

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**JACIARA FERNANDA FIORENTIN**

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE  
PAINÇO EM PÓ (*Panicum miliaceum* L.)**

**MEDIANEIRA**

**2022**

**JACIARA FERNANDA FIORENTIN**

**DESENVOLVIMENTO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE PAINÇO EM PÓ**  
*(Panicum miliaceum L.)*

**Development of powder millet water-soluble extract**

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

Orientador(a): Profa. Rosana Aparecida da Silva Buzanello

**MEDIANEIRA**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

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

**JACIARA FERNANDA FIORENTIN**

**DESENVOLVIMENTO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL DE PAINÇO EM PÓ**  
*(Panicum miliaceum L.)*

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

Data de aprovação: 10 de junho de 2022.

---

Profa. Rosana Aparecida da Silva Buzanello  
Doutora em Ciência de Alimentos  
UTFPR *Campus* Medianeira

---

Profa. Eliana Maria Baldissera  
Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos  
UTFPR *Campus* Medianeira

---

Profa. Nádia Cristiane Steinmacher  
Doutora em Ciência de Alimentos  
UTFPR *Campus* Medianeira

**MEDIANEIRA**

**2022**

Dedico este trabalho a todas as pessoas envolvidas nesta etapa da minha vida, e que de alguma forma me impulsionaram e possibilitaram atingir meus objetivos. Em especial aos meus pais que nunca me disseram não, quando o assunto era estudar.

Em caráter mais que especial, gostaria de agradecer a minha tia, Maria Fiorentin, a quem devo praticamente todas as minhas conquistas e, quem me proporcionou chegar onde cheguei. Agradeço ainda, a minha professora e orientadora, Rosana Buzanello que foi de extrema importância durante o processo de desenvolvimento e conclusão deste trabalho, ela que, esteve sempre presente e prestando todo o auxílio. Sem ela, essa experiência não teria sido tão gratificante e bem sucedida como foi, então, obrigada professora, você é um exemplo de pessoa e profissional, a quem terei como referência para toda a vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Este singelo agradecimento é dedicado a todas as pessoas que cruzaram meu caminho durante esta etapa da minha vida e, fizeram dela uma fase incrível e inesquecível.

Agradeço grandiosamente a minha família e amigos que me apoiaram, aos meus professores, que sempre estiveram disponíveis e compartilharam seus conhecimentos e sabedoria, fazendo com que esta etapa do meu caminho fosse tão proveitosa e enriquecedora.

Os autores agradecem à CEANMED – Central Analítica Multiusuário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira, Paraná, Brasil, e o Laboratório Multiusuário Central de Análises – CA da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco, Paraná, Brasil, pelos ensaios realizados.

## RESUMO

O painço vem sendo introduzido na alimentação, devido ao seu alto valor nutritivo e pela facilidade com que pode ser utilizado na indústria alimentícia, sendo considerado um ingrediente não alergênico e sem glúten. Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um extrato hidrossolúvel de painço como ingrediente alimentar, agregando as propriedades nutricionais do grão e aplicar em formulações de bolo sem glúten. O extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP) foi obtido por extração aquosa seguida de secagem em *spray dryer*. A composição centesimal, propriedades químicas e físico químicas do EHPP foram avaliadas. Para avaliar o efeito da aplicação do EHPP, três formulações de bolo de chocolate sem glúten foram obtidas (F1=100% farinha de arroz; F2=50%/50% farinha de arroz e EHPP; F3=100% EHPP) e caracterizadas quanto a composição centesimal e propriedades físico-químicas. O EHPP exibiu teor de umidade dentro do limite recomendado para produtos em pó secos por *spray dryer* (< 4%) e apresentou quantidades significativas de proteínas (13,38%), carboidratos (75,98%) e lipídios (7,51%). O teor de carboidratos do EHPP foi de 75,98%, relacionado a presença de amido e fibras alimentares do grão. Quanto a composição de minerais, quantidades superiores de cálcio, cobre, potássio, magnésio, manganês e fósforo foram observadas para o EHPP, quando comparados com farinhas de trigo e arroz reportados na literatura, demonstrando sua importância nutricional como ingrediente alternativo. Os valores de pH (5,75) e acidez (0,79 g ácido 100 g<sup>-1</sup>) estavam dentro do esperado quando comparados com farinhas em geral. O EHPP foi considerado uma amostra higroscópica. A medida instrumental de cor demonstrou um pó de cor clara (L\* = 56,48), tonalidade esverdeada (a\* = -1,76) e tonalidade amarelada (b\* = 11,82). O teor de fenólicos totais de 106,95 mg ácido gálico 100 g<sup>-1</sup> e valor de DPPH 107,33 mg Trolox 100 g<sup>-1</sup>, confirmam a atividade antioxidante do EHPP. A análise de infravermelho (FTIR-ATR) permitiu observar bandas características dos grupos funcionais da amostra, sendo confirmada a presença de carboidratos, proteínas e lipídios. A análise térmica permitiu confirmar a presença de amido na amostra, com a identificação de evento térmico característico da gelatinização de amido a 77 °C, além da desnaturação das proteínas em 210 °C e degradação térmica do EHPP em 304 °C. As formulações de bolo sem glúten elaborados com EHPP apresentaram menor teor de umidade e maior teor de proteínas e cinzas, sugerindo a melhora das características nutricionais do produto com a substituição da farinha de arroz por EHPP. Os valores de Aw não diferiram entre as formulações de bolo. Os bolos com EHPP apresentaram textura mais macia, revelada pelo perfil de textura, e coloração mais clara e tonalidade de massa mais avermelhada e mais amarelada. Os resultados obtidos permitiram concluir que o EHPP apresentou valores de composição centesimal e atividade antioxidante similares aos grãos de painço reportados na literatura, podendo-se sugerir que o processo de produção possibilitou manter as características nutricionais do produto, apresentando-se como alternativa viável para aplicação em produtos de confeitaria sem glúten como bolos.

