbitol e o maltitol possuem teor calórico um pouco mais alto, criando uma mistura com valor calórico intermediário. Outro ponto importante é que o sorbitol é higroscópico, enquanto os demais não, o que minimiza a absorção de umidade. Adicionalmente, o eritritol é menos metabolizado que o sorbitol e o maltitol, reduzindo os efeitos laxativos em uso excessivo. Além disso, os três polióis destacam-se por sua capacidade de conferir doçura sem induzir elevações bruscas nos níveis de glicose sanguínea, mantendo baixo o índice glicêmico, e tornando-os particularmente indicados para indivíduos diabéticos (Awuchi, 2017). Em contrapartida, o glicosídeo de esteviol, extraído das folhas da planta Stevia, é um componente de doçura de origem natural, caracterizando-se ainda por seu baixo valor calórico (Tandel, 2011). Enquanto a fibra de mandioca, provém corpo ao produto (Montes *et al.*, 2015).

#### 4.1.3.1 Fibra de Mandioca/Tapioca

Segundo Michail (2020), a empresa FiberVita Brasil possui a patente tecnológica de processo que utiliza o co-produto da indústria de processamento de amido de mandioca, a fibra de tapioca. A fibra é extraída por processo mecânico da casca da mandioca, sendo constituída,

principalmente, de fibras insolúveis, e fibras solúveis em menor proporção, naturalmente presentes na matéria-prima. Esta fibra é considerada um ingrediente multifuncional, capaz de substituir muitos aditivos em um único produto.

De acordo com o fabricante da “fibra de tapioca”, ela é composta por fibra de mandioca e amido, em uma relação de cerca de 55–60 % de fibra para 40–45 % de amido, sendo a composição do amido 83 % amilopectina e 17 % amilose. A propriedade higroscópica deste composto permite que ele seja utilizado como emulsificante, agente de corpo, e estabilizante, além de ser utilizado como redutor de açúcar, gordura e calorias em alguns produtos, podendo até mesmo estender a vida útil de produtos. Entretanto, por possuir elevada umidade, recomenda-se a utilização em baixas dosagens, o que não contribui significativamente com o teor de fibras no produto final.

Alguns sinônimos da fibra proveniente do processamento da mandioca são: Fibra de Mandioca, Fibra Solúvel de Tapioca, Fibra Prebiótica de Amido de Tapioca, Fibra de Tapioca Não-OGM, entre outros (Anderson Global Group, 2022). A denominação “fibra de tapioca” é utilizada especificamente como denominação comercial dentro das indústrias do ramo alimentício e o produto a que se refere, trata-se de um componente diferente da farinha de tapioca, o qual não é facilmente encontrado em supermercados ou demais comércios. Trata-se de um produto relativamente novo, do qual ainda não se tem muitas informações dissipadas pelo meio acadêmico-científico, sendo mais conhecido dentro do ambiente industrial.

#### 4.1.3.1 Maltitol

O maltitol é um poliol dissacarídico obtido pela hidrogenação da maltose. Apresenta um nível de doçura entre 75–95 % comparado a sacarose, valor calórico de 2,7 kcal/g e não é cariogênico. Além disso, o maltitol possui solubilidade de 62 % a 20 °C, e ponto de fusão entre 130–135 °C (Selvasekaran e Chidambaram, 2021).

#### 4.1.3.2 Sorbitol

O sorbitol é obtido por meio da hidrogenação catalítica da glicose. Em termos sensoriais, é reconhecido por proporcionar uma sensação de frescor e de derretimento na boca, possuindo aproximadamente 60–70 % de dulçor em relação a sacarose, possui valor calórico de 2,5 kcal/g. É higroscópico e não cariogênico (Beckett, 2009; Mooradian, Smith e Tokuda, 2017).

#### 4.1.3.3 Eritritol

O eritritol é obtido pela fermentação da glicose e sacarose. O poder de dulçor é de aproximadamente 60–80 % comparado à sacarose, possui valor calórico de 0,2 kcal/g, e não é higroscópico (Mooradian, Smith e Tokuda, 2017).

#### 4.1.3.4 Glicosídeo de esteviol

O glicosídeo de esteviol (stevia) é um adoçante natural de alta intensidade não nutritivo, obtido a partir da extração da planta *Stevia rebaudiana*. O poder de dulçor é de aproximadamente 200–400x maior que o da sacarose (Selvasekaran e Chidambaram, 2021).

### 4.1.4 Legislação

No Brasil, o chocolate é um alimento regulamentado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que é responsável, desde a designação do alimento e limites de constituintes até a rotulagem. A Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 723 de 2022, estabelece as normas sanitárias para diferentes produtos, incluindo açúcar, açúcar líquido invertido, açúcar de confeitiro, adoçante de mesa, balas, bombons, cacau em pó, cacau solúvel, chocolate, chocolate branco, goma de mascar, manteiga de cacau, massa de cacau, melaço, melado e rapadura. Conforme especificado por esta resolução, um chocolate deve conter pelo menos 25 % de sólidos totais de cacau e pode apresentar diversas variações em termos de recheio, cobertura, formato e consistência (Brasil, 2022a).

Pela legislação brasileira, um chocolate *diet*, com restrição de açúcar, é definido como um produto para fins especiais, estando ele enquadrado na Resolução da Diretoria Colegiada nº 715, de 1 de julho de 2022. De acordo com essa resolução, os alimentos designados para fins especiais são aqueles nos quais há alterações no teor de nutrientes, sendo adaptados para serem utilizados em dietas específicas, diferenciadas e/ou opcionais, a fim de atender às exigências de indivíduos em condições metabólicas e fisiológicas particulares (Brasil, 2022b).

Como os demais alimentos regulamentados pela Anvisa, a rotulagem de um chocolate deve atender às legislações de rotulagem geral. Estas legislações compreendem: a Resolução RDC nº 727, de 1 de julho de 2022, e as normativas referentes à rotulagem nutricional, como a Resolução RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020, que trata da rotulagem nutricional de alimentos embalados, e a Instrução Normativa - IN nº 75, de 8 de outubro de 2020, que

estabelece os requisitos técnicos para a declaração da rotulagem nutricional em alimentos embalados. (Brasil, 2022c; Brasil, 2020a; Brasil, 2020b).

#### **4.1.5 Propriedades físicas e físico-químicas do chocolate**

##### 4.1.5.1 Atividade de água (aw)

A atividade de água (aw) é uma análise muito importante, utilizada para avaliar a restritividade do crescimento microbiano. Além disso, influencia na oxidação lipídica, e outras reações como o escurecimento não enzimático e a degradação das vitaminas. Deste modo, o controle de aw é muito importante, pois reações de deterioração podem ocorrer em pouco tempo em um alimento, já que muitos dos ingredientes alimentícios são suscetíveis à hidrólise, ocorrendo rompimentos estruturais na presença de água livre no produto final (Fennema, Damodaran e Parkin, 2018). Dentre os vários parâmetros físico-químicos, aw é um dos principais, sendo responsável pela estabilidade do alimento, modulando resposta microbiana, e determinando o tipo de microrganismos encontrados nos alimentos (Tapia, Alzamora e Chirife, 2020).

Para o chocolate padrão elaborado com sacarose, a reduzida atividade de água (0,3 a 0,5) e a elevada porcentagem de gordura (50 %) podem representar um obstáculo para a proliferação de enteropatógenos. No entanto, a baixa atividade de água (< 0,60) não restringe a sobrevivência de bactérias no produto (Reolon, *et al.*, 2012).

##### 4.1.5.2 Textura

A textura é uma característica muito importante para o chocolate. Geralmente, esta propriedade é avaliada por análise sensorial, ou por equipamentos como texturômetros em casos de uma análise mais objetiva (Beckett, 2008).

##### 4.1.5.3 Viscosidade

A viscosidade está relacionada ao fluxo do material. Quanto maior a viscosidade, maior a força necessária para o material fluir. A força necessária para causar o deslocamento do material é denominada tensão de cisalhamento (Beckett, 2008).

#### 4.1.6 Gordura

A gordura mais utilizada no chocolate é a manteiga de cacau, obtida a partir da prensagem do líquor de cacau. Os principais ácidos graxos da manteiga de cacau que representam aproximadamente 95 % são, o ácido oléico (C18:1) com cerca de 35 %, ácido esteárico (C18:0) com 34 %, e ácido palmítico (C16:0) com aproximadamente 26 %. (Beckett, 2008).

##### 4.1.6.1 Cristalização da gordura

A manteiga de cacau é polimórfica, ou seja, pode se cristalizar de seis diferentes maneiras, classificadas de I a VI ou por letras gregas. O polimorfismo ocorre, pois, as diferentes moléculas de gordura podem se encaixar de diferentes maneiras. O ângulo em que essas moléculas se encaixam, determina a sua estabilidade. As formas V e VI são consideradas mais estáveis, apresentando maior temperatura de fusão (Beckett, 2008).

##### 4.1.6.2 *Fat Bloom*

O *fat bloom* é caracterizado pela migração de parte da gordura para a superfície do chocolate, seguida de uma cristalização. A falta de brilho e o aparecimento de manchas brancas na superfície do chocolate o deixa com uma aparência não atrativa. Vários estudos atribuem a geração de *fat bloom* à transição de cristais  $\beta$  para  $\beta_1$  durante armazenamento prolongado e variação de temperatura (Chen *et al.*, 2022).

#### 4.1.7 Objetivo

Este estudo objetivou desenvolver um chocolate com uma combinação alternativa de substituintes de sacarose, que consiste em fibra de mandioca e uma mistura de edulcorantes (maltitol, sorbitol, eritritol e glicosídeo de esteviol), em chocolate amargo e avaliar seus efeitos sobre as características físico-químicas, reológicas e nutricionais, em comparação a um padrão de referência (chocolate amargo com sacarose).

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Materiais

Para a produção dos chocolates, utilizou-se:

- Manteiga de cacau (IBC – Indústria Brasileira de Cacau, Brasil);
- Líquor de cacau (IBC – Indústria Brasileira de Cacau, Brasil);
- Lecitina de soja (Tovani, Brasil);
- PGPR – Ésteres de ácido ricinoléico interesterificado com poliglicerol (Tovani, Brasil);
- Aroma de baunilha em pó (Mix, Brasil);
- Mistura Comercial – Docemix (Lista de ingredientes segundo fabricante: fibra de mandioca, edulcorantes: maltitol, sorbitol, eritritol e glicosídeo de esteviol.) (Daxia, Brasil);
- Açúcar refinado (Sacarose) (Camil, Brasil).

### 4.2.2 Métodos

Após a produção dos chocolates, todas as análises químicas e físico-químicas foram realizadas em triplicata.

#### 4.2.2.1 Produção de chocolates

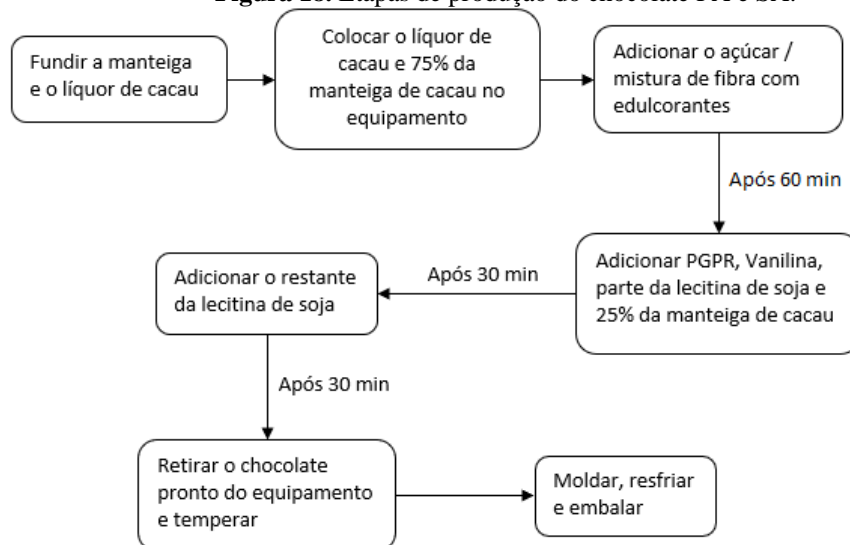
Foram efetuadas aquisições de ingredientes provenientes de fornecedores reconhecidos em prol da produção de chocolates. Todo o processo de desenvolvimento e produção do chocolate foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos III, situado na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. O laboratório dispõe de uma linha de produção de escala laboratorial, que permite uma redução de espaço, tempo e recursos financeiros necessários para a confecção de chocolates. O equipamento conta com uma integração das fases de mistura, refino e conchagem, nas quais são conduzidas pelo equipamento de mistura universal com moinho de bolas WA-FA20 (Mazzetti, Itália).

Para a produção, os ingredientes das formulações padrão (PA) e sem açúcar (SA) foram incorporados em sequência ao equipamento, mantendo a temperatura de trabalho a 45 °C (Figura 18). O processo de temperagem do chocolate foi conduzido utilizando a temperadeira de chocolate Temperchoco (Universal, Brasil). Depois do processo de pré-cristalização,



colocou-se o chocolate em moldes e resfriado a uma temperatura de  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$  durante 20 minutos, antes de ser desmoldado, embalado e estocado.

**Figura 18.** Etapas de produção do chocolate PA e SA.



**Fonte:** O próprio autor.

As formulações elaboradas para este estudo estão apresentadas na Tabela 17.

**Tabela 17.** Formulações desenvolvidas para chocolate amargo 60% com e sem açúcar.

Ingredientes	Porcentagem (%)	
	PA	SA
líquor de cacau	50,00	49,50
açúcar	38,50	-
manteiga de cacau	10,00	10,73
lecitina de soja	0,50	0,66
vanilina	0,50	0,50
PGPR	0,50	0,50
mistura comercial	-	38,12

**Fonte:** O próprio autor.

#### 4.2.2.2 Vida útil

Os chocolates foram produzidos em barras retangulares de dimensões de 9,50 mm (largura) x 1,00 mm (altura) x 1,70 mm (espessura), de aproximadamente 13,00 g. As barras foram alocadas em formas de alumínio e embaladas em papel alumínio, simulando uma

embalagem laminada de chocolate. Ambas as amostras foram armazenadas em uma câmara climática a temperatura constante de 20 °C sob umidade relativa a 60 %. Para o estudo de vida útil foram determinadas atividade de água, textura e cor dos produtos ao longo do período de 25 semanas, em intervalos de 07 dias.

#### 4.2.2.1.1 Colorimetria

Para a análise colorimétrica foi utilizado o colorímetro Colorium2 (Delta Color, Rio Grande do Sul, Brasil), para avaliar os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ , os quais se referem respectivamente à luminosidade (preto ao branco), cor (verde ao vermelho), cor (azul ao amarelo), croma (saturação) e tonalidade. Os dados obtidos de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , foram tratados através do *software* Lab7. Com os dados obtidos e com base na Equação 1 do Capítulo 2, proposta por Lohman & Hartel (1994), foi possível obter o índice de brancura (WI-Whiteness Index). O croma ( $C^*$ ), a tonalidade ( $h^\circ$ ) e a diferença total de coloração ( $\Delta E$ ), foram calculados conforme Equações 2, 3 e 4, respectivamente, citadas no Capítulo 2.

#### 4.2.2.1.2 Reologia

Realizou-se ensaio rotacional em Reômetro MARS II (Thermo Scientific, Karlsruhe, Alemanha), com o *software* Rheowin acoplado, com rotor C35/2 ( $d=35$  mm, ângulo 2DEG), com gap de 0,105 mm. Após o pré-condicionamento da amostra a 40 °C. Utilizou-se uma quantidade de amostra suficiente para cobrir o espaço entre o rotor e a base. Os resultados obtidos foram inseridos à equação de Casson para a determinação dos valores de viscosidade plástica e tensão inicial (IOCC, 2000; Lannes, 2008). Os valores de tixotropia foram determinados com base na diferença entre a área 1 (A1) que representa a curva de aumento e a curva de redução que é a área 2 (A2), da tensão de cisalhamento, obtidos, como demonstrado no esquema da Figura 12 do Capítulo 2.

#### 4.2.2.1.3 Textura

Realizou-se testes de força de quebra, em triplicata, com cada uma das amostras de chocolates PA e SA. As amostras foram previamente condicionadas a 25 °C, e os testes por meio do analisador de textura Brookfield CTX (AMETEK, Brookfield, Middleboro, MA, EUA), com probe (Fixture) TA-TPB. Os parâmetros utilizados foram: velocidades *trigger*

*value*: 1 mm.s<sup>-1</sup>, *target value*: 2 mm/s, fim de teste: 17 mm/s, distância: 4 mm, célula de carga: 50 kg, força em compressão 0,05 N. E obteve-se os dados através do *software* Texture Pro V1.0 Build 15.