**Palavras-chave:** alimentos funcionais; alimentos sem glúten; antioxidantes; secagem.

## ABSTRACT

Millet has been introduced in human food due its high nutritional value and facility to be used in the food industry. Furthermore, miller is considered a non-allergenic ingredient and without gluten. Thus, the objective of this study was to develop a millet water-soluble extract as food ingredient, adding the nutritional properties of the grain and apply in gluten-free cake formulations. The powder millet water-soluble extract (PMWE) was obtained by aqueous extraction followed by spray drying. The proximate composition, chemical and physicochemical properties of PMWE were evaluated. To evaluate the effect of PMWE application, three gluten-free chocolate cake formulations were obtained (F1=100% rice flour; F2=50%/50% rice flour and PMWE; F3=100% PMWE) and characterized as to the proximate composition and physicochemical properties. PMWE exhibited moisture content within the recommended limit for spray dried powder products (< 4%) and presented significant amounts of proteins (13.38%), carbohydrates (75.98%) and lipids (7.51%). The carbohydrate content of the PMWE was 75.98%, related to the presence of starch in the grain and dietary fiber in the grain. As for mineral composition, higher amounts of calcium, copper, potassium, magnesium, manganese and phosphorus were observed for PMWE when compared to wheat and rice flours reported in the literature, demonstrating its nutritional importance as an alternative ingredient. The pH (5.75) and acidity (0.79 g acid 100 g<sup>-1</sup>) values were within the expected range when compared to flours in general. The PWME was considered a hygroscopic sample. The instrumental color measurement showed a lightness powder ( $L^* = 56.48$ ), greenness ( $a^* = -1.76$ ) and yellowness ( $b^* = 11.82$ ) color. The total phenolic content of 106.95 mg gallic acid 100 g<sup>-1</sup> and the DPPH value of 107.33 mg Trolox 100 g<sup>-1</sup> confirm the antioxidant activity of PMWE. The infrared analysis (FTIR-ATR) allowed to observe characteristic bands of the functional groups of the sample, being confirmed the presence of carbohydrates, proteins and lipids. Thermal analysis confirmed the presence of starch in the sample, with the identification of a thermal event characteristic of starch gelatinization at 77 °C, in addition to protein denaturation at 210 °C and thermal degradation of PMWE at 304 °C. The gluten-free cake formulations made with PMWE had lower moisture content and higher protein and ash content, suggesting an improvement in the nutritional characteristics of the product with the replacement of rice flour by PMWE. Aw values did not differ between cake formulations. The cakes with PMWE had a softer texture, revealed by the texture profile, and a lightness color and a redness and yellowness mass color. The results obtained allowed concluding that the PMWE presented values of proximate composition and antioxidant activity similar to millet grains reported in the literature, suggesting that the production process made it possible to maintain the nutritional characteristics of the product. PMWE presents as a viable alternative for application in gluten-free confectionery products such as cakes.

**Keywords:** functional foods; gluten-free foods; antioxidants; drying.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Planta do painço (a) e grão de painço pronto para ser comercializado....	16
Figura 2 – Fluxograma da produção de extrato hidrossolúvel de painço .....	28
Figura 3 - Texturômetro em processo de análise perfil de textura.....	37
Figura 4 - Extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP).....	41
Figura 5 - Espectro FTIR-ATR da amostra de extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP) .....	44
Figura 6 - Curva termogravimétrica (TG, linha contínua) e sua derivada correspondente (DTG, linha pontilhada) para a amostra de extrato hidrossolúvel de painço em pó. ....	45
Figura 7 - Bolos elaborados com farinhas de arroz e extrato hidrossolúvel de painço em pó. ....	47



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal do painço, trigo, milho, sorgo e soja e sua comparação com os alimentos: leite e carne bovina. ....	18
Tabela 2 - Composição dos carboidratos presentes no grão de painço.....	18
Tabela 3 – Conteúdo de ácidos fenólicos presente em grãos inteiros de painço.....	20
Tabela 4 – Condições operacionais do ICO-OES.....	31
Tabela 5 – Formulações dos bolos sem glúten.....	36
Tabela 6 – Composição centesimal para o extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP) comparando-a com os dados das amostras: extrato de soja líquido (ESL), extrato solúvel de soja em pó (ESSP), farinha de soja (FS) e farinha de arroz (FA) obtidos na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011).....	39
Tabela 7 – Composição mineral para o para o extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP) comparando-a com os dados das amostras: extrato de soja líquido (ESL), extrato solúvel de soja em pó (ESSP), farinha de soja (FS) e farinha de arroz (FA) obtidos na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011).....	39
Tabela 8 – Parâmetros físico-químicos de pH, acidez titulável, atividade de água (Aw), higroscopicidade e cor determinados para o extrato hidrossolúvel de painço em pó.....	41
Tabela 9 – Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante por DPPH para o extrato hidrossolúvel de painço em pó.....	43
Tabela 10 – Composição centsimal para formulações de bolo sem glúten.....	45
Tabela 11 – Paraâmetros físico-químicos de cor (L*, a* e b*) para casca e miolo e atividade de água (Aw) das formulações de bolo sem glúten.....	48
Tabela 12 – Parâmetros do perfil de textura para as diferentes formulações de bolo sem glúten.....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DC	Doença celíaca
EHPP	Extrato hidrossolúvel de painço em pó
ESL	Extrato de soja líquido
ESSP	Extrato solúvel de soja em pó
FA	Farinha de arroz
FS	Farinha de soja
FT	Farinha de trigo
SNCG	Sensibilidade não celíaca ao glúten

## LISTA DE SÍMBOLOS

Aw	Atividade de água
pH	Potencial de hidrogênio
L*	Luminosidade
a*	Componente verde-vermelho
b*	Componente azul-amarelo
C*	Ângulo <i>hue</i>
h	Cromo
Ca	Cálcio
Cu	Cobre
Fe	Ferro
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Na	Sódio
P	Fosforo
S	Enxofre
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Painço</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>O glúten e a doença celíaca</b> .....	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Extratos vegetais</b> .....	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Secagem por atomização (<i>spray-drying</i>)</b> .....	<b>23</b>
<b>3.5</b>	<b>Elaboração de produtos de confeitaria sem glúten</b> .....	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>Material</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>Obtenção do extrato hidrossolúvel de painço</b> .....	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Secagem do extrato hidrossolúvel de painço</b> .....	<b>28</b>
<b>4.4</b>	<b>Composição centesimal do EHPP</b> .....	<b>29</b>
4.4.1	Umidade .....	29
4.4.2	Lipídios .....	29
4.4.3	Proteínas .....	30
4.4.4	Cinzas .....	31
4.4.5	Minerais .....	31
4.4.6	Carboidratos .....	32
<b>4.5</b>	<b>Caracterização química e físico-química do EHPP</b> .....	<b>32</b>
4.5.1	Determinação de pH .....	33
4.5.2	Acidez titulável .....	33
4.5.3	Medida Instrumental de cor .....	33
4.5.4	Atividade de água ( <i>Aw</i> ) .....	33
4.5.5	Sólidos solúveis .....	34
4.5.6	Análise de higroscopicidade .....	34
4.5.7	Determinação do teor de compostos fenólicos .....	34
4.5.8	Atividade antioxidante por DPPH .....	35
4.5.9	Análise infravermelho com transformada de Fourier em modo de refletância total atenuada (FTIR-ATR) .....	35
4.5.10	Análises térmicas .....	36
<b>4.6</b>	<b>Elaboração de bolos sem glúten</b> .....	<b>36</b>

<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>5.1</b>	<b>Composição centesimal do extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP) .....</b>	<b>39</b>
<b>5.2</b>	<b>Caracterização química e físico-química do EHPP .....</b>	<b>41</b>
<b>5.3</b>	<b>Composição Centesimal para as diferentes formulações de bolo ..</b>	<b>46</b>
<b>5.4</b>	<b>Caracterização físico-química dos bolos sem glúten .....</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos saudáveis, funcionais e nutritivos tem sido constante na sociedade, isto se deve ao fato dos benefícios que estes tipos de alimentos são capazes de proporcionar. Pensando em atender o mercado consumidor, a indústria alimentícia busca desenvolver novos produtos, afim de atender as expectativas do consumidor (CRUZ, 2018; TRIPATHI; GIRI, 2014).