#### 4.2.2.3 Análise Térmica

Realizou-se as análises de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC - Differential Scanning Calorimetry) por meio do equipamento DSCi Series da Instrument Specialists Incorporated, I Series, Twin Lakes, WI, EUA). Inicialmente, realizou-se a calibração do aparelho a uma taxa de varredura de 20 °C por minuto, utilizando-se panela de alumínio vazia como padrão (branco). Logo após, foram adicionadas as amostras (3 mg) nas panelas de alumínio com volume de 40 µL. Selou-se as panelas com tampa, utilizando-se um recravador. Aqueceu-se à 20 °C/min de 15 °C a 250 °C sob atmosfera de nitrogênio (N<sub>2</sub>) (Agibert, 2018). Através do *software* Infinity Pro-Thermal Analysis (Instrument Specialists Incorporated, Twin Lakes, WI, EUA) foi possível obter a curva de aquecimento com base nos resultados obtidos pelo *software* Acquire (Instrument Specialists Incorporated, Twin Lakes, WI, EUA) os quais possibilitaram a determinação das propriedades térmicas (temperaturas de início, pico e fim de fusão; caramelização e carbonização).

#### 4.2.2.4 Composição Nutricional

As análises físico-químicas para a quantificação de cinzas e umidade nos chocolates amargos foram conduzidas por meio das técnicas estabelecidas pela *Association Of Official Analytical Chemists* (2005).

Para a extração dos lipídeos totais do chocolate amargo utilizou-se como base a metodologia 36 C/04, de acordo com Schetty *et al.* (1969) e adaptado por Lannes (1997). Inicialmente, efetuou-se a hidrólise ácida do material com o intuito de separar os lipídeos das proteínas e dos açúcares, procedendo em seguida à extração por Soxlet. Para essa finalidade, tratou-se previamente as amostras de 10 g de chocolate moído com uma solução composta por 75 mL de ácido clorídrico concentrado (37 %) e 200 mL de água destilada, submetidas a ebulição por 20 minutos, filtradas com 3 L de água fervida e secas em estufa no próprio papel de filtro por 12 horas a 75 °C. A extração ocorreu utilizando éter de petróleo durante cerca de 4 horas em um extrator de Soxlet. O solvente (éter) foi evaporado após o resfriamento, e o

produto foi submetido a uma estufa a 100°C por 1 hora, tempo necessário para atingir peso constante. A pesagem foi realizada após o resfriamento em um dessecador sob vácuo.

O perfil de ácidos graxos foi realizado utilizando uma metodologia otimizada do Método Hartman e Lago (Otimização do Método Hartman e Lago de Preparação de Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos, 1973) (EMBRAPA, 2018). Os ácidos graxos obtidos por extração lipídica foram transformados em ésteres metílicos, utilizando KOH 0,5 N e uma solução reagente em metanol. Realizou-se as análises em um cromatógrafo gasoso Varian GC, modelo 430 GC, equipado com um injetor automático, detector de ionização de chamas e o *software* "Varian's Galaxie Chromatography Software". Utilizou-se uma coluna capilar de sílica fundida SP-2560 (Supelco, EUA) com 100 metros de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno, contendo 0,2 µm de polietilenoglicol dentro da coluna. Os parâmetros incluíram injeção split com uma proporção de 50:1; coluna à 140 °C por 5 minutos, aquecida gradualmente até atingir 240 °C a uma taxa de 4 °C por minuto, a análise utilizou gás de arraste hélio a uma pressão isobárica de 37 psi. A velocidade linear foi mantida em 20 cm/s, com um fluxo de gás make-up hélio de 29 mL/min. O injetor e o detector foram ajustados para uma temperatura de 250 °C cada. A identificação qualitativa foi realizada comparando os tempos de retenção dos picos com os padrões correspondentes de ácidos graxos. A determinação quantitativa foi conduzida através da normalização da área, expressa como porcentagem em massa, conforme descrito na metodologia oficial AOCS Ce 1-62 (AOCS, 1997).

A quantificação de proteínas foi realizada utilizando o equipamento Micro-Kjeldahl, seguindo a metodologia adaptada do AOAC 970.22 (1990). Para isso, 0,2 g de chocolate moído foram digeridos em 5,0 mL de ácido sulfúrico concentrado e 2,0 g de uma mistura catalítica de sulfato de cobre e sulfato de potássio (1:10). Após destilação, a amônia produzida foi titulada com solução de ácido clorídrico 0,02 N para calcular o teor de proteínas.

A quantificação da Fibra Alimentar Total (FAT) foi realizada por meio do método enzimático-gravimétrico, que se baseia na determinação do peso do resíduo resultante da eliminação do amido e proteína. Esse processo envolve a hidrólise enzimática seguida da precipitação da fibra alimentar total em etanol a 78 %, conforme descrito no item 045/IV da coletânea de métodos físico-químicos para alimentos do Instituto Adolfo Lutz, IAL (IAL, 2004).

A análise dos glicídios (glicídios redutores em glicose, glicídios não-redutores em sacarose e glicídios totais) nos chocolates formulados foi conduzida conforme as metodologias estabelecidas pela *Association of Official Analytical Chemists* (2005). O Valor Energético e o carboidrato foram calculados com base nas conversões indicadas na Instrução Normativa – IN

75/2020. Enquanto os valores de Sódio foram calculados teoricamente com base nos valores indicados nas Fichas-Técnicas do fabricante da matéria-prima de cada chocolate.

#### 4.2.2.5 Determinação da atividade de água

A quantificação da atividade de água foi conduzida utilizando o equipamento Novasina modelo LabMaster (Novasina, Suíça), operando a 25 °C.

#### 4.2.2.6 Microscopia Óptica

A análise de microscopia foi realizada no equipamento modelo BX51 (Olympus, Japão) utilizando-se as lentes de aumento ocular de 10x, 20x e 40x.

#### 4.2.2.7 Granulometria

Utilizou-se um granulômetro de tamises Produtest (Brasil), com peneiras classificatórias, conforme Figura 19, por 5 min na velocidade de 8 rpm (Lannes, 2005).

**Figura 19.** Granulômetro.



**Fonte:** O próprio autor.

Alinhou-se o número de peneiras de forma a garantir que não houvesse mais de 20% do material retido na peneira inicial e no fundo. As peneiras utilizadas estão apresentadas na Tabela 18.

**Tabela 18.** Tamises utilizados na análise.

<b>ABNT</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>TYLER</b>
20	0,850	20
30	0,590	28
60	0,250	60
100	0,150	100
140	0,106	150
230	0,062	250
fundo	-	fundo

**Fonte:** O próprio autor.

O cálculo da massa retida em cada peneira foi realizado de acordo com a Equação (5).

$$M_i = \frac{m_i}{m_0} \times 100 \quad (5)$$

Na qual:

$M_i$  – Material retido na peneira  $i$ , em %;

$m_i$  = massa do material retido na peneira  $i$ ;

$m_0$  = massa da amostra.

Para determinar o tamanho médio das partículas retidas em cada tamise, utilizou-se a Equação (6).

$$\bar{X}_i = \frac{a_i + a_m}{2} \quad (6)$$

Na qual:

$\bar{X}_i$  = tamanho médio das partículas retidas em cada tamise;

$a_i$  = abertura do tamis, em mm;

$a_m$  = abertura do tamis superior.

Por fim, para determinar o diâmetro médio das partículas na amostra, utilizou-se a Equação (7).

$$d = M_i \times \bar{X}_i \quad (7)$$

Na qual:

$d$  = diâmetro médio das partículas na amostra;

$M_i$  = Material retido na peneira  $i$ , em %;

$\bar{X}_i$  = tamanho médio das partículas retidas em cada tamis.

#### 4.2.2.8 Determinação de triacilgliceróis

A análise estatística para a avaliação dos triacilgliceróis foi conduzida utilizando o *software* LAMES triacilgliceróis (Universidade Federal de Goiás, Brasil). Esse *software* emprega o modelo de distribuição 1,2,3-randômico para estimar a porcentagem molar dos triacilgliceróis em uma amostra com base na concentração dos ácidos graxos presentes.

#### 4.2.2.9 Determinação da curva de temperagem do chocolate

Conduziu-se os ensaios de índice de temperagem dos chocolates no equipamento Multitherm TC (Buhler, Suíça), imediatamente após etapa de temperagem dos chocolates.

#### 4.2.2.10 Determinação de pH

Foi conduzida em pHmetro previamente calibrado com soluções tampão de pH 4, 7 e 10, modelo TEC-7 (TECNAL equipamentos científicos, Piracicaba, São Paulo, Brasil), após a dispersão de 5 g de amostra em 50 mL de água destilada.

#### 4.2.2.11 Análise estatística

Para análise dos dados com nível de confiança de 95%, realizou-se a análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey. O estudo estatístico foi realizado no *software* Microsoft Excel 2010 (EUA).

#### 4.2.2.12 Briefing de caracterização de produto

O briefing do produto foi criado seguindo o modelo de briefing para desenvolvimento de produto proposto pela empresa Duas Rodas industrial S.A. (Duas Rodas, 2023). Para a criação do briefing de caracterização dos chocolates, separou-se seis pares de amostras, compostos por uma amostra de chocolate amargo padrão com açúcar (PA) e uma amostra de chocolate amargo sem açúcar (SA). Em um grupo formado por seis pessoas do Laboratório de Tecnologia de Alimentos III, avaliou-se e comparou-se as características dos chocolates PA e SA.

## 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.3.1 Extração e determinação do teor de lipídeos totais no líquido de cacau

A análise de extração lipídica do líquido de cacau utilizado resultou no valor de  $52,27 \pm 1,17$ . O líquido de cacau possui aproximadamente 55 % de manteiga de cacau. Entretanto, esse valor pode variar, de acordo com a variedade do fruto e do tipo de extração (Ayres, 2007; Afoakwa, 2016; Lannes, 2017).

### 4.3.2 Composição em ácidos graxos na fase gordurosa (manteiga de cacau) do líquido e da manteiga de cacau

De acordo com Simoneau *et al.* (1999) a gordura do cacau é majoritariamente formada por triglicerídeos, contendo em torno de 95 % em sua composição, sendo o restante di e monoglicerídeos, ácidos graxos, fosfolipídeos, antioxidantes, dentre outros componentes. Os ácidos graxos em maior quantidade na gordura do cacau são: Palmítico, 16:0 (P); Esteárico, 18:0 (S), e Oleico, 18:1 (O). Na Tabela 19 é possível observar a composição em ácidos graxos do líquido e da manteiga de cacau utilizada nos chocolates.

**Tabela 19.** Composição em ácidos graxos da fase gordurosa do líquido e da manteiga de cacau.

Ácido Graxo	Líquido de cacau	Manteiga de cacau
C16:0 Ácido Palmítico	$27,00 \pm 0,10^a$	$26,10 \pm 1,50^a$
C16:1 Ácido Palmitoleico	$0,20 \pm 0,10^a$	$0,30 \pm 0,10^a$
C18:0 Ácido Esteárico	$36,10 \pm 0,10^a$	$37,40 \pm 0,70^a$
C18:1n9c Ácido Oleico	$32,80 \pm 0,10^a$	$32,90 \pm 0,60^a$
C18:2n6c Ácido Linoleico	$2,90 \pm 0,10^a$	$2,80 \pm 0,10^a$
C20:0 Ácido Araquídico	$1,10 \pm 0,10^a$	$1,20 \pm 0,10^a$

**Fonte:** O próprio autor.

Nota: Valores com letras iguais na mesma linha, indicam que não há diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

A análise dos ácidos graxos na porção lipídica tanto do líquido quanto da manteiga de cacau revelou semelhança notável com os dados fornecidos por Beckett (2009).



### 4.3.3 Composição em triacilgliceróis calculada

A Tabela 20 mostra a composição em triacilgliceróis do líquido e da manteiga de cacau utilizados nos chocolates, calculada conforme a quantidade de carbonos.

**Tabela 20.** Composição em triacilgliceróis do líquido e da manteiga de cacau.

Amostra	Quantidade de carbonos dos triacilgliceróis (%)					
	C 48	C 50	C 52	C 54	C 56	C 58
Líquor de cacau	1,99	15,82	42,15	38,3	1,71	0,03
Manteiga de cacau	1,80	14,97	41,77	39,68	1,75	0,03

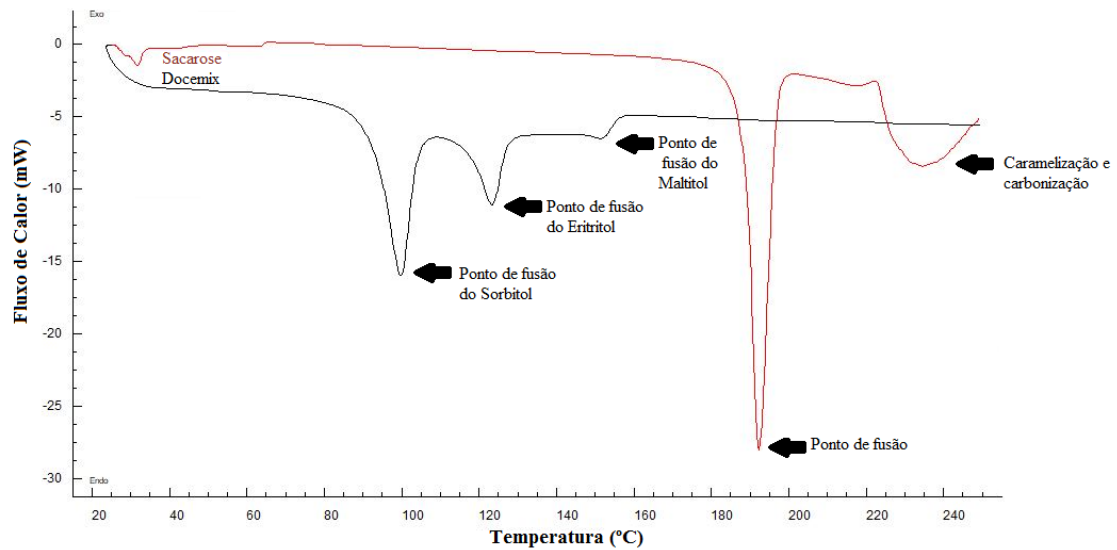
Fonte: O próprio autor.

Os resultados obtidos para os triacilgliceróis C50, C52 e C54, tanto no líquido quanto na manteiga de cacau, são bastante similares aos indicados por Ayres (2019) para chocolates formulados com líquido de cacau. De acordo com a Tabela 3, 96,27 % do líquido de cacau e 96,42 % da manteiga de cacau são constituídos pelos triacilgliceróis predominantes que determinam o padrão de cristalização da gordura do cacau (POP, POS e SOS).

### 4.3.4 Análise térmica da mistura comercial

De acordo com Santos (2011), o ponto de fusão para a sacarose cristalina varia em um intervalo de 160 a 191 °C. Com o aquecimento a partir de 200 °C, a degradação da sacarose se faz por desintegração formando o caramelo, e seu contínuo aquecimento leva a sua carbonização ou queima. Neste estudo, a sacarose apresentou ponto de fusão entre 190–195 °C, seguida de caramelização e carbonização, simultaneamente, em aproximadamente 225–245 °C. Em contrapartida, a mistura comercial de edulcorantes e fibra (Docemix) apresentou três picos distintos, de 100 °C, 125 °C, 150 °C, respectivamente (Figura 20). Comparado a revisão bibliográfica apresentada por Costa e Lannes (2022), os três picos correspondem exatamente aos pontos de fusão dos edulcorantes contidos no produto comercial utilizado neste trabalho, sendo o primeiro sorbitol, o segundo eritritol e o terceiro maltitol. Não foi observado um pico para o ponto de fusão da stevia (198 °C), mesmo a temperatura estando dentro da faixa de temperatura estudada. Entretanto, pelo seu alto poder de dulçor e por ser o último composto indicado na lista de ingredientes da mistura comercial, pressupõe-se que a quantidade de stevia no composto é muito pequena (Costa e Lannes, 2022).

**Figura 20.** Análise térmica da Sacarose em comparação com a mistura comercial.

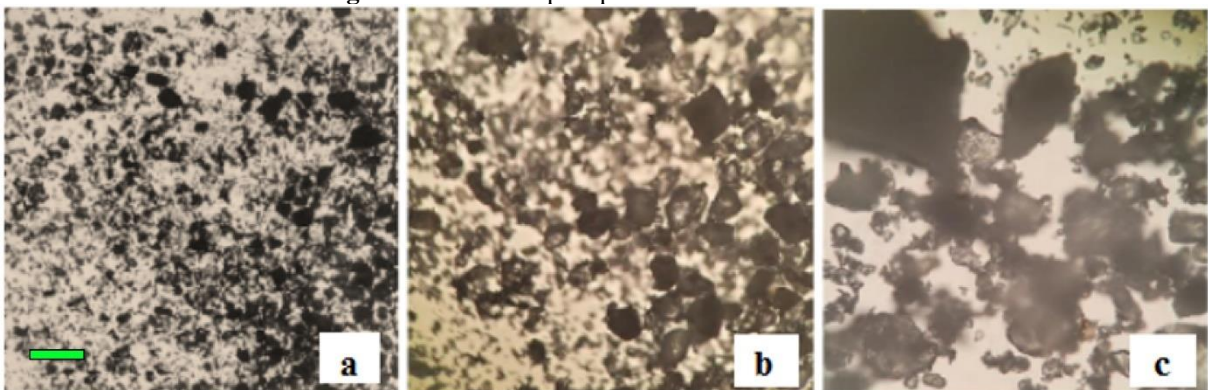


Fonte: O próprio autor.

#### 4.3.5 Microestrutura da mistura comercial

Neste estudo, não foi mensurado especificamente o tamanho das partículas contidas na mistura comercial. Entretanto, analisou-se o composto microscopicamente a fim de se avaliar a presença de um padrão na granulometria da mistura. A Figura 21 mostra o resultado obtido na análise.

**Figura 21.** Microscopia óptica da mistura comercial.



Fonte: O próprio autor.

Nota: Lente ocular de (a)10x, (b) 20x e (c) 40x. Barra verde no canto inferior esquerdo representa  $10^3 \mu\text{m}$ .

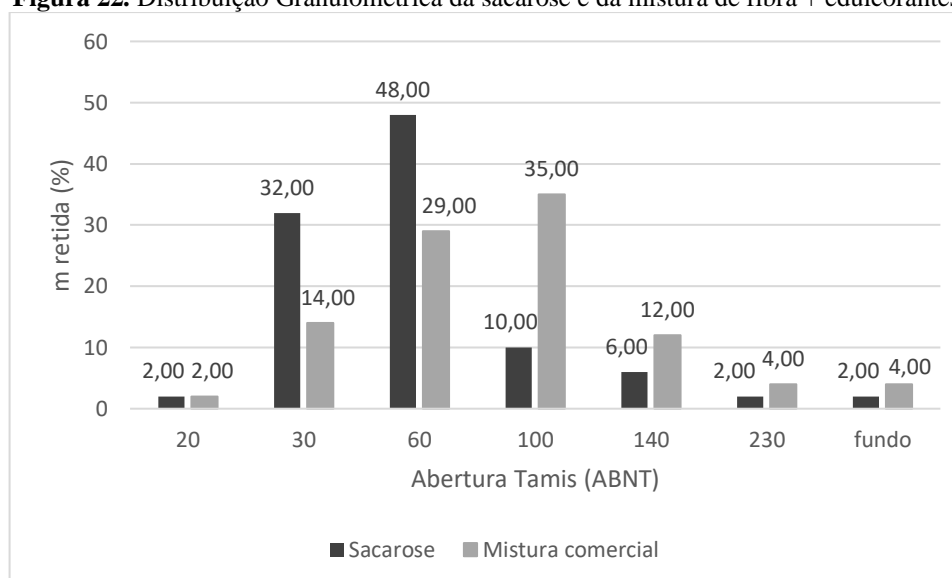
Por se tratar de uma mistura de cristais de edulcorantes (maltilol, sorbitol, eritritol e glicosídeo de esteviol) e fibra (fibra de mandioca) notou-se, que o composto não apresenta uma

granulometria padronizada, contendo quatro tipos de grânulos (cristais) de diferentes tamanhos e a fibra dispersa entre eles, o que pode dificultar o processo de mistura do chocolate.

#### 4.3.6 Distribuição granulométrica do açúcar e da mistura comercial

A distribuição granulométrica das partículas nos tamises apresentou comportamentos distintos para o açúcar e a mistura comercial, como visto na Figura 22, assim como diâmetro médio das partículas, que apresentou resultados para sacarose de  $d=0,25$  mm, enquanto para a mistura comercial foi de 0,19 mm.

**Figura 22.** Distribuição Granulométrica da sacarose e da mistura de fibra + edulcorantes.



**Fonte:** O próprio autor.

Na Figura 22, é possível observar que a sacarose possui mais partículas (80 %) nas granulometrias entre 30 e 60 (0,50–0,590 mm). Enquanto a mistura comercial apresentou maior distribuição no tamanho das partículas, entretanto com mais partículas (55 %) nas granulometrias entre 60 e 100 (0,150-0,250 mm), possuindo a sacarose, no geral, partículas maiores que a mistura comercial.

Segundo o fabricante da “fibra de tapioca” utilizada na mistura comercial, a fibra possui mais de 75 % dos grânulos com tamanho de 106  $\mu$ m. Deste modo, entende-se que a maioria das partículas retidas na peneira 140 (12 % da mistura comercial), trata-se de “fibra de tapioca”. O fabricante da mistura comercial não estabeleceu os valores da granulometria na especificação técnica do produto.

### 4.3.7 Atividade de água do líquido de cacau

O líquido de cacau utilizado no estudo apresentou uma atividade de água de  $0,38 \pm 0,1$ . Esse valor está em conformidade com o estudo de Nascimento *et al.* (2011), que indicou uma faixa de valores de atividade de água de 0,22 a 0,80, dependendo do tipo de cacau do qual o líquido é proveniente, assim como das condições de armazenamento.

### 4.3.8 Chocolates Formulados

#### 4.3.8.1 Informação Nutricional

De acordo com o artigo 4 da Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 429/2020, a apresentação da tabela de informações nutricionais é uma exigência nos rótulos de alimentos embalados quando estes são destinados ao consumo e embalados na ausência do consumidor, abrangendo bebidas, ingredientes, aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia (Brasil, 2020). Pode-se observar os valores obtidos para chocolate PA, dentro dos padrões legislativos na Figura 23.

**Figura 23.** Tabela Nutricional do chocolate PA (IN 75/2020).

<b>INFORMAÇÃO NUTRICIONAL</b>			
Porção: 25 g (1 embalagem)			
	<b>100 g</b>	<b>25 g</b>	<b>%VD*</b>
Valor energético (kcal)	551	138	7
Carboidratos (g)	47	12	4
Açúcares totais (g)	32	8	
Açúcares adicionados (g)	28	6,8	14
Proteínas (g)	6,5	1,6	3
Gorduras totais (g)	36	9	14
Gorduras saturadas (g)	23	5,8	29
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibras alimentares (g)	6,4	1,6	6
Sódio (mg)	12	3	0

\*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

**Fonte:** O próprio autor.

Conforme o artigo 18 da Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 429/2020, a inclusão da rotulagem nutricional frontal é compulsória nos rótulos dos alimentos embalados na ausência do consumidor. Isso ocorre nos casos em que as quantidades de açúcares adicionados, gorduras saturadas ou sódio, atinjam ou ultrapassem os limites estabelecidos no Anexo XV da Instrução

Normativa - IN nº 75, de 2020, que seriam  $\geq 15$  g/100 g,  $\geq 6$  g/100 g ou  $\geq 600$  mg/100 g, respectivamente. Dentro do discriminado na legislação, o chocolate PA deveria apresentar em seu rótulo os selos frontais de “Açúcar Adicionado” e “Gordura Saturada” conforme indicado na Figura 24.

**Figura 24.** Selo Nutricional Frontal do Chocolate PA.



**Fonte:** BRASIL, 2020.

Pode-se observar os valores obtidos para chocolate SA, dentro dos padrões legislativos, na Figura 25.

**Figura 25.** Tabela Nutricional do chocolate SA (IN 75/2020).

<b>INFORMAÇÃO NUTRICIONAL</b>			
Porção: 25 g (1 embalagem)			
	<b>100 g</b>	<b>25 g</b>	<b>%VD*</b>
Valor energético (kcal)	408	105	5
Carboidratos (g)	45	11	4
Açúcares totais (g)	2,6	0,7	
Açúcares adicionados (g)	0	0	0
Poliois totais (g)	19	4,8	
Maltitol (g)	7,6	1,9	
Sorbitol (g)	7,6	1,9	
Eritritol (g)	3,8	1	
Proteínas (g)	6	1,5	3
Gorduras totais (g)	36	9	14
Gorduras saturadas (g)	23	5,8	29
Gorduras trans (g)	0	0	0
Fibras alimentares (g)	6,9	1,7	7
Sódio (mg)	8,3	2,1	0

\*Percentual de valores diários fornecidos pela porção.

**Fonte:** O próprio autor.

O chocolate SA não é acrescido de carboidratos considerados “Açúcares Adicionados” pela legislação (Brasil, 2020). Deste modo, o chocolate SA deveria apresentar em seu rótulo apenas o selo frontal de “Gordura Saturada” conforme indicado na Figura 26.

**Figura 26.** Selo Nutricional Frontal do Chocolate SA.



**Fonte:** BRASIL, 2020.

#### 4.3.8.1.3 Proteínas

De acordo com Afoakwa *et al.* (2007), o chocolate pode apresentar teor proteico de 5,00–8,00 % a depender do tipo de chocolate. Os chocolates SA e PA não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre eles, demonstrando que a alteração da sacarose pela mistura comercial não afetou o teor proteico dos chocolates.

#### 4.3.8.1.4 Lipídeos (*Gorduras totais*)

Atualmente, a legislação brasileira não dispõe sobre um limite para a quantidade de gordura a ser utilizada nos chocolates. Optou-se então por trabalhar na faixa de 35,00–37,00 % de gordura, conforme resultados demonstrados nas Tabelas 21 e 22, para se obter uma boa fluidez e completa dispersão das partículas sólidas. Os chocolates SA e PA não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ) em termos de gordura, apesar de ter sido adicionada uma maior quantidade ao chocolate SA por questões reológicas.

#### 4.3.8.1.5 Glicídios (*Açúcares totais*)

Os monossacarídeos, como a glicose e a frutose, são referidos como açúcares redutores devido à presença de grupos carbonílico e cetônico livres, que podem sofrer oxidação em soluções alcalinas na presença de agentes oxidantes, sem passar por hidrólise. Por outro lado, dissacarídeos que não apresentam essa propriedade e passam por hidrólise da ligação glicosídica são classificados como açúcares não redutores (Fennema, Damodaran e Parkin, 2018).

O chocolate PA apresentou uma quantidade reduzida de glicídios redutores em glicose ( $2,67 \pm 0,06^a$ )/100 g e uma quantidade maior de glicídios não redutores em sacarose ( $27,69 \pm 1,11$ )/100 g. Isto é considerado um resultado plausível tendo em vista que o único açúcar adicionado intencionalmente no produto foi a sacarose, que é um açúcar não redutor. O valor de glicídios totais em glicose encontrado para a amostra PA foi de ( $31,81 \pm 1,29$ )/100 g. O chocolate SA não apresentou quantidade significativa de glicídios não redutores em sacarose, apenas glicídios redutores em glicose ( $2,61 \pm 0,06^a$ )/100 g.

#### 4.3.8.1.6 *Polióis totais (Maltitol, Sorbitol e Eritritol)*

Os valores de Polióis totais foram calculados considerando-se a quantidade de polióis totais da mistura comercial, indicado na especificação técnica (ANEXO A). Enquanto as quantidades de Maltitol, Sorbitol e Eritritol adicionados, foram calculadas a partir dos valores informados posteriormente pelo fabricante da mistura comercial.

#### 4.3.8.1.7 *Fibra Total (Fibras alimentares)*

Os resultados da análise de fibra total nos chocolates, demonstraram um teor de 6,4 % para o chocolate PA e de 6,9% para o chocolate SA. Apesar da adição da mistura comercial, na qual contém fibra de mandioca, também denominada como “fibra de tapioca” pelo fabricante, no chocolate SA, não foram encontradas quantidades expressivas de fibras alimentares em comparação ao chocolate PA (apenas 0,5 g a mais).

Sabe-se que a “fibra de tapioca” possui uma umidade relativamente alta, o que faz com que se utilize dosagens menores deste produto nas aplicações alimentícias, em especial chocolates e outros produtos de confeitaria, no qual requerem baixa umidade (Michail, 2020; Richter e Lannes, 2007). A mistura comercial contém somente 2 g/100 g de fibras alimentares em sua tabela nutricional (ANEXO A). A mistura em sua totalidade, representa 38,12% da composição do chocolate SA. Teoricamente, a mistura doaria por volta de 0,76 g de fibras alimentares ao chocolate SA. Contudo, considerando-se perdas mínimas comuns de processo, os valores encontrados em análise estão congruentes com os valores do cálculo teórico.

Esses achados ressaltam a relevância da análise de fibra total em produtos alimentícios, como chocolates, considerando as diferentes formulações e ingredientes utilizados. Além disso, tais informações são fundamentais para informar os consumidores sobre as características nutricionais desses produtos, permitindo que façam escolhas embasadas e conscientes em suas práticas alimentares.

#### 4.3.8.1.8 *Valor energético, Carboidratos e Sódio*

Além dos valores mencionados, foram calculados teoricamente os dados de valor energético, resultando em 550,8 kcal para o chocolate PA e 408,3 kcal para o chocolate SA. Para os carboidratos totais, os cálculos indicaram 47 g para PA e 45 g para SA, considerando uma porção de 100 g de chocolate. Quanto ao teor de sódio, os valores teóricos foram de 12,3

mg para PA, e 8,3 mg para SA na mesma porção de 100 g. Devido à ausência de sacarose em sua formulação, o chocolate SA exibiu um valor menor de carboidratos que o PA.

#### 4.3.8.2 Umidade

A umidade é um fator muito importante na preparação de um chocolate, pois pequenas variações de umidade podem influenciar diretamente na viscosidade do chocolate (Beckett, 2008). Um teor excessivo de umidade pode tornar o chocolate altamente viscoso, tornando-o pegajoso, difícil de moldar e resultando em um *mouthfeel* (percepção na boca) desagradável e aderente na boca (Zumbé, Lee e Storey, 2001).

O chocolate PA apresentou umidade de  $(1,20 \pm 0,06^a)$  %, enquanto o chocolate SA composto pela mistura comercial, apresentou valor de umidade  $(1,40 \pm 0,06^b)$  %. Esta diferença, mesmo que pequena, foi considerada significativa ( $p < 0,05$ ), e pode ser explicada pelo perfil higroscópico dos polióis presentes na mistura comercial (Richter e Lannes, 2007) e pela alta umidade da mistura comercial utilizada no chocolate SA, indicada na especificação do fornecedor - ANEXO A, como Máx. 6,0 %, em relação ao açúcar refinado (sacarose), utilizado no chocolate PA, que possui umidade máxima de 0,30 % conforme estabelecido pela legislação brasileira (Brasil, 2018).

Após o término da análise, observou-se conforme a Figura 27 uma diferença na coloração das amostras. O chocolate SA apresentou uma coloração preta após a análise a 105 °C, enquanto a amostra do chocolate PA apresentou coloração amarronzada. O mesmo perfil de coloração foi observado ao fim da análise de cinzas.

**Figura 27.** Análise de umidade dos chocolates PA e SA.



**Fonte:** O próprio autor.

a: Chocolate SA (sem açúcar); b: Chocolate PA (com açúcar).



A coloração final das amostras após a análise de umidade, pode ser explicada pelo fato de o chocolate SA não sofrer caramelização e apresentar um pico de carbonização precoce, o que foi evidenciado na análise de Calorimetria Diferencial Exploratória.

#### 4.3.8.3 Resíduo mineral fixo

Assim como na análise de umidade, ao final da análise de cinzas, também foi observada uma diferença na coloração das amostras PA e SA, demonstrada na Figura 28. O chocolate SA apresentou cinzas com um perfil acinzentado, enquanto o chocolate PA apresentou cinzas em uma coloração bege.

Os valores obtidos para as cinzas totais do chocolate SA ( $1,37 \pm 0,01^b$ ) e PA ( $1,55 \pm 0,02^a$ ) revelaram diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Esses resultados indicam que a substituição da sacarose pela mistura comercial impactou o resíduo mineral fixo das amostras, sendo observado um valor mais elevado para o chocolate PA.

Figura 28. Análise de cinzas dos chocolates PA e SA.



**Fonte:** O próprio autor.

a: Chocolate SA (sem açúcar); b: Chocolate PA (com açúcar).

#### 4.3.8.4 Análise de pH

Os valores de pH obtidos para os chocolates PA e SA, foram  $5,32 \pm 0,04^a$  e  $5,44 \pm 0,01^b$ , respectivamente. Embora os valores apresentem diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre eles, ambos estão próximos dos valores apresentados por Silva *et al.* (2012), que estudou diversas amostras de mercado e encontrou um pH de aproximadamente  $6,05 \pm 0,24$  para essas amostras.

Valores muito próximos também foram encontrados por Fortes *et al.* (2016), que descreve como ideais para pH de chocolate os valores próximos de 5,70.

#### 4.3.8.5 Reologia

A avaliação das propriedades reológicas dos chocolates durante o processo de fabricação envolve a análise de dois parâmetros principais: a tensão inicial (*yield stress*) e a viscosidade aparente, frequentemente utilizando o modelo de Casson como referência. Outro parâmetro importante é a tixotropia do chocolate, que se refere à alteração de suas propriedades de viscosidade ao longo do tempo sob aplicação de tensões de cisalhamento (Leite *et al.*, 2013).

A Tabela 21 mostra os valores reológicos (tensão inicial de Casson, viscosidade de Casson e tixotropia) obtidos dos chocolates formulados.