A crescente procura por alimentos mais saudáveis, faz com que cresçam pesquisas à base de componentes naturais para o desenvolvimento de novos produtos, o que proporciona novas oportunidades de mercado e possibilita inovar. Por consequência, cereais de alto valor nutritivo e benéficos a saúde, são usados como matéria-prima principal em novos produtos (BICUDO *et al.*, 2012). De acordo com o Ministério da Saúde (BRASIL, 2019) a alimentação adequada e o incentivo a prática de exercícios físicos, são capazes de prevenir agravantes nutricionais relacionados a deficiência de macronutrientes, como também de doenças crônicas.

Além da busca por ingredientes alternativos e mais naturais para a obtenção de novos produtos alimentícios, tem-se o mercado de consumidores que necessitam de alimentos destinados à uma dieta restrita, como é o caso daqueles que apresentam a doença celíaca ou distúrbios associados ao glúten. A doença celíaca é uma enteropatia permanente e autoimune que é introduzida pelo glúten, sendo mediada por linfócitos T, cujas respostas de autoimunidade desencadeiam lesão inflamatória crônica da mucosa do intestino delgado, acarretando na atrofia das vilosidades intestinais, inadequada absorção intestinal e suas manifestações clínicas típicas. Ocorre em indivíduos com predisposição genética à doença e a interação com o sistema imunológico devido ao consumo de glúten. O único tratamento reconhecido é o seguimento de uma dieta restrita, livre de glúten, por toda a vida, e cuja adesão resulta na melhora dos sintomas e das complicações associadas (COMINETTI; COZZOLINO, 2020; FERREIRA; SEGAL, 2010). Neste sentido, o painço apresenta-se como ingrediente potencial para esse público, devido ao fato de não conter glúten.

O painço vem sendo introduzido na alimentação, devido à presença de nutrientes considerados essenciais ao organismo, seu alto valor nutritivo em comparação ao trigo e ao arroz, bem como, pela facilidade com que pode ser utilizado na indústria alimentícia. O grão é rico em macronutrientes e fitoquímicos, possui magnésio, niacina, fósforo e manganês, além de apresentar atividade antioxidante e

ser um cereal não alergênico. Apresenta fonte de fibras e baixo conteúdo de açúcares simples, contribuindo para seu baixo índice glicêmico. Devido a estas propriedades, o painço tem a capacidade de contribuir para o organismo na redução da incidência de doenças crônicas não transmissíveis (RATNAVATHI, 2017). Segundo Nishizawa *et al.* (2002) a proteína do painço é capaz de evitar lesões hepáticas e, quando suplementada com lisina e treonina, pode contribuir com a redução da hipercolesterolemia.

Os consumidores, ao adquirirem um produto, costumam buscar características específicas que estejam relacionadas a seus gostos pessoais, como sabor, benefício e livre de alguns alergênicos. Pensando em atender o público com doença celíaca ou distúrbios associados ao glúten, e considerando a gama de nutrientes do painço e suas propriedades benéficas, a produção de um extrato hidrossolúvel para a aplicação em produtos de panificação e confeitaria seria viável, visto que a qualidade nutricional seria capaz de atender as necessidades diárias de uma alimentação saudável e o segmento de mercado dos produtos livre de glúten.

Portanto, o desenvolvimento de alimentos alternativos nutritivos, destinados aos consumidores portadores de doença celíaca ou distúrbios associados ao glúten, mas, que também possa ser destinado aos consumidores em geral, é sugerido.

## 2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um extrato hidrossolúvel de painço, a fim de agregar as propriedades nutricionais do grão, bem como, aplicá-lo em formulações de bolo sem glúten, avaliando a composição química e propriedades físico-químicas do extrato e dos bolos obtidos.

### 2.1 Objetivos específicos

- Produzir extrato hidrossolúvel de painço, com base no método de obtenção do extrato hidrossolúvel de alpiste;
- Realizar o processo de secagem do extrato hidrossolúvel do painço em *spray dryer*;
- Determinar a composição química do extrato de painço em pó;
- Caracterizar as propriedades físico-químicas em termos de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h$ ), pH, acidez titulável, atividade de água, e higroscopicidade do extrato de painço.
- Avaliar a atividade antioxidante do extrato de painço em termos de fenólicos totais e pelo método DPPH.
- Analisar o perfil espectroscópico e o comportamento térmico do extrato de painço em pó por meio das análises de infravermelho e termogravimétrica, respectivamente.
- Aplicar o extrato de painço em formulações de bolo sem glúten, variando a concentração de adição, comparando com uma formulação controle quanto a composição química e propriedades físico-químicas em termos de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h$ ), atividade de água e perfil de textura.



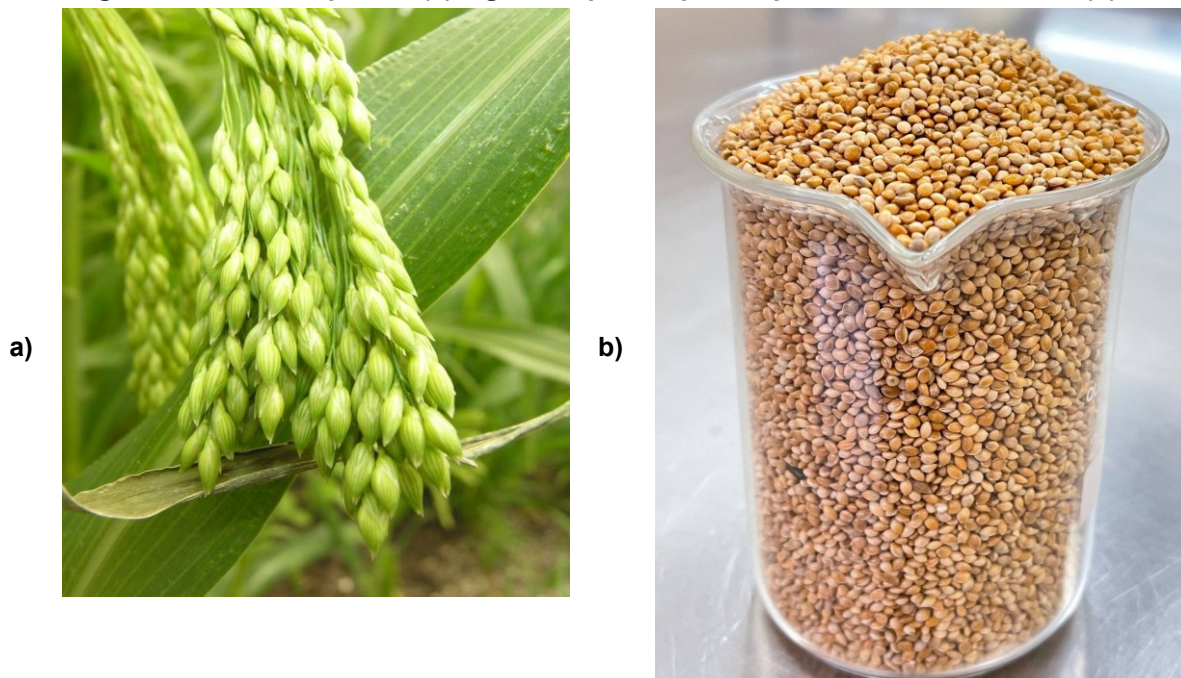
### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Painço

O gênero *Panicum* compreende um grande grupo de gramíneas com mais de 400 espécies (GULATI *et al.*, 2018). O *Panicum miliaceum* L. conhecido popularmente no Brasil como painço, é uma gramínea de ciclo anual, que produz folhas verdes brilhantes e pequenas sementes, sendo considerada uma planta de dia curto, podendo atingir uma altura de 30-100 cm, com poucos perfilhos e um sistema radicular adventício. As sementes são geralmente de forma oval e, com cerca de 3 mm de comprimento e 2 mm de largura, sendo cultivado para a produção de grãos, principalmente para uso na alimentação animal (ARENDRT; ZANNINI, 2013; LIMA *et al.*, 2007).