**Tabela 21.** Valores reológicos das amostras PA (com açúcar) e SA (sem açúcar).

<b>Amostra</b>	<b><math>\tau_0</math> (Pa)</b>	<b><math>\eta_p</math> (Pa*s)</b>	<b>r</b>	<b>Tixotropia (Pa/s)</b>
PA	1,34 ± 0,44 <sup>a</sup>	1,16 ± 0,36 <sup>a</sup>	0,99 ± 0,00 <sup>a</sup>	531,3 <sup>a</sup>
SA	2,99 ± 0,86 <sup>b</sup>	2,72 ± 0,99 <sup>b</sup>	0,94 ± 0,04 <sup>a</sup>	3464 <sup>b</sup>

**Fonte:** O próprio autor.

Nota: Valores com diferentes letras na mesma coluna são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).  $\tau_0$  = Tensão Inicial (*yield stress*) de Casson;  $\eta_p$  = Viscosidade de Casson; r = Coeficiente de determinação.

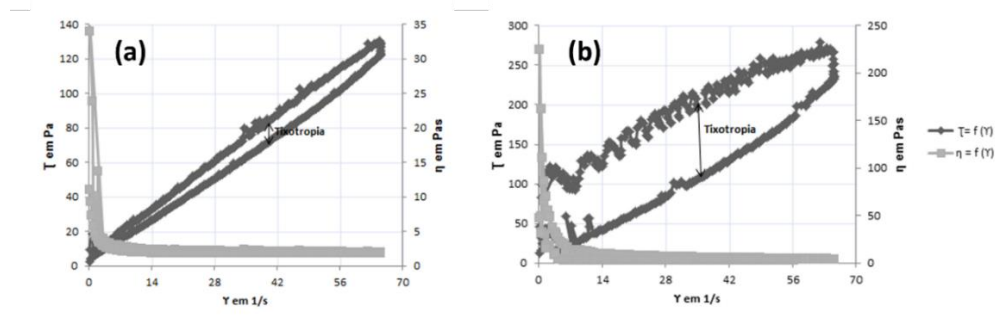
Conforme a Tabela 21, a substituição da sacarose pela mistura comercial no chocolate ocasionou um aumento da tensão inicial de  $1,34 \pm 0,44^a$  Pa em PA para  $2,99 \pm 0,86^b$  Pa na amostra SA, requerendo o chocolate SA um tensão inicial aproximadamente 45 % mais alta que o chocolate PA. Na viscosidade, os valores variaram de  $1,16 \pm 0,36^a$  Pa.s, para o chocolate PA a  $2,72 \pm 0,99^b$  Pa.s para SA, sendo a viscosidade do chocolate SA aproximadamente 43 % maior que a do chocolate PA. É possível afirmar que a substituição da sacarose pela mistura comercial tem relação direta com o aumento da tensão inicial e da viscosidade dos chocolates produzidos.

Os valores mais altos de tensão inicial e viscosidade do chocolate SA podem ser atribuídos à presença de amido na "fibra de tapioca", presente na mistura comercial. Além disso, a maior umidade do chocolate SA, cerca de 14,29 % superior à do chocolate PA, também pode contribuir para essas diferenças. Isso é relevante, uma vez que a umidade desempenha um papel crítico na elaboração de chocolates, e mesmo pequenas variações em seu teor podem exercer

uma influência significativa na viscosidade do produto (Beckett, 2008). Os amidos afetam as propriedades reológicas dos alimentos, como viscosidade e a viscoelasticidade. O processo de gelatinização que ocorre nos amidos é a dilatação (aumento) dos grânulos quando aquecidos. Por volta de 58 °C, as estruturas dos amidos começam a se romper liberando cadeias de amilose no meio aquoso e, posteriormente, amilopectina, fazendo com que toda água livre seja absorvida formando uma mistura viscosa, a qual causa espessamento e alteração na estrutura e textura (Dogan, Toker e Goksel, 2011). Em contrapartida, uma alta umidade pode ocasionar uma viscosidade mais elevada no chocolate e, conseqüentemente, ser necessário uma tensão inicial maior para se realizar o cisalhamento da amostra (Zumbé, Lee e Storey, 2001).

Com relação a tixotropia dos chocolates, observa-se grande diferença nos valores de PA para SA, sendo a amostra SA muito mais tixotrópica do que a PA. A Figura 29 ilustra essa diferença graficamente.

**Figura 29.** Tixotropia dos chocolates PA e SA.



**Fonte:** O próprio autor.

(a): Chocolate PA (com açúcar); (b): Chocolate SA (sem açúcar).

De acordo com Schramm (2006), o fenômeno da tixotropia pode ser descrito como o comportamento de uma substância que tem sua estrutura modificada de um estado de alta viscosidade para um estado de viscosidade mais baixa por resultado de um alto cisalhamento. Sendo este processo reversível, cria-se então um ciclo de histerese, que pode ser descrito como a área criada por quebra seguida de recuperação da estrutura. Uma área de histerese maior em um gráfico de tixotropia indica que a diferença entre a viscosidade inicial e a viscosidade após a aplicação de agitação ou força mecânica é maior.

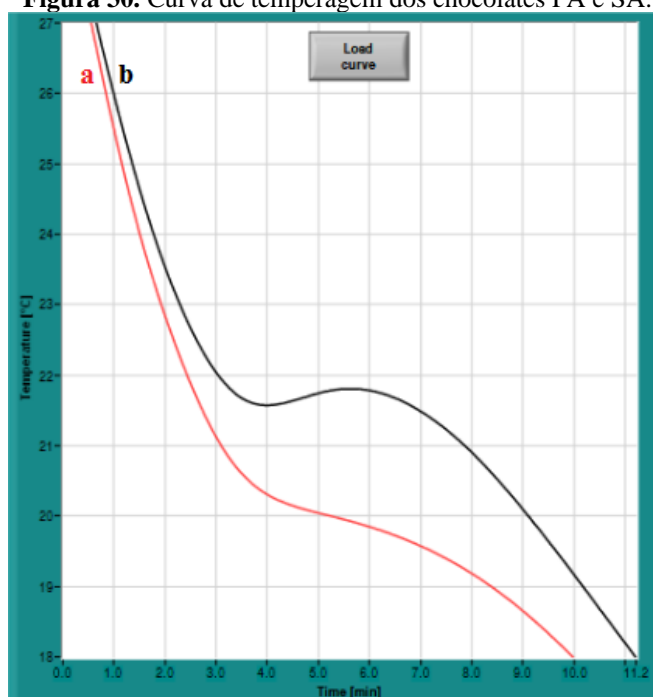
A diferença de tixotropia entres os chocolates SA e PA pode ser explicada pelo fato de que o chocolate PA é constituído por sacarose, açúcar que possui propriedade de cristalização, o que facilita a reorganização da estrutura. Já o chocolate SA tem a sacarose substituída pela mistura comercial em sua formulação, na qual é composta por edulcorantes – incluindo polióis

– que possuem alta higroscopicidade e acabam capturando umidade. O excesso de umidade pode ter forte impacto na reologia do chocolate, em especial na viscosidade, afetando assim a tixotropia – viscosidade sob cisalhamento ao longo do tempo - (Richter e Lannes, 2007). Além disso, a mistura comercial utilizada no chocolate SA, possui “fibra de tapioca” (proveniente do amido da mandioca). O amido possui uma estrutura mais complexa que influencia diretamente na reologia do chocolate (Dogan, Toker e Goksel, 2011).

#### 4.3.8.6 Curva de Temperagem

De acordo com Beckett (2008) a temperagem é uma etapa muito importante na produção do chocolate, inicia-se a nucleação dos cristais da forma desejada, beta ou cinco ( $\beta$  ou V), já que dentre as seis formas cristalinas, esta é a mais adequada para produzir um chocolate com uma estrutura robusta e resistente à ocorrência de *fat bloom*. Plotou-se a curva de temperagem representada na Figura 30 para observar se o chocolate estava temperado de maneira correta.

**Figura 30.** Curva de temperagem dos chocolates PA e SA.



**Fonte:** O próprio autor.

a: Chocolate PA (com açúcar); b: Chocolate SA (sem açúcar).

O índice de temperagem entre 4,00 e 6,00 é considerado adequado para um chocolate temperado (MULTITHERM™, 2011). Os valores de índice de temperagem dos chocolates PA

e SA encontrados foram 5,70 e 4,20, respectivamente. Os valores encontrados mostraram-se dentro do esperado e nenhuma das amostras apresentou mudanças de aparência em decorrência da temperagem durante o estudo de vida útil, como a presença de *fat bloom*. A verificação da qualidade da temperagem serve para dar sequência a testes como a análise de textura.

#### 4.3.8.7 Análise térmica do chocolate

Ambos os chocolates apresentaram boa estabilidade térmica. Realizou-se uma avaliação da temperatura de fusão e entalpia das amostras conforme observado na Tabela 22.

**Tabela 22.** Temperatura de fusão e entalpia das amostras de chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar).

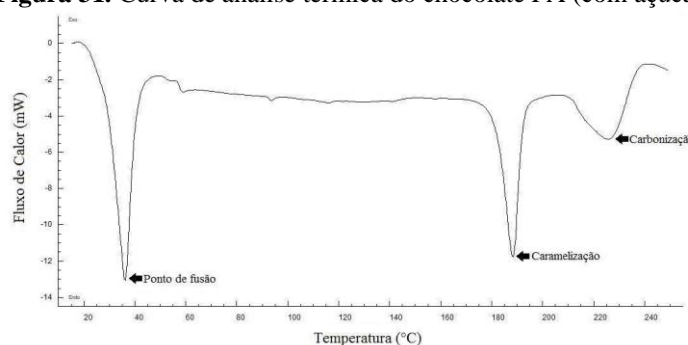
Amostra	Fusão			
	Tonset (°C)	Tfusão (°C)	Tend(°C)	$\Delta H$ (J/g)
PA	$18,98 \pm 2,73^a$	$35,16 \pm 0,80^a$	$43,98 \pm 2,66^a$	$55,72 \pm 5,48^a$
SA	$15,96 \pm 0,52^a$	$33,59 \pm 0,96^a$	$41,90 \pm 0,94^a$	$58,05 \pm 3,90^a$

Fonte: O próprio autor.

Constatou-se que o chocolate SA tende a fundir à temperatura um pouco menor e possui uma variação de entalpia um pouco maior que o chocolate PA, entretanto, os valores não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

O chocolate PA apresenta curva de análise térmica (Figura 31) característica para chocolates com sacarose. O mesmo modelo de curva foi observado no estudo proposto por Ayres (2019) para chocolates com sacarose. Basicamente, com o aumento da temperatura, um chocolate tradicional (com açúcar), tende a fundir, caramelizar e posteriormente carbonizar. Deste modo, a análise térmica é muito importante para definir o perfil térmico do chocolate e identificar um possível potencial para forneamento em determinada faixa de temperatura.

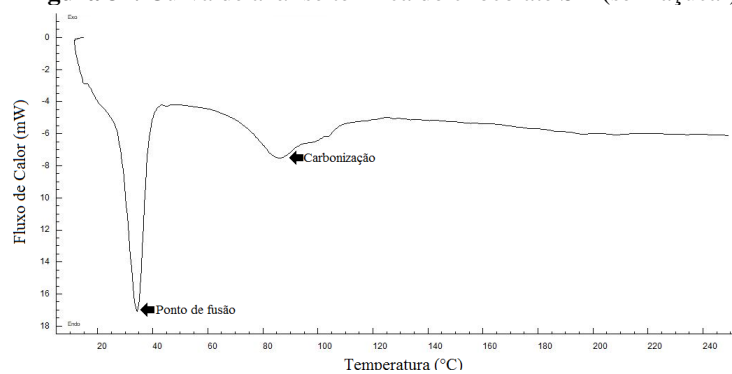
**Figura 31.** Curva de análise térmica do chocolate PA (com açúcar).



Fonte: O próprio autor.

O chocolate SA, entretanto, não apresentou pico de caramelização e demonstrou uma carbonização precoce, em torno de  $84,51 \pm 1,81$  °C, conforme demonstrado na Figura 32. Deste modo, é possível afirmar que por não possuir sacarose em sua formulação, o chocolate SA não carameliza, tendo em vista que se utilizou como substituto da sacarose a mistura comercial, composta por edulcorantes e fibras sem potencial de caramelização. Além disso, também é possível afirmar que o chocolate SA não possui uma capacidade de forneamento, não sendo indicado para utilização em preparações de confeitaria, nas quais se utilizam temperaturas mais elevadas.

**Figura 32.** Curva de análise térmica do chocolate SA (sem açúcar).



**Fonte:** O próprio autor.

A amostra PA apresentou pico de caramelização e carbonização nas temperaturas de  $188,14 \pm 0,32$  °C e  $255,93 \pm 0,38$  °C, respectivamente, enquanto a SA não apresentou pico de caramelização e demonstrou uma carbonização precoce na temperatura de  $84,51 \pm 1,81$  °C.

Deste modo, é possível compreender a coloração das amostras na Figura 27, pois a análise de umidade é realizada a 105 °C. Esta temperatura de análise, é menor que a de caramelização e carbonização da amostra PA, e por este motivo, ao final da análise, observou-se a coloração amarronzada, característica de um chocolate padrão. Entretanto, o chocolate SA possui uma temperatura de carbonização muito abaixo da temperatura da análise de umidade, fazendo com que o produto, adquira uma coloração preta, ao final da análise, característica de amostra carbonizada. O mesmo conceito pode ser aplicado para as análises de cinzas (Figura 28), sendo que o chocolate PA apresentou coloração do resíduo mineral fixo bege e o chocolate SA apresentou coloração acinzentada.

## 4.3.8.8 Estudo de vida útil dos chocolates

4.3.8.8.1 Atividade de água (*aw*)

Na Tabela 23 é possível observar que ambos os chocolates apresentaram valores de atividade de água variando de 0,3 a 0,6, considerado aceitável para chocolates. Na primeira semana os chocolates PA e SA não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ), entretanto a partir da segunda semana os chocolates seguiram apresentando diferença significativa entre si ao longo dos dias de armazenamento. Isto pode ser explicado pela maior higroscopicidade da mistura comercial em relação à sacarose, devido aos edulcorantes adicionados. Entretanto, as variações foram relativamente pequenas, já que o armazenamento foi realizado em câmara climática com temperatura e umidade controladas.

**Tabela 23.** Atividade de água dos chocolates PA (sacarose) e SA (mistura comercial) durante o estudo de vida útil.

Semana	AW	
	PA	SA
1	0,47 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,47 ± 0,01 <sup>a</sup>
2	0,39 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,37 ± 0,00 <sup>b</sup>
3	0,46 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,44 ± 0,01 <sup>b</sup>
4	0,48 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,45 ± 0,01 <sup>b</sup>
5	0,48 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,01 <sup>b</sup>
6	0,47 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,01 <sup>b</sup>
7	0,50 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,00 <sup>b</sup>
8	0,45 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,01 <sup>b</sup>
9	0,50 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,53 ± 0,01 <sup>b</sup>
10	0,48 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,52 ± 0,00 <sup>b</sup>
11	0,50 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,52 ± 0,00 <sup>b</sup>
12	0,44 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,01 <sup>b</sup>
13	0,56 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,55 ± 0,00 <sup>a</sup>
14	0,43 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,51 ± 0,02 <sup>b</sup>
15	0,52 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,55 ± 0,00 <sup>b</sup>
16	0,47 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,54 ± 0,00 <sup>b</sup>
17	0,53 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,59 ± 0,00 <sup>b</sup>
18	0,54 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,55 ± 0,01 <sup>b</sup>
19	0,52 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,52 ± 0,00 <sup>b</sup>
20	0,55 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,53 ± 0,01 <sup>b</sup>
21	0,54 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,55 ± 0,00 <sup>b</sup>
22	0,53 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,55 ± 0,00 <sup>b</sup>
23	0,55 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,57 ± 0,01 <sup>b</sup>
24	0,50 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,52 ± 0,00 <sup>b</sup>
25	0,50 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,51 ± 0,04 <sup>b</sup>

**Fonte:** O próprio autor.

Nota: Valores com diferentes letras na mesma linha são significativamente diferentes ( $p<0,05$ ) pelo teste de Tukey.

A consideração da atividade de água é crucial ao contemplar a durabilidade e preservação do chocolate, uma vez que representa a quantidade de água disponível para o crescimento de bactérias e leveduras. Com isso, é muito importante que os valores não ultrapassem 0,60 de aw, pois isso torna o chocolate susceptível ao crescimento de microrganismos (Fennema, Damodaran e Parkin, 2018).

#### 4.3.8.8.2 Textura

De acordo com Ostrowska-Ligęza *et al.* (2019) a textura é uma combinação da estrutura física de um material e suas propriedades mecânicas. A textura do chocolate é uma junção de diversos fatores estruturais, como as estruturas de empacotamento dos triglicerídeos, propriedades microestruturais, dispersão e distribuição de tamanho de partícula, e teor de gordura sólida (SFC). A temperatura é um dos principais fatores que influenciam na resistência do chocolate (Beckett, 2008). Não há um limite específico considerado correto para a resistência de um chocolate, no entanto, um ponto de ruptura baixo pode resultar em uma textura frágil e quebradiça, enquanto um chocolate com uma alta resistência de ruptura pode não ser bem aceito sensorialmente devido à sua dureza. Ao longo do estudo de vida de prateleira, é possível observar na Tabela 24, uma estabilidade maior em termos de textura para os chocolates SA do que para os chocolates PA. Observa-se que os chocolates SA se tornaram mais macios ao longo das semanas, uma vez que não possuem açúcar em sua formulação, não cristalizando ao longo do armazenamento, enquanto os chocolates PA oscilaram a maciez ao longo das semanas, demonstrando uma sensibilidade às alterações de umidade e temperatura do ambiente de armazenamento.



**Tabela 24.** Textura dos chocolates PA (sacarose) e SA (mistura comercial) durante o estudo de vida útil.

Semana	Força de Ruptura (N)	
	PA	SA
1	33,91 ± 2,82 <sup>a</sup>	33,74 ± 1,05 <sup>a</sup>
2	24,21 ± 2,19 <sup>a</sup>	32,65 ± 2,85 <sup>b</sup>
3	23,40 ± 2,15 <sup>a</sup>	31,85 ± 3,37 <sup>b</sup>
4	28,76 ± 0,45 <sup>a</sup>	31,38 ± 2,49 <sup>b</sup>
5	35,59 ± 0,91 <sup>a</sup>	29,28 ± 0,80 <sup>b</sup>
6	24,58 ± 1,37 <sup>a</sup>	31,03 ± 1,51 <sup>b</sup>
7	32,00 ± 2,89 <sup>a</sup>	31,12 ± 2,03 <sup>a</sup>
8	33,48 ± 0,84 <sup>a</sup>	27,95 ± 3,25 <sup>b</sup>
9	26,96 ± 1,09 <sup>a</sup>	27,49 ± 0,59 <sup>a</sup>
10	27,45 ± 1,21 <sup>a</sup>	22,8 ± 2,56 <sup>b</sup>
11	30,10 ± 1,58 <sup>a</sup>	24,66 ± 3,31 <sup>b</sup>
12	28,77 ± 2,10 <sup>a</sup>	25,32 ± 0,66 <sup>b</sup>
13	28,11 ± 2,42 <sup>a</sup>	29,64 ± 2,96 <sup>a</sup>
14	28,75 ± 3,11 <sup>a</sup>	24,36 ± 0,28 <sup>b</sup>
15	24,35 ± 3,65 <sup>a</sup>	23,82 ± 1,08 <sup>a</sup>
16	22,25 ± 1,93 <sup>a</sup>	19,23 ± 1,68 <sup>b</sup>
17	24,15 ± 1,89 <sup>a</sup>	33,36 ± 6,26 <sup>b</sup>
18	26,94 ± 4,30 <sup>a</sup>	28,8 ± 5,51 <sup>a</sup>
19	25,5 ± 3,75 <sup>a</sup>	22,04 ± 3,50 <sup>b</sup>
20	19,11 ± 3,07 <sup>a</sup>	31,59 ± 5,59 <sup>b</sup>
21	24,39 ± 1,75 <sup>a</sup>	21,51 ± 1,71 <sup>b</sup>
22	24,00 ± 1,87 <sup>a</sup>	21,12 ± 1,29 <sup>b</sup>
23	23,10 ± 0,68 <sup>a</sup>	19,45 ± 2,06 <sup>b</sup>
24	30,81 ± 0,93 <sup>a</sup>	22,10 ± 2,80 <sup>b</sup>
25	31,69 ± 1,90 <sup>a</sup>	22,17 ± 1,49 <sup>b</sup>

**Fonte:** O próprio autor.

Nota: Valores com diferentes letras na mesma linha são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Conforme é possível observar ainda na Tabela 24, durante o armazenamento, notou-se que os valores de força de ruptura (N) oscilaram com o passar das semanas para ambos os chocolates, entretanto é nítido que com o passar das semanas, os chocolates SA se tornaram mais frágeis, requerendo uma força de ruptura (N) menor. Com isso, observa-se que embora os chocolates apresentassem força de ruptura sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre eles no início do estudo da vida útil, o chocolate PA apresentou uma força de ruptura (N) requerida superior que o SA na última semana.

#### 4.3.8.8.3 Determinação de cor

As Tabelas de 25 a 31 apresentam os valores obtidos para  $L^*$  (Luminosidade),  $a^*$  (verde-vermelho),  $b^*$  (azul-amarelo),  $C^*$  (Croma/Saturação),  $h^\circ$  (tonalidade) e índice de brancura (Whiteness Index - WI) e diferença de cor ( $\Delta E$ ).

**Tabela 25.** Dados de cor para  $L^*$  (Luminosidade) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil.

Semana	$L^*$	
	PA	SA
1	25,54 ± 0,71 <sup>a</sup>	25,26 ± 0,29 <sup>a</sup>
2	28,62 ± 0,64 <sup>a</sup>	29,46 ± 1,27 <sup>b</sup>
3	21,36 ± 1,20 <sup>a</sup>	22,79 ± 0,64 <sup>b</sup>
4	26,25 ± 0,36 <sup>a</sup>	25,48 ± 0,18 <sup>b</sup>
5	26,47 ± 0,61 <sup>a</sup>	24,67 ± 0,33 <sup>b</sup>
6	25,24 ± 1,20 <sup>a</sup>	22,59 ± 0,36 <sup>b</sup>
7	25,61 ± 0,52 <sup>a</sup>	26,11 ± 0,18 <sup>a</sup>
8	25,47 ± 0,27 <sup>a</sup>	25,08 ± 0,19 <sup>a</sup>
9	25,37 ± 0,27 <sup>a</sup>	22,88 ± 0,35 <sup>b</sup>
10	24,44 ± 1,38 <sup>a</sup>	24,88 ± 0,35 <sup>a</sup>
11	26,02 ± 0,22 <sup>a</sup>	25,18 ± 0,25 <sup>b</sup>
12	25,10 ± 0,24 <sup>a</sup>	24,70 ± 0,44 <sup>a</sup>
13	25,74 ± 0,60 <sup>a</sup>	24,90 ± 0,39 <sup>b</sup>
14	25,30 ± 0,55 <sup>a</sup>	25,46 ± 0,59 <sup>a</sup>
15	24,89 ± 1,59 <sup>a</sup>	25,12 ± 0,86 <sup>a</sup>
16	25,65 ± 0,74 <sup>a</sup>	24,87 ± 1,00 <sup>b</sup>
17	25,73 ± 0,40 <sup>a</sup>	25,33 ± 0,36 <sup>a</sup>
18	24,73 ± 1,15 <sup>a</sup>	24,07 ± 1,11 <sup>a</sup>
19	25,71 ± 0,52 <sup>a</sup>	24,68 ± 0,76 <sup>b</sup>
20	25,58 ± 0,37 <sup>a</sup>	23,53 ± 1,14 <sup>b</sup>
21	24,75 ± 1,22 <sup>a</sup>	23,12 ± 0,83 <sup>b</sup>
22	24,27 ± 0,99 <sup>a</sup>	23,90 ± 0,71 <sup>a</sup>
23	25,75 ± 0,52 <sup>a</sup>	24,00 ± 0,66 <sup>b</sup>
24	25,16 ± 0,88 <sup>a</sup>	25,80 ± 0,31 <sup>a</sup>
25	25,85 ± 0,21 <sup>a</sup>	25,80 ± 0,09 <sup>a</sup>

**Fonte:** O próprio autor.

Nota: Valores com diferentes letras na mesma linha são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

$L^*$ : totalmente preta (0), totalmente branca (100).

Analisando os valores de luminosidade da Tabela 25, observou-se que ao longo de 25 semanas, houve a evidência de algumas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os chocolates PA e SA. Inicialmente, a luminosidade dos dois chocolates apresentaram similaridade. No entanto, à medida que as semanas avançaram, os chocolates começaram a apresentar diferenças significativas entre eles, mas que se aproximaram a partir da semana 7, em termos de luminosidade. Isso pode ser um indicativo de que outros componentes presentes no chocolate, como a manteiga de cacau e os sólidos de cacau, desempenham um papel fundamental na luminosidade característica do chocolate amargo.

Isso sugere que, apesar da ausência de açúcar, o chocolate amargo sem açúcar (SA) ainda é capaz de desenvolver características de luminosidade semelhantes ao chocolate amargo com açúcar (PA), graças aos outros componentes presentes na formulação, como a gordura de cacau e os sólidos de cacau.

Ainda na Tabela 25, é possível observar que nos chocolates em geral, a faixa de luminosidade está entre 21,36–29,46, o que dentro da escala CIEL\*a\*b\*, caracteriza os produtos, como mais escuros. Isto se deve à adição de sólidos de cacau aos produtos e às reações de escurecimento não-enzimático que ocorrem ao longo do processo produtivo.

Na Tabela 26, é possível observar os valores encontrados para  $a^*$ , ao longo da vida de prateleira. Os valores estão dentro da faixa de 7,14–10,68, e são valores positivos (+). E, avaliando-se os dados da Tabela 27, para o parâmetro  $b^*$ , é possível observar a faixa de valores entre 5,11–8,40, sendo positivos (+). Inferindo-se uma maior tendência da coloração dos chocolates no parâmetro  $a^*$  (+) ao vermelho, e no parâmetro  $b^*$  (+) ao amarelo, dentro da escala CIEL\*a\*b\*.

**Tabela 26.** Dados de cor para  $a^*$  (verde-vermelho) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil.

Semana	$a^*$	
	PA	SA
1	8,34 ± 0,70 <sup>a</sup>	10,09 ± 0,65 <sup>b</sup>
2	9,76 ± 0,88 <sup>a</sup>	11,18 ± 0,18 <sup>b</sup>
3	10,68 ± 0,23 <sup>a</sup>	10,63 ± 0,13 <sup>a</sup>
4	8,53 ± 0,18 <sup>a</sup>	8,79 ± 0,48 <sup>a</sup>
5	7,85 ± 0,18 <sup>a</sup>	9,96 ± 0,07 <sup>b</sup>
6	8,64 ± 0,47 <sup>a</sup>	9,72 ± 0,76 <sup>b</sup>
7	8,40 ± 0,46 <sup>a</sup>	7,78 ± 0,15 <sup>b</sup>
8	8,28 ± 0,38 <sup>a</sup>	8,73 ± 0,29 <sup>a</sup>
9	8,23 ± 0,62 <sup>a</sup>	9,30 ± 0,78 <sup>b</sup>
10	8,94 ± 0,19 <sup>a</sup>	8,31 ± 0,48 <sup>b</sup>
11	8,47 ± 0,55 <sup>a</sup>	8,33 ± 0,21 <sup>a</sup>
12	9,10 ± 0,27 <sup>a</sup>	8,03 ± 0,21 <sup>a</sup>
13	8,05 ± 0,50 <sup>a</sup>	8,23 ± 0,24 <sup>a</sup>
14	8,08 ± 0,44 <sup>a</sup>	7,78 ± 0,26 <sup>a</sup>
15	8,69 ± 0,72 <sup>a</sup>	8,20 ± 0,58 <sup>b</sup>
16	7,60 ± 0,49 <sup>a</sup>	7,98 ± 0,39 <sup>a</sup>
17	7,14 ± 0,07 <sup>a</sup>	9,74 ± 0,77 <sup>b</sup>
18	7,90 ± 0,10 <sup>a</sup>	8,39 ± 0,27 <sup>a</sup>
19	8,03 ± 0,98 <sup>a</sup>	8,87 ± 1,75 <sup>b</sup>
20	8,41 ± 0,60 <sup>a</sup>	8,48 ± 1,01 <sup>a</sup>
21	8,63 ± 1,02 <sup>a</sup>	8,72 ± 0,44 <sup>a</sup>
22	8,42 ± 0,15 <sup>a</sup>	8,51 ± 0,78 <sup>a</sup>
23	7,85 ± 0,35 <sup>a</sup>	9,34 ± 0,43 <sup>b</sup>
24	9,22 ± 0,53 <sup>a</sup>	7,87 ± 0,30 <sup>b</sup>
25	8,12 ± 0,64 <sup>a</sup>	8,62 ± 0,46 <sup>b</sup>

**Fonte:** O próprio autor.

Nota: Valores com diferentes letras na mesma linha são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

$a^*$ : verde (-120), vermelho (+120).

**Tabela 27.** Dados de cor para  $b^*$  (azul-amarelo) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil.

Semana	$b^*$	
	PA	SA
1	6,12 ± 0,86 <sup>a</sup>	6,52 ± 0,71 <sup>a</sup>
2	6,23 ± 0,64 <sup>a</sup>	8,09 ± 0,77 <sup>b</sup>
3	8,40 ± 0,30 <sup>a</sup>	7,78 ± 0,27 <sup>b</sup>
4	5,96 ± 0,54 <sup>a</sup>	6,03 ± 0,42 <sup>a</sup>
5	6,26 ± 0,95 <sup>a</sup>	6,44 ± 0,53 <sup>a</sup>
6	5,86 ± 0,62 <sup>a</sup>	6,01 ± 0,08 <sup>a</sup>
7	6,42 ± 0,47 <sup>a</sup>	5,74 ± 0,29 <sup>b</sup>
8	6,63 ± 0,19 <sup>a</sup>	5,62 ± 0,26 <sup>b</sup>
9	6,26 ± 0,42 <sup>a</sup>	5,82 ± 0,53 <sup>a</sup>
10	7,19 ± 0,60 <sup>a</sup>	5,93 ± 0,75 <sup>b</sup>
11	6,20 ± 0,39 <sup>a</sup>	5,80 ± 0,87 <sup>a</sup>
12	7,86 ± 0,60 <sup>a</sup>	5,69 ± 0,25 <sup>b</sup>
13	5,17 ± 0,08 <sup>a</sup>	5,83 ± 0,37 <sup>b</sup>
14	5,94 ± 0,49 <sup>a</sup>	5,84 ± 0,56 <sup>a</sup>
15	6,95 ± 0,10 <sup>a</sup>	5,49 ± 0,47 <sup>b</sup>
16	4,80 ± 0,39 <sup>a</sup>	5,34 ± 0,29 <sup>b</sup>
17	5,92 ± 0,80 <sup>a</sup>	6,24 ± 0,43 <sup>a</sup>
18	5,82 ± 0,45 <sup>a</sup>	5,24 ± 0,54 <sup>b</sup>
19	6,16 ± 0,45 <sup>a</sup>	7,40 ± 0,77 <sup>b</sup>
20	5,88 ± 0,53 <sup>a</sup>	5,84 ± 1,24 <sup>a</sup>
21	5,11 ± 0,95 <sup>a</sup>	6,65 ± 1,11 <sup>b</sup>
22	6,30 ± 0,86 <sup>a</sup>	5,83 ± 0,93 <sup>a</sup>
23	5,83 ± 0,94 <sup>a</sup>	6,28 ± 1,04 <sup>a</sup>
24	6,44 ± 0,90 <sup>a</sup>	5,57 ± 0,93 <sup>b</sup>
25	6,14 ± 0,70 <sup>a</sup>	5,71 ± 0,83 <sup>a</sup>

**Fonte:** O próprio autor.

Nota: Valores com diferentes letras na mesma linha são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

$b^*$ : azul (-120), amarelo (+120).

Ao analisar as Tabelas 26 e 27 com os valores de  $a^*$  e  $b^*$ , respectivamente, ao longo de 25 semanas para os chocolates amargos com açúcar (PA) e sem açúcar (SA), observa-se algumas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dois tipos.

No entanto, à medida que as semanas avançam, percebemos que o chocolate SA começa a se aproximar dos valores de  $a^*$  e  $b^*$  característicos do chocolate PA. Isso indica que, mesmo sem a presença de açúcar, o chocolate SA ainda é capaz de desenvolver características de cor semelhantes ao chocolate PA.

De acordo com as Tabelas 25 a 27, os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  não apresentaram grandes variações em ambas as amostras ao longo das semanas. Entretanto, observou-se alguns pontos com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras durante o estudo de vida útil.

**Tabela 28.** Dados de cor para  $C^*$  (Croma/Saturação) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil.

Semana	$C^*$	
	PA	SA
1	10,38 ± 0,31 <sup>a</sup>	12,01 ± 0,93 <sup>b</sup>
2	11,58 ± 1,07 <sup>a</sup>	13,81 ± 0,34 <sup>b</sup>
3	13,59 ± 0,35 <sup>a</sup>	13,17 ± 0,26 <sup>a</sup>
4	10,41 ± 0,45 <sup>a</sup>	10,66 ± 0,55 <sup>a</sup>
5	10,06 ± 0,76 <sup>a</sup>	11,86 ± 0,24 <sup>b</sup>
6	10,44 ± 0,73 <sup>a</sup>	11,43 ± 0,62 <sup>b</sup>
7	10,58 ± 0,25 <sup>a</sup>	9,67 ± 0,13 <sup>b</sup>
8	10,61 ± 0,60 <sup>a</sup>	10,39 ± 0,20 <sup>a</sup>
9	10,35 ± 0,10 <sup>a</sup>	10,98 ± 0,68 <sup>b</sup>
10	11,49 ± 0,26 <sup>a</sup>	10,21 ± 0,76 <sup>b</sup>
11	10,51 ± 0,19 <sup>a</sup>	10,17 ± 0,34 <sup>a</sup>
12	12,02 ± 0,73 <sup>a</sup>	9,84 ± 0,28 <sup>b</sup>
13	9,57 ± 0,41 <sup>a</sup>	10,09 ± 0,39 <sup>a</sup>
14	10,03 ± 0,78 <sup>a</sup>	9,75 ± 0,12 <sup>a</sup>
15	11,13 ± 0,37 <sup>a</sup>	9,87 ± 0,74 <sup>b</sup>
16	8,99 ± 0,27 <sup>a</sup>	9,61 ± 0,30 <sup>b</sup>
17	9,29 ± 0,56 <sup>a</sup>	11,57 ± 0,78 <sup>b</sup>
18	9,82 ± 0,89 <sup>a</sup>	9,90 ± 0,47 <sup>a</sup>
19	10,12 ± 0,55 <sup>a</sup>	11,56 ± 0,83 <sup>b</sup>
20	10,27 ± 0,64 <sup>a</sup>	10,32 ± 1,43 <sup>a</sup>
21	10,11 ± 0,32 <sup>a</sup>	10,97 ± 0,56 <sup>b</sup>
22	10,53 ± 0,48 <sup>a</sup>	10,32 ± 0,69 <sup>a</sup>
23	9,82 ± 0,40 <sup>a</sup>	11,26 ± 0,56 <sup>b</sup>
24	11,27 ± 0,82 <sup>a</sup>	9,65 ± 0,29 <sup>b</sup>
25	10,20 ± 0,74 <sup>a</sup>	10,34 ± 0,75 <sup>a</sup>

**Fonte:** O próprio autor.

Nota: Valores com diferentes letras na mesma linha são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 29.** Dados de cor para  $h^\circ$  (Tonalidade) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil.