A Figura 1 ilustra o painço de duas maneiras, a planta durante o cultivo e o grão pronto para ser comercializado.

Figura 1 - Planta do painço (a) e grão de painço pronto para ser comercializado (b).



Fonte: a) Flora Italiana (2020); b) Autoria própria (2022).

O painço pode ser classificado em cinco subespécies: *patetissimum*, *effusum*, *contractum*, *ovatum* e *compactum*, em função do tipo de panícula que possui

(ZARNKOW *et al.*, 2010). Devido as suas subespécies, o painço pode ser dividido em variedades, onde a cor do grão é uma característica que os distingue, além do tipo de casca e o aspecto do corante antociânico presente nos pedúnculos e em suas cascas. As cores das sementes incluem branco-creme, amarelo, laranja, vermelho, preto ou marrom (ARENDETT; ZANNINI, 2013; BALTENSBERGER, 2002; MISSOURI BOTANICAL GARDEN, 2005).

O painço é considerado o sexto cereal mais importante do mundo, consumido por mais de um terço da população mundial (HABIYAREMYE *et al.*, 2017). Caracteriza-se como uma das culturas mais antigas do mundo (LU *et al.*, 2009) com origem registrada na China e ampla presença culinária em países asiáticos. Da Ásia, o cultivo do painço se espalhou para os países da Eurásia e Europa oriental e foi introduzido nos Estados Unidos por imigrantes russos-alemães no final do século XIX (CRAWFORD, 2005; GULATI *et al.*, 2018). Em 2018 foi registrada uma produção anual de cerca de 31 milhões de toneladas de painço (FAO, 2020). No Brasil, a região Oeste do Paraná já chegou a plantar o equivalente a 2000 mil hectares, porém essa quantidade reduziu-se para 600 hectares nos últimos anos, o que explica essa redução na região é grande oferta vinda da região do Mato Grosso, um dos maiores produtores do cereal no Brasil (SOU AGRO, 2021).

Comparado ao trigo e ao arroz, o painço apresenta valores nutritivos elevados, além de apresentar vantagens em sua produção, tais como, menor probabilidade de ataques por pragas e doenças, maior capacidade de armazenamento e viabilidade, com baixo custo (PARAMESWARAN; SADASIVAM, 1992). Apesar das qualidades apresentadas pelo painço, a dificuldade de processamento para o seu consumo faz com que estas qualidades sejam pouco exploradas na alimentação humana.

Na Tabela 1 é apresentada a composição centesimal do painço e dos grãos mais consumidos mundialmente, considerando seus grãos completos, e a comparação com alimentos de origem animal, para 100 g de parte comestível. A composição dos carboidratos presentes no grão de painço está apresentada na Tabela 2.

**Tabela 1 - Composição centesimal do painço, trigo, milho, sorgo e soja e sua comparação com os alimentos: leite e carne bovina.**

Alimento	Painço	Trigo	Milho	Sorgo	Soja	Leite	Carne bovina
Água (g)	12	12	10	10	11	85	63
Energia (kcal)	340	335	335	345	405	79	235
Proteínas (g)	10,0	7,0	10,0	11,0	34,0	3,8	18,0
Gorduras (g)	4,0	0,5	4,8	3,2	18,0	4,8	18,0
Carboidratos (g)	70	80	72	72	29	5	0
Cálcio (mg)	22	9	13	26	185	145	11
Ferro (mg)	21,0	1,7	4,9	11,0	6,1	0	3,6
Vitamina A (µg)	25	0	125	20	28	80	5
Vitamina B1 (mg)	0,30	0,10	0,32	0,34	0,71	0,04	0,26
Vitamina B2 (mg)	0,22	0,03	0,12	0,15	0,25	0,21	0,15
Vitaminas B6 (mg)	-	0,30	0,20	0,25	0,82	0,05	0,25
Vitamina B12 (mg)	-	0	-	-	0	0,4	1,4
Niacina (mg)	1,7	2,8	1,7	3,3	2,8	0,1	4,0
Ácido fólico (µg)	-	29	-	-	210	6	7
Vitamina C (mg)	3	0	4	0	0	1	0

**A expressão "0" representa que o nutriente foi detectado em concentração-traço, enquanto que o hífen "-" representa que o nutriente não foi detectado no referido alimento.**

**Fonte: Adaptada de West, Pepping e Temalilwa (1988).**

**Tabela 2 - Composição dos carboidratos presentes no grão de painço.**

Carboidratos	% de cada tipo de carboidrato
Amido	52,1 - 68,2
Amido resistente	17,2
Fibras solúveis	8,9 - 12,5
Hemicelulose	0,4
Celulose	2,7
Sacarídeos	0,5 - 0,9

**Fonte: Adaptada de Arendt e Zannini (2013).**

Observando a Tabela 1 pode-se verificar que o painço apresenta conteúdo de proteínas e de lipídios similar ao do milho e do sorgo, além de ser fonte de carboidratos, chegando a apresentar um conteúdo de 70 g 100 g<sup>-1</sup>. Na Tabela 2 é possível verificar a composição dos carboidratos presentes no painço, sendo observado o amido como principal constituinte, representando mais da metade do conteúdo, e a outra fração, correspondendo principalmente à compostos pertencentes ao grupo das fibras alimentares, que são promotoras de efeitos fisiológicos benéficos, como laxação ou atenuação do colesterol e da glicose no sangue (ARENDRT; ZANNINI, 2013).

Com relação a composição de micronutrientes, o painço apresenta quantidade considerável dos minerais cálcio e ferro (Tabela 1). O conteúdo de vitaminas presente no painço representa uma importância nutricional, uma vez que, além de serem componentes indispensáveis para o bom funcionamento do organismo, os mesmos não são sintetizados, sendo necessária sua ingestão. Dentre elas destacam-se as lipossolúveis, tais como, a vitamina A, e as solúveis como a tiamina (B1), a riboflavina (B2), a niacina e a vitamina C (ARENDE; ZANNINI, 2013).

Com relação a sua solubilidade, as proteínas podem ser classificadas como albuminas (solúveis em água), globulinas (solúveis em soluções salinas diluídas), glutelinas (solúveis em soluções ácidas e soluções alcalinas) e prolaminas (solúveis em etanol) (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). As prolaminas correspondem a maior fração proteica do painço, entre 25-36% do seu conteúdo total de proteínas (ARENDE; ZANNINI, 2013).