Semana	$h^\circ$	
	PA	SA
1	31,93 ± 2,58 <sup>a</sup>	32,80 ± 1,11 <sup>a</sup>
2	32,53 ± 0,98 <sup>a</sup>	35,84 ± 2,96 <sup>b</sup>
3	38,20 ± 0,56 <sup>a</sup>	36,17 ± 0,63 <sup>b</sup>
4	34,90 ± 1,94 <sup>a</sup>	34,45 ± 1,78 <sup>a</sup>
5	38,46 ± 2,11 <sup>a</sup>	32,85 ± 2,30 <sup>b</sup>
6	34,09 ± 1,45 <sup>a</sup>	31,79 ± 2,19 <sup>b</sup>
7	37,37 ± 1,99 <sup>a</sup>	36,40 ± 1,79 <sup>a</sup>
8	38,75 ± 1,33 <sup>a</sup>	32,76 ± 1,83 <sup>b</sup>
9	37,24 ± 2,50 <sup>a</sup>	32,12 ± 2,50 <sup>b</sup>
10	38,82 ± 2,87 <sup>a</sup>	35,44 ± 2,65 <sup>b</sup>
11	36,19 ± 2,40 <sup>a</sup>	34,75 ± 2,65 <sup>a</sup>
12	40,80 ± 1,37 <sup>a</sup>	35,30 ± 0,95 <sup>b</sup>
13	32,75 ± 1,07 <sup>a</sup>	35,31 ± 1,16 <sup>b</sup>
14	36,37 ± 2,07 <sup>a</sup>	36,87 ± 2,58 <sup>a</sup>
15	38,69 ± 1,76 <sup>a</sup>	33,76 ± 0,54 <sup>b</sup>
16	32,24 ± 1,85 <sup>a</sup>	33,84 ± 2,29 <sup>a</sup>
17	38,52 ± 2,22 <sup>a</sup>	32,66 ± 1,91 <sup>b</sup>
18	34,87 ± 1,72 <sup>a</sup>	31,96 ± 2,17 <sup>b</sup>
19	37,44 ± 0,95 <sup>a</sup>	40,09 ± 2,68 <sup>b</sup>
20	34,97 ± 2,61 <sup>a</sup>	34,36 ± 2,84 <sup>a</sup>
21	34,15 ± 2,18 <sup>a</sup>	37,34 ± 0,08 <sup>b</sup>
22	33,39 ± 1,88 <sup>a</sup>	34,51 ± 2,01 <sup>a</sup>
23	33,11 ± 0,46 <sup>a</sup>	33,90 ± 1,63 <sup>a</sup>
24	33,14 ± 2,32 <sup>a</sup>	34,63 ± 1,57 <sup>a</sup>
25	35,75 ± 2,09 <sup>a</sup>	33,47 ± 1,56 <sup>b</sup>

**Fonte:** O próprio autor.

Nota: Valores com diferentes letras na mesma linha são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Ao analisar os valores de  $C^*$  e  $h^\circ$  ao longo de 25 semanas para os chocolates PA e SA, observa-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dois tipos. No entanto, ao longo das semanas, percebe-se que o chocolate SA começa a se aproximar tanto dos valores de  $C^*$ , quanto de  $h^\circ$ , do chocolate PA.

O valor de  $C^*$  representa o croma ou a intensidade da cor, enquanto o valor de  $h^\circ$  indica a tonalidade da cor. Para o chocolate amargo, os valores de  $C^*$  variam de 9 a 15, indicando uma cor mais intensa, enquanto os valores de  $h^\circ$  variam entre  $30^\circ$  e  $45^\circ$ , dependendo das propriedades estruturais, sugerindo uma tonalidade específica para o chocolate amargo (Afoakwa, *et al.*, 2008).

**Tabela 30.** Dados de cor para Índice de Brancura (Whiteness Index-WI) dos chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil.

Semana	Índice de Brancura (Whiteness Index-WI)	
	PA	SA
1	24,81 ± 0,72 <sup>a</sup>	24,30 ± 1,26 <sup>a</sup>
2	27,68 ± 0,60 <sup>a</sup>	28,12 ± 0,60 <sup>a</sup>
3	20,19 ± 1,23 <sup>a</sup>	21,67 ± 0,26 <sup>b</sup>
4	25,52 ± 0,42 <sup>a</sup>	24,72 ± 0,35 <sup>b</sup>
5	25,78 ± 0,68 <sup>a</sup>	23,74 ± 0,44 <sup>b</sup>
6	24,51 ± 1,29 <sup>a</sup>	21,75 ± 0,16 <sup>b</sup>
7	24,86 ± 0,51 <sup>a</sup>	25,48 ± 0,18 <sup>a</sup>
8	24,72 ± 0,34 <sup>a</sup>	24,37 ± 0,44 <sup>a</sup>
9	24,65 ± 0,26 <sup>a</sup>	22,10 ± 0,26 <sup>b</sup>
10	23,57 ± 1,39 <sup>a</sup>	24,19 ± 0,20 <sup>a</sup>
11	25,28 ± 0,20 <sup>a</sup>	24,50 ± 0,42 <sup>b</sup>
12	24,14 ± 0,36 <sup>a</sup>	24,06 ± 0,33 <sup>a</sup>
13	25,13 ± 0,61 <sup>a</sup>	24,22 ± 0,58 <sup>b</sup>
14	24,62 ± 0,65 <sup>a</sup>	24,83 ± 0,94 <sup>a</sup>
15	24,07 ± 1,59 <sup>a</sup>	24,47 ± 1,00 <sup>a</sup>
16	25,11 ± 0,76 <sup>a</sup>	24,26 ± 2,53 <sup>b</sup>
17	25,16 ± 0,46 <sup>a</sup>	22,13 ± 1,16 <sup>b</sup>
18	24,09 ± 1,24 <sup>a</sup>	23,43 ± 0,81 <sup>a</sup>
19	25,02 ± 0,57 <sup>a</sup>	23,78 ± 1,32 <sup>b</sup>
20	24,88 ± 0,44 <sup>a</sup>	22,83 ± 1,61 <sup>b</sup>
21	25,15 ± 0,26 <sup>a</sup>	22,34 ± 1,72 <sup>b</sup>
22	23,54 ± 1,05 <sup>a</sup>	23,20 ± 1,29 <sup>a</sup>
23	25,11 ± 0,56 <sup>a</sup>	23,17 ± 2,06 <sup>b</sup>
24	24,31 ± 0,90 <sup>a</sup>	25,17 ± 2,79 <sup>b</sup>
25	25,15 ± 0,26 <sup>a</sup>	25,08 ± 1,49 <sup>a</sup>

**Fonte:** O próprio autor.

Nota: Valores com diferentes letras na mesma linha são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Quanto mais alto o valor do índice de brancura (WI), mais branca é a superfície do chocolate e, sendo assim, maior o desenvolvimento de *fat bloom*. Na Tabela 30, pode-se observar que os chocolates apresentaram característica de brancura semelhantes nas duas primeiras semanas. A partir da terceira semana, foi possível observar diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os dois chocolates. Apesar da diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, não se observou-se diferenças a olho nu, conforme indicado na Figura 33. O valor  $\Delta E$  sinaliza qualquer alteração na cor, sendo que um número mais elevado indica uma diferença maior entre as cores observadas.



**Tabela 31.** Dados de cor para diferença de coloração ( $\Delta E$ ) entre os chocolates PA (com açúcar) e SA (sem açúcar) durante o estudo de vida útil.

<b>Semana</b>	<b>Diferença de coloração (<math>\Delta E</math>)</b>
1	1,81
2	2,49
3	1,56
4	0,82
5	2,78
6	2,87
7	1,05
8	1,18
9	2,74
10	1,48
11	0,94
12	2,45
13	1,09
14	0,35
15	1,56
16	1,02
17	2,65
18	1,00
19	1,82
20	2,06
21	2,25
22	0,61
23	2,35
24	1,73
25	0,66

**Fonte:** O próprio autor.

Os valores de  $\Delta E$  na Tabela 31 indicam que não houve grandes mudanças de cor entre o chocolate PA e o SA no decorrer das semanas. Os chocolates não apresentaram uma uniformidade na diferença de cor ao longo da vida de prateleira, entretanto a faixa de variação foi curta (0,35–2,87). Tanto os valores, quanto a não uniformidade das diferenças de coloração condizem com os valores encontrados e descritos por Ayres (2019) para diferença de coloração de chocolates ao longo da vida de prateleira. O que indica uma diferença de cor pequena entre os chocolates PA e SA, entretanto, não é conclusivo que as diferenças de coloração se alterem com o decorrer do tempo - ao menos durante o período de 25 semanas.

Na Figura 33 pode-se observar a aparência dos chocolates SA e PA após o acompanhamento da vida útil. Não houve diferença visual entre os chocolates SA e PA durante

o período de armazenamento. Em ambos os chocolates é possível notar que não houve o surgimento de manchas brancas (*fat bloom* e *sugar bloom*)

**Figura 33.** Amostras de chocolate SA (sem açúcar) e PA (com açúcar) no final do período de 25 semanas.



**Fonte:** O próprio autor.

Nota: (a) Chocolate SA (sem açúcar); (b) Chocolate padrão PA (com açúcar).

#### 4.3.9 Briefing de caracterização de produto

Para caracterizar os produtos formulados, aplicou-se um *briefing*, respondendo às seguintes perguntas:

**Objetivo do projeto/escopo do produto:**

Desenvolvimento de chocolate amargo sem adição de sacarose, com propriedades físico-químicas e reológicas similares à chocolates amargos com sacarose.

**Público-alvo e suas características principais:**

Destinado a todos os públicos, com ênfase em planos alimentares restritivos, como diabéticos e adeptos de dietas com baixo índice glicêmico.

**Região/país a ser comercializado:**

O produto poderá ser disponibilizado para venda em todo o território nacional e para exportação.

**Padrão de referência se existir:**

Chocolate tradicional com sacarose.

**Características sensoriais e requisitos de funcionalidade:**

O produto final deve possuir textura característica de chocolates, com dulçor, sabor de cacau e aspectos nutricionais preservados.

**Informações de mercado relacionadas ao produto, questões regulatórias e eventuais restrições:**

ALÉRGICOS: CONTÉM DERIVADOS DE SOJA. NÃO CONTÉM GLÚTEN.

Alegações nutricionais (SA): Não contém açúcares adicionados\*.

\*Contém açúcares próprios dos ingredientes. Este não é um produto baixo ou reduzido em valor energético.

Informações de controle: Não contém lactose; No-GMO (Não possui organismos geneticamente modificados)

**Preço total de matérias-primas de produto final:**

**Chocolate amargo PA:** 6,26 US\$/kg\*

**Chocolate amargo SA:** 7,65 US\$/kg\*

\* A conversão do valor para dólar (US\$) foi realizada no dia 03 de abril de 2023 às 8:00 pm, pelo site do Banco Central do Brasil ([www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br)).

**Características dos chocolates produzidos****Aparência**

Descreve todos os atributos visíveis de uma substância ou produto.

**1. Cor:** Marrom

Produto	Fraco	Suave	Forte
<b>Chocolate amargo PA</b>	-	-	x
<b>Chocolate amargo SA</b>	-	-	x

x: presença - :ausência

**2. Homogeneidade:** Sem separação de fases ou cristais.

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
<b>Chocolate amargo PA</b>	-	-	-	-	x
<b>Chocolate amargo SA</b>	-	-	-	-	x

x: presença - :ausência

**3. Parâmetros de conformação:** cristalino, fibroso.

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	x	-	-	-	-
Chocolate amargo SA	x	-	-	-	-

x: presença -:ausência

**4. Parâmetros de superfície:** superfície gordurosa, úmida

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	x	-	-	-	-
Chocolate amargo SA	x	-	-	-	-

x: presença -:ausência

**5. Tamanho, forma e interações entre pedaços e partículas:** compactação

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	-	-	-	-	x
Chocolate amargo SA	-	-	-	x	-

x: presença -:ausência

**Textura**

Inserir um processo dinâmico, determinado por diversos aspectos que incluem tudo o que possa ser detectado pelos sentidos, com a língua ou palato, mas também com os olhos, mãos e ouvidos.

**6. Textura visual:** aeração

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	x	-	-	-	-
Chocolate amargo SA	x	-	-	-	-

x: presença -:ausência

**7. Textura tátil:** dureza

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	-	-	-	-	x
Chocolate amargo SA	-	-	x	-	-

**8. Textura auditiva:** snap

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	-	-	-	-	x
Chocolate amargo SA	-	-	-	x	-

**9. Textura oral: cerosidade**

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	x	-	-	-	-
Chocolate amargo SA	x	-	-	-	-

**Odor**

Descreve sensações olfativas e nasais, percebidas diretamente pelo nariz, também chamadas de cheiro para alimentos ou fragrância para cosméticos.

**10. Notas aromáticas: cacau**

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	-	-	-	-	x
Chocolate amargo SA	-	-	-	-	x

**Sabor**

Descreve sensações gustativas, olfativas via retronasal, táteis bucais, de pressão, de tato, de temperatura e de sabor residual.

**11. Gostos: amargo**

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	-	-	x	-	-
Chocolate amargo SA	-	-	-	x	-

**12. Aromas: chocolate**

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	-	-	-	-	x
Chocolate amargo SA	-	-	-	-	x

**13. Sensações táteis bucais: adstringência/acidez**

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	-	-	x	-	-
Chocolate amargo SA	-	-	-	x	-

**14. Pressão (tato) e temperatura: derretimento (pegajoso)**

Produto	Ausente	Imperceptível	Fraco	Suave	Forte
Chocolate amargo PA	-	x	-	-	-
Chocolate amargo SA	-	-	x	-	-

**15. Sabor residual: amendoado**

<b>Produto</b>	<b>Ausente</b>	<b>Imperceptível</b>	<b>Fraco</b>	<b>Suave</b>	<b>Forte</b>
<b>Chocolate amargo PA</b>	-	X	-	-	-
<b>Chocolate amargo SA</b>	-	-	X	-	-

**Aspecto temporal**

Descreve a ordem com que os atributos são percebidos e mensura o tempo de resposta e permanência de um estímulo ou atributo.

**16. A percepção começa antes de introduzir chocolate na boca, no primeiro contato visual com o produto. Avaliação dos sensores táteis, olfato, audição e visão até a primeira mordida. A próxima etapa é a mastigação, que fornece, talvez, a matriz mais rica e mais complexa de experiências de percepção de sabor, aroma e textura do chocolate. É aí que são percebidos atributos como a persistência e/ou a mudança dos sabores e sensações percebidos durante todo o processo de mastigação. E também a percepção de *after taste* dos edulcorantes, do cacau ou sabor metálico.**

Ambos os chocolates, com e sem sacarose apresentaram odor e aparência visual características de chocolate. Na mastigação, percebeu-se o chocolate com sacarose com um snap superior ao chocolate sem sacarose, bem como maior dureza. O chocolate sem sacarose derreteu com maior facilidade na boca. Ambos os chocolates proporcionaram uma salivação posterior ao consumo. Além disso, notou-se leve sabor amendoado (nibs) ao final da mastigação em ambos os chocolates, sendo mais evidente no produto sem sacarose.

**Integração das percepções**

Considera a intensidade global de odor e sabor, balanceamento entre os atributos e diferenças globais.

**17. Neste aspecto, são considerados o conjunto de percepções, como o impacto global de todos os componentes de odor, aroma, gosto e sensações que compõem a percepção do sabor; o equilíbrio e harmonia entre os atributos; e as diferenças mais relevantes, comparados a um padrão/referência de mercado.**

Quando comparado ao padrão de referência (chocolate com sacarose), é possível notar que o chocolate sem sacarose, apresenta um gosto levemente mais amargo. O chocolate sem sacarose, apresentou-se mais macio, bem como similaridade com o padrão de referência.