Consumidores que apresentam a doença celíaca são impossibilitados de ingerir alimentos que contenham glúten (gliadina e glutenina) em sua composição, em virtude do mecanismo de ação inflamatória no intestino desencadeado pela ingestão deste tipo de proteína. Além disso, há indivíduos que apresentam alergia desencadeada por mecanismos imunológicos causados pela presença de proteínas na alimentação, como as proteínas do leite, por exemplo. E ainda, há indivíduos que são adeptos ao vegetarianismo ou veganismo, portanto, não consomem alimentos de origem animal. Neste sentido, as características nutricionais do painço e sua fonte de proteínas sugerem seu uso na alimentação humana, visando o atendimento destes públicos (CRAIG; MANGELS, 2009; FUSARI *et al.*, 2003; SLYWITCH, 2012).

Com relação ao conteúdo de aminoácidos essenciais, que compreendem aqueles que o organismo humano não é capaz de sintetizar, o painço apresenta quantidades significativas de leucina (13 a 5,34 g 100 g<sup>-1</sup>), fenilalanina (5,60 a 6,30 g 100 g<sup>-1</sup>), isoleucina (3,91 a 5,34 g 100 g<sup>-1</sup>), e valina (4,80 a 6,40 g 100 g<sup>-1</sup>) (ARENDE; ZANNINI, 2013).

Considerando a composição do grão completo do painço, a investigação da composição de extratos obtidos a partir deste grão é sugerida. O desenvolvimento de alimentos com potenciais nutritivos e funcionais ofertados a população visam contribuir com a redução da incidência de doenças crônicas não transmissíveis, quando associados a hábitos de vida saudáveis (BATISTELLA, 2011).

Compostos oxidantes desencadeiam o envelhecimento celular no organismo, além de doenças, as quais destaca-se o câncer, doenças cardiovasculares, artrite, dentre outras. Portanto, a ingestão de compostos antioxidantes representa uma importante alternativa para a prevenção destas doenças. A presença de compostos antioxidantes, mais especificamente de ácidos fenólicos, em diferentes grãos de cereais foi investigada por Mattila *et al.* (2005). Os ácidos fenólicos são derivados hidroxilados dos ácidos benzóico e cinâmico e seu potencial antioxidante é conhecido. Na Tabela 3 são apresentados os principais ácidos fenólicos detectados em grãos de painço. Observa-se conteúdos superiores de ácido ferúlico e *p*-cumárico, segundo os autores, similares ao conteúdo do arroz, trigo e milho. Neste sentido, a presença de compostos com propriedades antioxidantes no painço representa outro benefício potencial quanto a sua ingestão.

**Tabela 3 - Conteúdo de ácidos fenólicos presente em grãos inteiros de painço.**

<b>Ácidos fenólicos</b>	<b>mg kg<sup>-1</sup> amostra (base seca)</b>
Ácido cafeico	1,1 ± 0,1
Ácido ferúlico	260,0 ± 7,9
Ácido vanílico	11,0 ± 1,8
Ácido <i>p</i> -cumárico	18,0 ± 1,3
Ácido <i>p</i> -hidroxibenzoico	3,0 ± 0,1
<b>Ácido siríngico</b>	<b>2,1 ± 0,9</b>

Fonte: Adaptado de Mattila *et al.* (2005).

### 3.2 O glúten e a doença celíaca

O glúten é uma fração proteica formada pela glutenina e gliadina após hidratação, sendo elas encontradas nos grãos de trigo, centeio, cevada e aveia, bem como, em seus produtos derivados. A rede de glúten é responsável por conferir características tecnológicas em produtos de panificação e confeitaria, proporcionando a viscoelasticidade da massa, bem como, capacidade de retenção de gás e estrutura do miolo (GALLAGHER; GORMLLEY; ARENDT, 2004).

Apesar das propriedades tecnológicas funcionais apresentadas pelo glúten, o mesmo também é responsável por desencadear a doença celíaca (DC). A DC é uma condição permanente que é expressa por uma enteropatia mediada pelos linfócitos T, em indivíduos predispostos geneticamente. A DC se manifesta geralmente na infância, já nos primeiros anos de vida, após um período latente de contato com o

glúten. Porém, é possível que alguns indivíduos apresentem sintomas somente na idade adulta, com uma frequência maior observada em mulheres, na proporção de 2 para cada 1 homem. A DC é considerada um problema de saúde global, e estudos comprovam o aumento dela na população, além da falta de informação e dificuldade de acesso aos meios diagnósticos reduzem a possibilidade de tratamento adequado e melhora clínica (BRASIL, 2015; FERREIRA; SEGAL, 2010).

A DC pode desencadear diversos sintomas a depender do grau de intolerância do indivíduo, caracterizando 3 tipos de formas clínicas, sendo elas: clássica ou típica, atípica, e assintomática ou silenciosa (FERREIRA; SEGAL, 2010; PANTALEÃO; AMANCIO; ROGERO, 2014).

A forma clássica desencadeia diarreia crônica, podendo promover distensão abdominal e perda de peso, além da diminuição do tecido celular subcutâneo, atrofia da musculatura glútea, falta de apetite, alteração de humor, vômitos e anemia. Em caso de evolução da DC, pode ocorrer a crise celíaca, uma infecção causada pelo diagnóstico tardio e falta de tratamento, geralmente nos primeiros anos de vida. Em casos mais graves de complicação, o indivíduo pode chegar à morte (FERREIRA; SEGAL, 2010).

Na forma atípica da DC, os sintomas gastrointestinais estão praticamente ausentes em 40% dos indivíduos, entretanto quando se manifesta, pode haver deficiência de ferro, baixa estatura, anemia resistente, osteoporose, artrite, constipação, transtornos psiquiátricos, perda de peso, entre outros sintomas. Entretanto, em relação a distúrbios neurológicos, a DC é uma pauta em estudo (FERREIRA; SEGAL, 2010).

Já na forma silenciosa da doença, as manifestações podem ocorrer por alterações sorológicas e histológicas da mucosa do intestino delgado que são compatíveis com a DC, e estão associadas a ausência de manifestações clínicas. O diagnóstico pode ser feito através da comprovação de familiares de primeiro grau com doença, sendo esta condição a mais frequente na última década (FERREIRA; SEGAL, 2010).

Alguns estudos indicam que existe não apenas a DC, como também a sensibilidade não celíaca ao glúten (SNCG), em que indivíduos apresentam permeabilidade da barreira intestinal preservada, sem alterações histológicas epiteliais graves, mas ainda assim apresentam perturbações, que inclui infiltração de linfócitos e inflamação do intestino quando exposto a uma dieta rica em glúten. Porém,

a SNCG é um assunto de debate entre pesquisadores (PANTALEÃO; AMANCIO; ROGERO, 2014).

Considerando as condições clínicas da DC e da SNCG, a forma básica de controlar a doença e tentar amenizar os sintomas, é através da exclusão total do glúten da alimentação deixando então de consumir produtos com trigo, centeio, cevada e outros cereais que contenham essa proteína. Aplicando a dieta isenta do glúten é possível chegar à normalização da mucosa intestinal e de outras manifestações na maioria dos pacientes (PANTALEÃO; AMANCIO; ROGERO, 2014; FERREIRA; SEGAL, 2010).