#### 4.4 CONCLUSÃO

Formulou-se dois chocolates amargo com um teor de cacau de 60 %, um dos quais foi acrescido de sacarose, enquanto o outro de uma mistura comercial de fibras e edulcorantes. A substituição da sacarose pela mistura comercial na formulação do chocolate amargo influenciou nas propriedades físico-químicas e reológicas. Ao longo do estudo de vida útil (seis meses), ocorreram algumas alterações nas características de textura, cor e atividade de água em ambos os chocolates, sendo que o chocolate amargo com a mistura comercial demonstrou maior estabilidade na textura. Os produtos estudados possuem vida útil de no mínimo 6 meses.

As duas formulações apresentaram valores dentro do esperado para cinzas, proteínas, lipídeos e umidade com base nas literaturas estudadas. Entretanto, o chocolate amargo com a mistura comercial, apresentou umidade levemente acima do chocolate amargo com sacarose, provavelmente devido à alta umidade da mistura comercial, em relação à sacarose. Esta umidade mais elevada do chocolate amargo com a mistura comercial, juntamente com o fato da presença de “fibra de tapioca” (40–45 % composta por amido) na mistura comercial, influenciou diretamente na reologia do produto, que apresentou tensão inicial e viscosidade aparente aproximadamente 40 % maior que o chocolate amargo com sacarose, além de apresentar maior tixotropia.

Apesar da adição da mistura comercial no chocolate SA, não houve diferença expressiva na quantidade de fibras alimentares entre os chocolates SA e PA. Deste modo, a mistura comercial não pode ser considerada uma fonte de fibras alimentares.

As amostras com a mistura comercial apresentaram estabilidade térmica semelhante às amostras com sacarose, com faixas de fusão sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ). A amostra com a mistura comercial não caramelizou e apresentou temperatura de carbonização abaixo do esperado, não sendo recomendada a utilização em produtos forneáveis.

O chocolate amargo acrescido da mistura comercial apresentou um sabor levemente mais amargo, maior maciez e similaridade com o chocolate padrão com sacarose em termos de cor, *after taste* (sabor residual), *mounthfeel* (sensação na boca) e aroma. Deste modo, os achados desta pesquisa permitem sugerir que a mistura comercial pode ser utilizada na substituição da sacarose em formulações de chocolate amargo, desde que não sejam utilizados para fins de forneamento.

#### 4.5 REFERÊNCIAS

AFOAKWA, E. O.; PATERSON, A.; FOWLER, M. Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. **Trends In Food Science & Technology**, [S.L.], v. 18(6), p. 290–298, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.02.002>

AFOAKWA, E. O.; PATERSON, A.; FOWLER, M.; VIEIRA, J. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. **Journal of Food Engineering**, v. 87, p. 181–190, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.025>

AFOAKWA, E. O. Nutritional and health benefits of cocoa and chocolate consumption. **Chocolate Science and Technology**, p.223–235, 2016. <https://doi.org/10.1002/9781118913758.ch11>

ANDERSON GLOBAL GROUP. Determination of the Generally Recognized As Safe (GRAS) Status of Resistant Dextrin. GRAS Notice (GRN) No. 1045, FDA. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/generally-recognized-safe-gras/gras-notice-inventory>. Acesso em: 09 de dez. 2023.

AYRES, W. B. Modificações estruturais e reológicas em chocolate amargo devido à alteração do tipo de gordura utilizada. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 66. 2019.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed.; AOAC International: Gaithersburg, MD, USA. 2005.

AWUCHI, C. G. Sugar Alcohols: Chemistry, Production, Health Concerns and Nutritional Importance of Mannitol, Sorbitol, Xylitol, and Erythritol. **International Journal of Advanced Academic Research | Sciences, Technology & Engineering**, v. 3(2), p. 31–66, 2017. ISSN 2488-9849

BECKETT, S. T. **The Science of Chocolate**. Formerly Nestlé Product Technology Center, York: RSC Publishing, 2008.

BRASIL. Instrução Normativa nº 47, de 2018. Estabelece o Regulamento Técnico de Açúcar. órgão emissor: MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAt oPortalMapa&chave=2020932845>. Acesso em: 19 de set. 2023.



BRASIL. Resolução nº 12, de 1978. Aprova as NORMAS TÉCNICAS ESPECIAIS, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. órgão emissor: CNNPA - Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Disponível em:

[https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnnpa/1978/res0012\\_30\\_03\\_1978.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnnpa/1978/res0012_30_03_1978.html). Acesso em: 10 de out. 2022.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC 723, de 1 de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários do açúcar, açúcar líquido invertido, açúcar de confeitaria, adoçante de mesa, bala, bombom, cacau em pó, cacau solúvel, chocolate, chocolate branco, goma de mascar, manteiga de cacau, massa de cacau, melaço, melado e rapadura. órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em:

<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-723-de-1-de-julho-de-2022-413245584>. Acesso em: 02 de ago. 2022.

BRASIL. Instrução Normativa - IN 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em:

<http://antigo.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/434474>. Acesso em: 18 de nov. 2022.a

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em:

<http://antigo.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/434473>. Acesso em: 18 de nov. 2022.b

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada nº 715, de 1 de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários do sal hipossódico, dos alimentos para controle de peso, dos alimentos para dietas com restrição de nutrientes e dos alimentos para dietas de ingestão controlada de açúcares. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 126, p. 186-188, 06 jul. 2022.

CHATTOPADHYAY, S.; RAYCHAUDHURI, U.; CHAKRABORTY, R. Artificial sweeteners – a review. **Journal Of Food Science And Technology**, [S.L.], v. 51, n. 4, p. 611–621, 21 out. 2011. Springer Science and Business Media LLC.

<http://dx.doi.org/10.1007/s13197-011-0571-1>

CHEN, H.; ZHOU, P.; SONG, C.; JIN, G.; WEI, L. An approach to manufacturing heat-stable and bloom-resistant chocolate by the combination of oleogel and sweeteners. **Journal of Food Engineering**, v. 330, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111064>

COREY, N. Soluble Tapioca Fiber: What Is It? (And Is It Keto-Friendly?). Perfect Keto. Disponível em:

<https://perfectketo.com/solubletapiocafiber/#:~:text=Soluble%20tapioca%20fiber%20is%20a,to%20corn%20syrup%20or%20cornstarch>. Acesso em: 17 de set. 2023.

COSTA, D.; LANNES, S. C. S. Substitutos de sacarose em chocolates: uma revisão. **Alimentação, Nutrição e Cultura** 2, [S.L.], p. 31–45, 29 jun. 2022. Atena Editora. <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.4702229064>

DEOU, J.; BESSAIES-BEY, H.; DECLERCQ, F.; SMITH, P.; DEBON, S.; WALLECAN, J.; ROUSSEL, N. Decrease of the amount of fat in chocolate at constant viscosity by optimizing the particle size distribution of chocolate. **Food Structure**, [S.L.], v. 31, p. 100253. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foostr.2022.100253>

DOGAN, M., TOKER, O. S., GOKSEL, M. Rheological Behaviour of Instant Hot Chocolate Beverage: Part 1. Optimization of the Effect of Different Starches and Gums. **Food Biophysics**, v. 6(4), 512–518. 2011. <https://doi.org/10.1007/s11483-011-9233-0>

DUAS RODAS. Modelo de briefing de desenvolvimento de produto. Disponível em: <https://www.duasrodas.com/blog/modelo-de-briefing/>. Acesso em: 07 de jun. 2023.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de Alimentos de Fennema – 5ª ed. - Editora Artmed, 2018.

HEULER, J.; SIYU, H.; AMBARDAR, S.; VORONINE, D.V. (Point-of-care detection, characterization, and removal of chocolate bloom using a handheld Raman spectrometer. **Scientific Reports**, v.10, n.1, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66820-1>

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo. 4ed., 2004.

IBRAHIM, F. S.; DALEK, N.S.; EZZATI, M.; RAFFIE, Q.A.; FIRDAUS, M.; AIN, F. M. R. Quantification of physicochemical and microstructure properties of dark chocolate incorporated with palm sugar and dates as alternative sweetener. *Materials Today: Proceedings*, v. 31, n. 1, p. 366–371, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.235>

INGREDION. Explore as Funcionalidades dos Amidos ou Soluções com Amidos para a Indústria Alimentícia. **Food Ingredients Brasil**. v. 35, p. 41–45 . 2015.

LANNES, S. C. S. Chocolate and Cocoa Products as a Source of Health and Wellness. In: Cannovas, Pastore, Rosenthal, Amaya, Burke, Lannes. (Org.). **Food Security and Wellness**. 1ed.: Springer, 2017, v. 1, p. 175–194 .

LEITE, P. B., LANNES, S. C. S., RODRIGUES, A. M., SOARES, F. A. S. M., SOARES, S. E., BISPO, E. S. Estudo reológico de chocolates elaborados com diferentes cultivares de cacau (*Theobroma cacao* L.). **Braz. J. Food Technol.** Campinas, v. 16, n. 3, p. 192–197, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000024>

LUCCAS, V.; BONOMI, E. C.; KIECKBUSCH, T. G. Caracterização comparativa entre chocolates ao leite anidra e com estearina de gordura de leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, n.2, p. 130–138, 2014. <https://doi.org/10.1590/bjft.2014.020>

MICHAIL, N. Multi-functional cassava fiber shortens ingredient list, says Fibervita. (2020). Disponível em: <<https://www.foodnavigator-latam.com/Article/2020/02/27/Fibervita-Cassava-fiber-shortens-ingredient-lists>>. Acesso em 26 de set. de 2022.

MONTES, S. S., RODRIGUES, L. M., CARDOSO, R. C. V., CAMILLOTO, G. P., CRUZ, R. S. Tapioca and rice flour cookies: technological, nutritional and sensory properties. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 39(5), p. 514–522, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542015000500010>

MULTITHERM™, Operating Manual. Bühler AG, Uzwil (2011).

NASCIMENTO, M.S., REOLON, E.M., SANTOS, A.R.B.; MOREIRA, V.E.; SILVA, I.F., SILVA, N. Enterobacteriaceae in processed cocoa products. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 70(1), p. 81–85. São Paulo, 2011.

OSTROWSKA-LIGEŻA, E.; MARZEC, A.; GÓRSKA, A.; WIRKOWSKA-WOJDYŁA, M.; BRYŚ, J. REJCH, A.; CZARKOWSKA, K. A comparative study of thermal and textural properties of milk, white and dark chocolates. **Thermochimica Acta**, v. 671, p.60–69 , 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2018.11.005>

RAUPP, D.S.; MOREIRA, S.S.; BANZATTO, D.A.; SGARBIERI, V.C. Composição e propriedades fisiológicas - nutritivas de uma farinha rica em fibra insolúvel obtida do resíduo fibroso de feccularia de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S.L.], v. 19, n. 2, p. 205–210, 1999. FapUNIFESP (SciELO).<http://dx.doi.org/10.1590/s010120611999000200009>

REOLON. E. M.; SANTOS. A. R. B. *et al.*; Pesquisa de enterobactérias em chocolates. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. 2012; 71(1):40-3. Campinas – São Paulo. 2012.

RICHTER, M.; LANNES, S. C. S. Ingredientes usados na indústria de chocolates. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.43(3), 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322007000300005>

SANTOS, L. B. Caracterização térmica de sacarose de cana-de-açúcar: amostras de padrão de referência, comercial e purificada. 2011. 117-f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2011.

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria: Fundamentos Teóricos e Práticos**. Tradução de: MONTHÉ, C. G.; CORREIA, D. Z.; PETRI, H. M.; GONÇALVES, M. e CARESTIATO, T. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2006.

SELVASEKARAN, P.; CHIDAMBARAM, R. Advances in formulation for the production of low-fat, fat-free, low-sugar, and sugar-free chocolates: an overview of the past decade. **Trends In Food Science & Technology**, [S.L.], v. 113, p. 315–334, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.008>

SILVA, R. V.; SOUZA, A. S. SILVA, V. S. N.; PACHECO, M. T. B.; MIGUEL, A. M. R. O. Avaliação dos parâmetros de qualidade de cacau em pó e chocolates comerciais. VI Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica. Jaguariúna, 2012.

SILVA, R. N.; MONTEIRO, V. N.; ALCANFOR, J. D. X.; ASSIS, E. M.; ASQUIERI, E. R. Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e totais em mel. **Food Sci. Technol**, v. 23, p. 337–341, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000300007>

SIMONEAU, C.; HANNAERT, P.; ANKLAM, E. Detection and quantification of cocoa butter equivalents in chocolate model systems: analysis of triglyceride profiles by high resolution GC. **Food Chemistry**, v. 65, p. 111–116, 1999.

SOUZA, S. J. F. **Estudo da atividade de água em co-produtos da indústria de sucos: sementes de maracujá, casca de laranja e cascas de manga**. 2015. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade estadual de São Paulo São José do Rio Preto, 2015.

TANDEL, K. Sugar substitutes: Health controversy over perceived benefits. **Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics**, v. 2(4), p. 236–243, 2011. <https://doi.org/10.4103/0976-500x.85936>

TAPIA, M. S., ALZAMORA, S. M., CHIRIFE, J. Effects of Water Activity (  $a_w$  ) on Microbial Stability as a Hurdle in Food Preservation. **Water Activity in Foods**, p.323–355, abr. 2020. <https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch14>

ZUMBÉ, A.; LEE, A.; STOREY, D. Polyols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery. **Br. J. Nutr.**, Wallingford, v. 85, suppl.1, p. 31–45, 2001.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

Dentre as conclusões mais relevantes deste estudo tem-se:

- As melhores opções de substitutos de sacarose para chocolates que proporcionam boas propriedades físico-químicas, reológicas e sensoriais e com um preço atrativo, certamente são os polióis. Entretanto, deve-se avaliar dentre os polióis, qual melhor se adapta ao objetivo final do desenvolvedor;
- Em termos de reologia de produtos, para a substituição da sacarose, é recomendada a utilização de um agente de corpo, como uma fibra solúvel junto ao edulcorante;
- Os chocolates sem sacarose podem variar em termos de cor, reologia, calorimetria e textura, dependendo do tipo de edulcorante e fibra solúvel utilizados. Os chocolates com sacarose apresentam valores um pouco maiores para os parâmetros de cor  $a^*$  e  $L^*$ ;
- A geometria dimensional do chocolate deve ser muito bem estudada, pois influencia fortemente nas propriedades de textura do chocolate. No geral, as diferenças em termos de força de ruptura (N) entre os chocolates com açúcar e sem açúcar não são notáveis.
- Os chocolates tradicionais com sacarose, apresentam um menor preço de mercado. De acordo com as análises das opções de chocolates sem açúcar disponíveis no varejo local, os acrescidos apenas de maltitol, apresentam a melhor relação custo-benefício, devido aos seus valores medianos, seguidos pelos compostos pela mistura de maltitol e polidextrose;
- A substituição da sacarose pela mistura comercial no chocolate influencia expressivamente as propriedades físico-químicas e reológicas;
- É possível produzir chocolates com substituição total da sacarose com excelentes características físico-químicas e reológicas a partir da mistura comercial;
- Os chocolates sem sacarose tendem a carbonizar em uma temperatura menor, não sendo recomendado, de maneira geral, o uso em produtos forneáveis, salvo aqueles desenvolvidos especialmente para ter alto desempenho calorimétrico podendo ser submetidos ao forneamento;

- A substituição da sacarose no chocolate tem uma relação direta com a queda ou aumento da tensão inicial e da viscosidade dependendo do tipo de substituto utilizado, alterando o comportamento do fluido durante o processo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

AGÊNCIA BRASIL. **Brasil celebra Dia Mundial do Chocolate com 7º lugar em exportação**. 2022. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-07/brasil-celebra-dia-mundial-do-chocolate-com-7o-lugar-em-exportacao>>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2023.

COLUCCI, A. C. A.; CESAR, C. L. G.; MARCHIONI, D. M. L.; FISBERG, R. M. Relação entre o consumo de açúcares de adição e a adequação da dieta de adolescentes residentes no município de São Paulo. **Revista de Nutrição**, 24 (2), p. 219–231, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000200003>.

DC LOGISTICS BRASIL. **Crescimento do mercado de exportação de chocolates**. Disponível em: <https://dclogisticsbrasil.com/crescimento-do-mercado-de-exportacao-de-chocolates/>. Acesso em: 28 de março de 2024.

LEVY, R. B.; CLARO, R. M.; BANDONI, D. H.; MONDINI, L.; MONTEIRO, C. A. Disponibilidade de “açúcares de adição” no Brasil: distribuição, fontes alimentares e tendência temporal. **Revista Brasileira Epidemiologia**, v. 15, p. 3–12, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2012000100001>

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. 2022. **Cacau do Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/outras-publicacoes/cacau-do-brasil-versao-portugues>. Acesso em: 28 de março de 2024.