### **3.3 Extratos vegetais**

A busca por extratos vegetais tem crescido nos últimos tempos devido à procura por ingredientes naturais, e o crescente uso na indústria alimentícia e de suplementação alimentar. Eles podem ser caracterizados como extratos líquidos, sólidos ou viscosos, que são normalmente obtidos através da maceração. A obtenção de extratos tem por objetivo produzir compostos naturais para aplicação em alimentos, considerando suas propriedades funcionais, antioxidantes e antimicrobianas (FIB, 2021).

Os extratos vegetais estão se tornando produtos de grande interesse na vida dos consumidores e da indústria, em especial no ramo de suplementos alimentares, já que eles são capazes de atender a demandas nutricionais. Porém, os extratos alimentícios, mesmo possuindo componentes específicos e benéficos ao organismo, não podem ser considerados como princípio ativo. Para que se obtenha um extrato de qualidade e com preservação das características funcionais, é preciso escolher adequadamente o processo de extração a ser utilizado. Geralmente, a indústria alimentícia utiliza extratos em que as moléculas foram obtidas em sua totalidade e sem especificidade isolada, para isso é preciso determinar corretamente a identidade do composto vegetal (FIB, 2021).

### 3.4 Secagem por atomização (*spray-drying*)

A secagem em *spray dryer* é uma operação unitária considerada uma técnica rápida e conveniente, por ser realizada em uma única etapa, em que um produto líquido será atomizado em uma corrente de ar quente para conversão de um líquido em um sólido, geralmente em forma de um pó, sendo que as temperaturas de entrada e saída no atomizador são as principais variáveis do equipamento e controlam a umidade no produto final desidratado. A alta temperatura é responsável pela evaporação rápida da água, e conseqüentemente por formar uma crosta de sólidos que geralmente é o produto final do equipamento (BAKRY *et al.*, 2015; FARIAS, 2009; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

A técnica de secagem por *spray dryer* foi inicialmente desenvolvida para a aplicação na obtenção do leite em pó, e ao passar do tempo tornou-se comum na indústria alimentícia por poder ser utilizado em várias matérias primas, como por exemplo: em cereais e extratos vegetais, cafés, ovos, entre outros; sendo assim considerada conveniente por permitir o uso em grande escala e sofrer baixa influência dos parâmetros de solubilidade, além de ser um excelente microencapsulante. Por exemplo, a gordura do leite que será seco é o material da secagem que deve ser protegido contra a oxidação, sendo que no processo as proteínas, lactose e carboidratos formam uma parede protetora de emulsificação e filme para proteger essa gordura (BAKRY *et al.*, 2015; FARIAS, 2009; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; ROSA *et al.*, 2006).

Entre outros fatores, a secagem por atomização tem outras características potenciais como, a capacidade de garantir maior estabilidade microbiológica aos produtos, evitar riscos de degradação química e biológica, obter um produto final com excelente solubilidade, além da eficiência e o baixo custo econômico quando comparado a outros métodos de secagem, como também minimizar os custos de armazenamento e transporte (BAKRY *et al.*, 2016; DE VOS *et al.*, 2010; ESTEVINHO *et al.*, 2013; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; OLIVEIRA; PETROVICK, 2010).

As vantagens da técnica de secagem por *spray dryer* são: a) o processo contínuo e de fácil operação que permite um controle automático do equipamento; b) controle da uniformidade e do tamanho das partículas do produto pela manipulação das variáveis do processo; c) rapidez e rendimento, onde a evaporação ocorre em segundos; d) baixa agressividade ao produto, possibilitando manter as características



do produto devido ao curto tempo em que está exposto ao calor; e) partículas de rápida dissolução, devido a sua área uniforme e área específica; f) disponibilidade de uma ampla faixa de modelos de secadores adaptáveis a uma variedade de aplicações voltadas para a desidratação de materiais termolábeis; além de ser utilizado para a microencapsulação devido ao seu baixo custo quando comparado a outros meios de encapsulação (BAKRY *et al.*, 2015; FARIAS, 2009; OLIVEIRA; PETROVICK, 2009).

Os equipamentos de *spray dryer* no geral são encontrados com facilidade e são de fácil disponibilidade, além de ser um equipamento de baixo custo quando comparado a outros métodos de secagem, sendo que a secagem por *spray* pode custar entre 30 a 50 vezes menos. Uma outra vantagem que é atribuída ao equipamento é a rapidez e reprodutibilidade no quesito encapsulação, isso porque o processo é flexível e acaba oferecendo a possibilidade de variação substancial na matriz encapsulante, e produzindo partículas de boa qualidade (BAKRY *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, os extratos de origem vegetal, especialmente para a aplicação em produtos fitoterápicos tem crescido, isso porque a estabilidade química, físico-química e microbiológica dos extratos é muito maior. Em geral, eles são de fácil padronização, e possuem compostos ativos em maior concentração. O aproveitamento dessas características é possível graças ao método de secagem por atomização, conseguindo preservar tais aspectos, como também interferir positivamente na atividade biológica. Para os aspectos relacionados as propriedades físicas do produto final, estão as condições operacionais do *spray* e as características da suspensão de alimentação (OLIVEIRA; PETROVICK, 2009; SOUZA *et al.*, 2015).

### **3.5 Elaboração de produtos de confeitaria sem glúten**

Considerando a dificuldade de digestão do glúten que causa intolerância e doença celíaca, a indústria alimentícia vem buscando inovar e criar novos produtos livres de glúten para atender o mercado consumidor desses produtos.

Curiosamente, no ano de 2004, houve um crescimento de 30% nas vendas de produtos sem glúten, mesmo não havendo aumento no número de pessoas diagnosticadas celíacas ou intolerantes ao glúten. Essa procura é fácil de compreender, devido ao fato de os consumidores estarem buscando cada vez mais, alimentos saudáveis e livres de alergênicos (PANTALEÃO; AMANCIO; ROGERO,

2014). Esses fatores vêm sendo analisados e explorados pela indústria alimentícia com todo o cuidado, afim de criar e disponibilizar ao consumidor uma variedade de produtos que atendam a essas expectativas. Entre os cereais que mais se destacam para essa linha de produtos está o milheto, uma espécie de gramínea de grãos muito pequenos, da família *Poaceae*, a mesma do painço (*Panicum milliaceum*), o que remete a se pensar no bom aproveitamento e nos benefícios do extrato de painço, quando aplicado em produtos de panificação e confeitaria.

Uma unidade da Embrapa no Rio de Janeiro buscou desenvolver produtos sem a presença de glúten, através do uso de grãos integrais de milho, arroz, sorgo e milheto, para atender a demanda pela busca desses produtos e atender as demandas nutricionais proporcionadas por eles. Entre os produtos produzidos estão as massas alimentícias pré-cozidas e farinhas pré-cozidas, sendo esta usada na elaboração de bolos sem glúten (GUATIMOSIM, 2021).

Na categoria de produtos de panificação isentos de glúten, o bolo vem ganhando espaço no mercado consumidor brasileiro, visto que ele é um alimento muito presente na mesa deste público, seja em refeições principais ou como sobremesa. Em vista do crescente desenvolvimento tecnológico ao passar dos anos, a produção em larga escala desse tipo de produto tem crescido, e com as mudanças proporcionadas pela tecnologia, eles têm apresentado sinais de sofisticação, através da oferta de produtos mais elaborados e adicionados de outros ingredientes, além de apresentarem maior vida útil (VALLEJOS *et al.*, 2013).

Os produtos de confeitaria e panificação podem ser considerados produtos de massas alimentícias não convencionais e para fins especiais, que incluem valor econômico, hábitos alimentares, disponibilidade de ingredientes e questões ligadas a nutrição e a saúde. Um exemplo dessas massas adicionadas de outros ingredientes, seriam as massas que substituem o glúten por outros amidos e que tem a intenção de atender os intolerantes ao glúten e celíacos (ZANDONADI, 2009).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 1998) define alimentos para fins especiais, aqueles que são formulados ou processados, nos quais ocorrem a modificação de conteúdo dos nutrientes adequados à utilização em dietas diferenciadas e ou opcionais, visando atender a necessidade de pessoas que estejam em condições metabólicas e fisiológicas específicas.

As farinhas não convencionais normalmente utilizadas na obtenção de produtos sem glúten, são à base de amido de diferentes origens, como por exemplo

a de milho e arroz, e sorgo, esta última além de não conter glúten, tem alto potencial nutracêutico devido a presença de compostos fenólicos antioxidantes (KORUS *et al.*, 2009; TAYLOR *et al.*, 2006), assim como o painço, que tem quantidades consideráveis de ácido ferúlico e *p*-cumárico, entre outros (MATILLA *et al.*; 2005).

Considerando que o bolo faz parte do consumo habitual da população ocidental, é possível associar esse hábito ao desenvolvimento de uma série de doenças desencadeadas a uma alimentação não saudável e com poucos ingredientes benéficos a saúde humana. Com base nessas informações, uma forma alternativa de incluir ingredientes capazes de promover uma melhora na saúde é viável, visto que o painço é rico em compostos antioxidantes, além de ser rico em proteínas e amido resistente, este último sendo considerado de acordo com Pereira (2007) um alimento prebiótico, formador de bolo fecal e produtor de ácidos graxos de cadeia curta que são grandes promotores da saúde do cólon.

Substituir o glúten não é uma tarefa fácil para a tecnologia de alimentos, visto que a qualidade dos produtos e o perfil nutricional pode cair consideravelmente, isso porque produtos livres de glúten tem seu teor de fibra alimentar muito baixo, devido a remoção da camada externa dos grãos, que é a parte que contém a maior parte das fibras, além de os produtos possuírem uma consistência mais seca e arenosa (RAMOS, 2012).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

Foram utilizados grãos de painço (*Panicum miliaceum* L.) adquiridos no comércio da cidade de Medianeira-PR.

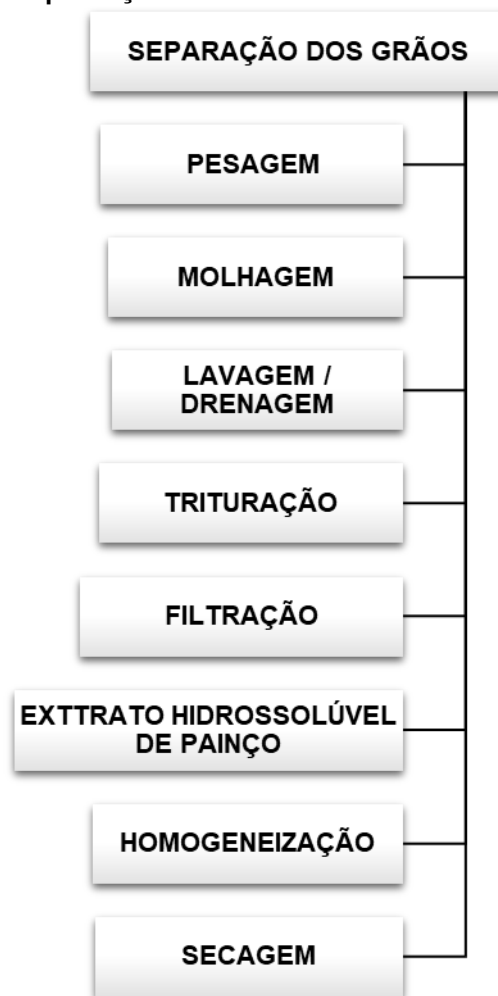
Os procedimentos para a obtenção do extrato hidrossolúvel de painço, secagem por *spray dryer* e sua caracterização foram realizados nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, *Campus* Medianeira.

Todos os reagentes utilizados nas determinações apresentaram grau de pureza analítico.

### 4.2 Obtenção do extrato hidrossolúvel de painço

Na Figura 2 é apresentado o fluxograma utilizado para a produção do extrato hidrossolúvel de painço. O procedimento foi baseado no método de extração de extrato aquoso de alpiste, conforme Oliveira (2015), com adaptações. Para a extração dos compostos dos grãos de painço, foram pesados 150 g dos grãos em sua forma integral, os quais foram colocados de molho com 400 mL de água destilada em recipientes fechados e protegidos da luz por um período de 14 horas sob temperatura ambiente. Após o tempo determinado, a água da molhagem foi desprezada e os grãos foram lavados por mais três vezes com água destilada para remoção de sujidades. Posteriormente adicionou-se 400 mL de água destilada aos grãos, os quais foram triturados em um homogeneizador mecânico por um período de 5 minutos e, em seguida, a mistura foi peneirada e filtrada com auxílio de um tecido voal para melhor retenção dos resíduos sólidos. Após preparado o extrato hidrossolúvel, este seguiu para homogeneização em Ultra-Turrax (T18, IKA, Alemanha) a 7000 rpm por 15 minutos, sendo na sequência submetido ao processo de secagem em *spray-dryer*.

Figura 2 - Fluxograma da produção de extrato hidrossolúvel de painço.



Fonte: Autoria própria (2022).

### 4.3 Secagem do extrato hidrossolúvel de painço

A obtenção do extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP) foi realizada de forma similar a descrita por Cabral *et al.* (1997) e Lemos *e al.* (1997), com algumas adaptações, ocorrendo por meio de secagem em um *spray dryer* laboratorial (Labmaq™ -MSD 1.0, São Paulo, Brasil), com câmara de secagem de 500 mm x 150 mm, bico duplo de atomização com 1,0 mm de diâmetro. A bomba peristáltica foi operada a uma taxa de alimentação de 0,6 L h<sup>-1</sup>, e a temperatura do ar de entrada foi de 92 ± 2 °C e de saída de 47 ± 2 °C, com o fluxo do ar de secagem a 35 N m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Após a secagem, as amostras foram coletadas em frascos de vidro com tampa e acondicionados sob refrigeração (4 ± 2 °C) até realização das análises.

#### 4.4 Composição centesimal do EHPP

Todas as análises do EHPP foram realizadas em triplicata.

##### 4.4.1 Umidade

A determinação de umidade foi realizada com base no método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) com algumas adaptações. Foram pesadas 0,5 g da amostra de painço em pó em cadinho de porcelana, previamente seco e tarado. Posteriormente as amostras foram secas em estufa a uma temperatura de 105 °C por um período de 1 hora e 30 minutos, foram armazenadas em um dessecador até a temperatura ambiente, sendo posteriormente pesadas e o procedimento de secagem e resfriamento foi realizado até obtenção de peso constante.