ZHANG, Z.; XU, X.; ZHONG, Q.; HUANG, Q. Rheological and tribological properties of chocolate with different fat-based compositions during shearing. **Journal of Food Engineering**, v. 172, p. 37–44, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.09.015>

## ANEXO A – ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA MISTURA COMERCIAL

**DAXIA**  
ingredientes e aditivos

PAG. 1 DE 4

<b>NOME COMERCIAL</b>	DOCEMIX NATURAL
<b>CÓDIGO</b>	
<b>PRODUTO</b>	BASE PARA DOCES DIET E LIGHT
<b>INS</b>	Não aplicável
<b>CAS NUMBER</b>	Não aplicável
<b>INCI NAME</b>	Não aplicável

## ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

## 1. ORIGEM

Vegetal

## 2. LOCAL ORIGEM (País)

Nacional

## 3. Descrição do produto

Mix de edulcorantes, polióis e fibra natural aplicada para a substituição total ou parcial de açúcares em formulações alimentícias, proporcionando redução calórica e adição de fibras à composição.

Ingredientes: Fibra de mandioca, Edulcorantes: maltitol, sorbitol, eritritol e glicosídeo de esteviol.

## 4. CARACTERÍSTICA ORGANOLÉTICAS

Parâmetro	Especificação
*Aspecto	Pó
*Cor	Bege

## 5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Parâmetro	Especificação
Umidade	Máx. 6,0%
***	***
<b>Metais Pesados</b> Atendimento ao FCC? ( x ) Sim ( ) Não	<i>Chumbo – Máx 3ppm</i> <i>Arsênio – Máx. 1 ppm</i> <i>Cádmio – Máx. 0,02 ppm</i> <i>Níquel – Máx. 1 ppm</i>
<b>Metais Pesados</b> Atendimento a RDC487/2021 e IN88/2021? ( ) Sim ( x ) Não	Se a Resposta é sim, informe: composto / Limite e unidade <i>Exemplo: Chumbo – Máx 5ppm</i>





<b>NOME COMERCIAL</b>	DOCEMIX NATURAL
<b>CÓDIGO</b>	
<b>PRODUTO</b>	BASE PARA DOCES DIET E LIGHT
<b>INS</b>	Não aplicável
<b>CAS NUMBER</b>	Não aplicável
<b>INCI NAME</b>	Não aplicável

#### 6. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Atendimento a RDC nº331/2019 e IN60/2019?

Sim  Não

Se a Resposta é sim, informe:

- 1) Categoria e Letra da resolução a ser monitorada: Salmonella ssp/25g (Ausente)
- 2) Qual a periodicidade do monitoramento: Anual

Atendimento a alguma outra legislação para microbiologia? Exemplo (MAPA)

Sim  Não

Se a Resposta é sim, informe:

- 1) Categoria e Letra da resolução a ser monitorada: \_\_\_\_\_
- 2) Qual a periodicidade do monitoramento: \_\_\_\_\_

#### 7. INFORMAÇÃO NUTRICIONAL RDC429/2020:

Porção de 100g: Valor energético 99 kcal / 414 KJ / Carboidratos 54 g / Polióis 49 g / Proteínas 0 / Gorduras totais 0 g / Gorduras Saturadas 0 g / Gorduras Trans 0 g / Fibra alimentar 2g / Sódio 2 mg.

#### 8. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS E MACROSCÓPICAS

Atendimento RDC14 de 28/03/2014, ANVISA?

Sim  Não

Se a Resposta é sim, informe:

- 1) Qual a periodicidade do monitoramento: Análises de monitoramento anual.

#### 9. OUTROS CONTAMINANTES RDC487/2021 e IN88/2021 (MIOTOXINAS / PESTICIDAS)

Necessário monitoramento para Micotoxinas e Pesticidas?

Sim  Não

- 2) Categoria e Letra da resolução a ser monitorada: \_\_\_\_\_
- 3) Qual a periodicidade do monitoramento: \_\_\_\_\_

#### 10. ALERGÊNICOS

Não contém alérgicos.

#### 11. OGM

Produto livre de OGM.

#### 12. VALIDADE

365 dias



<b>NOME COMERCIAL</b>	DOCEMIX NATURAL
<b>CÓDIGO</b>	
<b>PRODUTO</b>	BASE PARA DOCES DIET E LIGHT
<b>INS</b>	Não aplicável
<b>CAS NUMBER</b>	Não aplicável
<b>INCI NAME</b>	Não aplicável

### 13. EMBALAGEM

Sacos de papel multifolhados revestidos internamente com saco plástico atóxico e inodoro, peso líquido de 25 kg.

### 14. MÉTODO DE ACONDICIONAMENTO / ENTREGA

Armazenar em local seco e ventilado, ao abrigo do sol e umidade, na embalagem original fechada e protegida do contato direto com o solo.

### 15. PREPARAÇÃO OU MANIPULAÇÃO ANTES DO USO

Não aplicável.

### 16. APLICAÇÃO

Produtos alimentícios que apresentam redução ou isenção de açúcar na composição.

### 17. FUNCIONALIDADE

Formulado especialmente para aplicação em produtos Diet/Light e com redução de açúcar, o Docemix Natural funciona como substituto do açúcar conferindo sólidos e dulçor na aplicação.

### 18. OBSERVAÇÕES

Dosagem orientativa: indica-se utilizar até uma parte de Docemix Natural para cada parte de açúcar retirado. (1/1).

O produto não é pronto para consumo. O mesmo destina-se para uso em formulações industriais.

A utilização do produto em formulações destinadas a diabéticos e a pessoas que praticam dietas de restrição de açúcar deve ser previamente avaliada, através da análise de sua informação nutricional.

### 19. LEGISLAÇÃO

RDC 331/2019 - ANVISA

RDC26/2015 - ANVISA

RDC429/2020 – ANVISA

RDC14/2014 – ANVISA

RDC240/2018 – ANVISA



<b>NOME COMERCIAL</b>	DOCEMIX NATURAL
<b>CÓDIGO</b>	
<b>PRODUTO</b>	BASE PARA DOCES DIET E LIGHT
<b>INS</b>	Não aplicável
<b>CAS NUMBER</b>	Não aplicável
<b>INCI NAME</b>	Não aplicável

\*\*\*Descrever alguma legislação no qual não foi citada nesse documento no qual necessitamos monitorar.



## ANEXO B – ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA FIBRA DE TAPIOCA UTILIZADA NA MISTURA COMERCIAL



### ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	ET-368 – REV 00 – DATA VIGÊNCIA: 17/01/2022
<b>NOME COMERCIAL</b>	FIBRA DE TAPIOCA
<b>CÓDIGO</b>	3201010001
<b>PRODUTO</b>	FIBRA DE TAPIOCA
<b>INS</b>	NÃO APLICÁVEL
<b>CAS</b>	9057-07-2 / 9004-34-6
<b>INC NAME</b>	NÃO APLICÁVEL

#### 1. COMPOSIÇÃO DO PRODUTO

100% Fibra de Tapioca.

#### 2. ORIGEM DO PRODUTO

Vegetal.

#### 3. LOCAL ORIGEM

Brasil.

#### 4. DESCRIÇÃO DO PRODUTO

É uma fibra dietética com vantagens em diversos segmentos, especialmente para indústria da panificação e de sorvetes. Podem ser exploradas vantagens como a substituição parcial de amidos em maltodextrinas, agir como agente emulsificante e de estrutura. A sua baixa atividade de água ainda pode contribuir para um aumento de shelf-life.

#### 5. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉTICAS

Parâmetro	Especificação
*Aspecto	Pó
*Cor	Bege a Âmbar

\*Análises realizadas em todos os lotes e presentes no certificado.

#### 6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Parâmetro	Especificação
*pH	4,5 – 7,0
*Umidade	6,5 – 9,0 %

\*Análises realizadas em todos os lotes e presentes no certificado.

11 2633 3000 | daxia.com.br



**ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	ET-368 – REV 00 – DATA VIGÊNCIA: 17/01/2022
<b>NOME COMERCIAL</b>	FIBRA DE TAPIOCA
<b>CÓDIGO</b>	3201010001
<b>PRODUTO</b>	FIBRA DE TAPIOCA
<b>INS</b>	NÃO APLICÁVEL
<b>CAS</b>	9057-07-2 / 9004-34-6
<b>INC NAME</b>	NÃO APLICÁVEL

**7. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS**

Atendimento à Categoria 2, letra d.  
 A partir da vigência (26/12/2020):  
 RDC n°331, de 23 de dezembro de 2019  
 Instrução Normativa n°60, de 23 de dezembro de 2019.

**8. INFORMAÇÃO NUTRICIONAL**

Porção de 100g: Valor energético 277 kcal / Carboidratos 66,2 g / Açúcares totais < 0,5 g / Açúcares adicionados 0 g / Proteínas 1,84 g / Gorduras totais 0,53 g / Gorduras Saturadas 0,11 g / Fibra alimentar 19,9 g / Sódio 20 mg.

**9. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS E MACROSCÓPICAS**

Atendimento RDC14 de 28/03/2014, ANVISA  
 Art. 4º, item X, letra f  
 Art. 4º, item X, letra g  
 Anexo 1, Categ. 7 e Anexo 2 (Alimentos em geral)  
 \*\*Análise de monitoramento anual. Dados não reportados no certificado de análise.

**10. CARACTERÍSTICAS DE CONTAMINANTES (MICOTOXINAS / PESTICIDAS / METAIS)**

Parâmetro	Especificação
**Arsênio	Máx. 0,2 mg/kg
**Chumbo	Máx. 4,0 mg/kg
**Cádmio	Máx. 0,2 mg/kg

\*\*Análise de monitoramento anual. Dados não reportados no certificado de análise.

**11. ALERGÊNICOS**

Alergênicos	SIM	NÃO	Origem	Observação
Trigo, centeio, cevada, aveia e suas estirpes hibridizadas.		X		
Glúten e seus derivados		X		

11 2633 3000 | daxia.com.br



## ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	ET-368 – REV 00 – DATA VIGÊNCIA: 17/01/2022
<b>NOME COMERCIAL</b>	FIBRA DE TAPIOCA
<b>CÓDIGO</b>	3201010001
<b>PRODUTO</b>	FIBRA DE TAPIOCA
<b>INS</b>	NÃO APLICÁVEL
<b>CAS</b>	9057-07-2 / 9004-34-6
<b>INC NAME</b>	NÃO APLICÁVEL

Crustáceos.	X		
Ovos.	X		
Peixes.	X		
Amendoim.	X		
Soja.	X		
Leites de todas as espécies de animais mamíferos.	X		
Amêndoa	X		
Avelãs	X		
Castanha-de-caju.	X		
Castanha-do-brasil ou castanha-do-pará.	X		
Macadâmias .	X		
Nozes .	X		
Pecãs.	X		
Pistaches.	X		
Pinoli.	X		
Castanhas.	X		
Látex natural.	X		

### 12. OGM

Produto livre de OGM.

### 13. VALIDADE

730 dias.

### 14. EMBALAGEM

Sacos de papel multifoliado microperfurada e extensiva, com peso líquido de 25kg.

11 2633 3000 | daxia.com.br



<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	ET-368 – REV 00 – DATA VIGÊNCIA: 17/01/2022
<b>NOME COMERCIAL</b>	FIBRA DE TAPIOCA
<b>CÓDIGO</b>	3201010001
<b>PRODUTO</b>	FIBRA DE TAPIOCA
<b>INS</b>	NÃO APLICÁVEL
<b>CAS</b>	9057-07-2 / 9004-34-6
<b>INC NAME</b>	NÃO APLICÁVEL

#### 15. MÉTODO DE ACONDICIONAMENTO / ENTREGA

Armazenar em local seco e ventilado (temperatura inferior a 30°C), ao abrigo do sol e umidade, na embalagem original fechada e protegida do contato direto com o solo.

#### 16. PREPARAÇÃO OU MANIPULAÇÃO ANTES DO USO

Não aplicável.

#### 17. APLICAÇÃO

Indústria de panificação e sorvete.

#### 18. INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Não aplicável.

#### 19. LEGISLAÇÃO

RDC 331/2019 - ANVISA  
RDC26/2015 - ANVISA  
RDC429/2020 – ANVISA  
RDC14/2014 – ANVISA  
RDC240/2018 - ANVISA

#### 20. FUNCIONALIDADE

Podem ser exploradas vantagens como a substituição parcial ou total de amidos e maltodextrinas, agir como agente emulsificante e de estrutura. A sua baixa atividade de água ainda pode contribuir para um aumento de shelf-life.





## ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	ET-368 – REV 00 – DATA VIGÊNCIA: 17/01/2022
<b>NOME COMERCIAL</b>	FIBRA DE TAPIOCA
<b>CÓDIGO</b>	3201010001
<b>PRODUTO</b>	FIBRA DE TAPIOCA
<b>INS</b>	NÃO APLICÁVEL
<b>CAS</b>	9057-07-2 / 9004-34-6
<b>INC NAME</b>	NÃO APLICÁVEL

### 21. SUPORTE TÉCNICO

Equipe Técnica da Daxia Doce Aroma está sempre à disposição, caso você necessite de mais informações, entre em contato através do e-mail [garantia.qualidade@daxia.com.br](mailto:garantia.qualidade@daxia.com.br)

As informações de Funcionalidade e Principais Aplicações acima são todas a título meramente indicativo das possibilidades técnicas de utilização do produto, não implicando garantia de resultado e não dispensando o usuário da verificação de eventuais limitações de uso.

11 2633 3000 | [daxia.com.br](http://daxia.com.br)





## ANEXO C – LAUDO DO LÍQUOR DE CACAU



## Certificado de Análises Liquor de Cacau

Produto:	Liquor de Cacau Natural Extra fino	Qtde.:	25 Kg
Lote:	13921P087	Nota Fiscal:	23897
Data de Fabricação:	19/05/2021	Validade:	12 meses

Características Sensoriais		
Parâmetros	Especificação	Resultado de Análises
Cor	Marrom	Marrom
Sabor/Odor	Característico / Isento de Sabores e Odores Estranhos	Característico / Isento de Sabores e Odores Estranhos
Aspecto	Pedaços irregulares	Pedaços irregulares

Características Físico-Químicas		
Parâmetros	Especificação	Resultado de Análises
Umidade	Máx. 2,0%	0,1
pH (Solução 10%)	5,00 – 5,99	5,51

Características Microbiológicas		
Parâmetros	Especificação	Resultado de Análises
Coliformes 45°C UFC/g	5x10 <sup>9</sup> máx.	<100
Salmonela sp (em 25g)	Ausente	Ausente

Dados referentes à análises sensoriais, físico-químicas e microbiológicas realizadas na amostra composta do lote acima e no histórico de resultados

NOTA: Este Relatório de Ensaio só poder ser reproduzido integralmente sem modificações.

Este certificado é emitido de forma digital, sendo válido sem assinatura.

**Indústria Brasileira de Cacau e Gêneros Alimentícios Ltda.**  
Rua Cristina Taranto Paris, nº 900 – Bom Retiro – Rio das Pedras – São Paulo.  
CEP: 13.390-000 Tel: (19) 3493-2858 / 3493-2295  
Site: [www.ibcacau.com.br](http://www.ibcacau.com.br)

## ANEXO D – LAUDO DA MANTEIGA DE CACAU



## Certificado de Análises

### Manteiga de Cacau

Produto:	Manteiga de Cacau Desodorizada	Qtde.:	25 kg
Lote:	10221P029	Nota Fiscal:	23897
Data de Fabricação:	12/04/2021	Validade:	12 meses
Características Sensoriais			
Parâmetros	Especificação	Resultado de Análises	
Cor	Amarela	Amarela	
Sabor/Odor	Característico / Isento de Sabores e Odores Estranhos	Característico / Isento de Sabores e Odores Estranhos	
Aspecto	Sólido / Estrutura Cristalina	Sólido / Estrutura Cristalina	
Características Físico-Químicas			
Parâmetros	Especificação	Resultado de Análises	
Umidade (%)	0,5 (máx)	0,1	
Ponto de Fusão	32° - 36°C	34	
Índice de Saponificação (mg KOH/g gordura)	188 - 198	196,77	
Índice de Iodo (Wij's)	33 - 42	37,90	
Índice de Peróxido (meq/ Kg)	1,25 (máx)	0,30	
Ácidos Graxos Livres (% m/m) ácido oleico – Similar a Acidez %	1,75 (máx)	1,20	
Características Microbiológicas			
Parâmetros	Especificação	Resultado de Análises	
Aeróbios Mesófilos (UFC/g)	Máx. 1.000	<10	
Salmonella (em 25g)	Ausente	Ausente	
Enterobacteriaceae (UFCg)	Máx. 10	<10	

Dados referentes à análises sensoriais, físico-químicas e microbiológicas realizadas na amostra composta do lote acima e no histórico de resultados.

NOTA: Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido integralmente sem modificações.

Este certificado é emitido de forma digital, sendo válido sem assinatura.

**Indústria Brasileira de Cacau e Gêneros Alimentícios Ltda.**  
 Rua Cristina Taranto Paris, nº 900 – Bom Retiro – Rio das Pedras – São Paulo.  
 CEP: 13.390-000 Tel: (19) 3493-2858 / 3493-2295  
 Site: [www.ibcacau.com.br](http://www.ibcacau.com.br)