O teor de umidade (%) foi calculado de acordo com a Equação 1 e foi expresso em % (g 100 g<sup>-1</sup>).

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{Umidade (\%)} \quad (1)$$

Em que: N = massa (g) de água (perda em massa em g); P = massa (g) da amostra.

##### 4.4.2 Lipídios

A determinação de lipídios foi baseada no método de extração direta em Soxhlet do Instituto Adolfo Lutz (2008). Para a realização do procedimento, foram pesadas 0,5 g da amostra em cartucho de Soxhlet, sendo posteriormente acoplado ao balão de fundo chato previamente tarado. Adicionou-se éter de petróleo em quantidade de 250 mL, e adaptou-se a um condensador de bolas, o qual foi mantido sob aquecimento em manta aquecedora por um período de 8 horas. Após a extração, o solvente foi recuperado dos balões, utilizando um evaporador rotativo, e os balões foram transferidos para estufa a uma temperatura de 105 °C por um período de 1 hora, sendo posteriormente resfriado em dessecador até temperatura ambiente. O processo foi repetido até obtenção de peso constante, durando um período aproximado de 2 horas.

O teor de lipídios (%) foi obtido pelo cálculo da Equação 2 e expresso em % (g 100 g<sup>-1</sup>).

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{Lipídios (\%)} \quad (2)$$

Em que: N = massa (g) de lipídios; P = massa (g) da amostra.

#### 4.4.3 Proteínas

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl, de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para o processo de digestão, foram pesados 0,5 g do extrato de painço em pó, adicionados 10 mL de ácido sulfúrico e 2,5 g de mistura catalítica. Após a pesagem dos materiais, as amostras foram aquecidas em bloco digestor a uma temperatura de 400 °C até a solução obter coloração azul-esverdeada. Após a obtenção da coloração, a solução foi aquecida por mais 30 minutos e seguiu para resfriamento. Em seguida, as amostras foram neutralizadas em solução de NaOH 50% e destiladas em destilador de nitrogênio, com solução coletora de ácido bórico 4% e indicador misto.

A etapa seguinte consistiu na realização da titulação, em que uma solução de HCl 0,1 N foi utilizada para determinação de nitrogênio total conforme Equação 3, sendo convertido para proteína bruta, multiplicando-se o teor de nitrogênio total pelo fator de conversão geral de 6,25.

$$\text{Nitrogênio total (\%)} = \frac{V \times N \times f \times 0,014 \times 100}{m} \quad (3)$$

Em que: V = volume da solução de ácido clorídrico 0,1 N gasto na titulação após a correção do branco, em mL; N = normalidade teórica da solução de ácido clorídrico 0,1 N; f = fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1 N; m = massa da amostra, em gramas.

#### 4.4.4 Cinzas

A determinação de cinzas foi realizada com base no método de resíduos por incineração do Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram pesados 0,5 g de amostra de extrato de painço em pó em um cadinho previamente tarado e incinerado em mufla a 550 °C, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado. As amostras foram carbonizadas em baixa temperatura e incineradas em mufla a uma temperatura de 550 °C, até eliminação completa do carvão. Posterior a esse processo, ocorreu o resfriamento das amostras em dessecador até atingir temperatura ambiente e posterior pesagem. As etapas de aquecimento e pesagem ocorreram até obtenção do peso constante. Os resultados foram calculados conforme Equação 4 e foram expressos em % (g 100 g<sup>-1</sup>).

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{Cinzas (\%)} \quad (4)$$

Em que: N = massa (g) de cinzas; P = massa (g) da amostra.

#### 4.4.5 Minerais

A determinação de cálcio (Ca), cobre (Cu), ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg), manganês (Mn), sódio (Na), fósforo (P), enxofre (S) e zinco (Zn) foi realizada por ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*), utilizando o espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (modelo Optima 4300 DV, Perkin Elmer, EUA) equipado com nebulizador concêntrico e câmara de nebulização ciclônica. As condições operacionais foram as descritas na Tabela 4.



**Tabela 4 - Condições operacionais do ICP-OES.**

<b>Parâmetro</b>	
Potência do gerador de radiofrequência (W)	1400
Vazão do gás principal (L min <sup>-1</sup> )	15,0
Vazão do gás auxiliar (L min <sup>-1</sup> )	0,20
Vazão de gás nebulizador (L min <sup>-1</sup> )	0,70
<b>Elementos</b>	<b>Comprimento de onda (nm)</b>
Ca	393,366
Cu	324,754
Fe	238,204
K	766,491
Mg	280,270
Mn	259,373
Na	588,995
P	178,287
S	182,034
Zn	206,200

Fonte: Autoria própria (2022).

Foram pesadas alíquotas de 300 mg de amostra de EHPP em balança analítica e transferidas para vasos de digestão. Em seguida, adicionou-se em cada vaso, 5 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado (Sigma-Aldrich, 65% v/v) e os vasos foram fechados e posicionados no interior da cavidade de um forno de micro-ondas (Multiwave Go, Anton Paar, equipado com 12 vasos de HVT50 PTFE-TFM, capacidade de 50 mL, modelo HVT50). Aplicou-se o programa de aquecimento com rampa de 20 min até 180 °C e permanência nesta mesma temperatura por 10 min. Por fim, foi aplicada a etapa de resfriamento forçado, própria do equipamento. Após a etapa de resfriamento os vasos foram retirados do forno de micro-ondas e abertos. Os vasos foram lavados com água ultrapurificada (Gehaka, Brasil; resistividade inferior a 18,2 Ω cm<sup>-1</sup>) três vezes e os volumes foram transferidos para balões volumétricos e aferidos à 25 mL.

O teor de minerais foi expresso em mg 100 g<sup>-1</sup>.

#### 4.4.6 Carboidratos

O teor de carboidrato foi estimado por diferença conforme Equação 5.

$$[100\% - (\text{umidade}\% + \text{cinzas}\% + \text{lipídios}\% + \text{proteínas}\%)] \quad (5)$$

#### 4.5 Caracterização química e físico-química do EHPP

Todas as análises do EHPP foram realizadas em triplicata.

#### 4.5.1 Determinação de pH

A determinação do pH das amostras foi realizado em potenciômetro conforme metodologia indicada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). As amostras foram diluídas na proporção de 5 g de amostra para 50 mL de água destilada e as medidas foram conduzidas com auxílio de um potenciômetro previamente calibrado com soluções tampão com pH 7,0 e pH 4,0.

#### 4.5.2 Acidez titulável

A determinação da acidez do EHPP foi realizada conforme metodologia indicada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Dissolveu-se 10 g do extrato em 100 mL de água destilada com adição de 4 gotas de fenolftaleína e titulou-se com solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, até obtenção da coloração rósea. A acidez foi expressa em % (g de ácido cítrico por 100 g de amostra).

#### 4.5.3 Medida Instrumental de cor

A medida instrumental de cor foi realizada na superfície das amostras de EHPP, utilizando equipamento colorímetro Konica Minolta® CR400 (Minolta Corporation, Ramsay, NJ, EUA) com iluminante D65 a 10° do observador, tomando cinco pontos diferentes de leitura por amostra. Foram determinados os valores de L\* (luminosidade), a\* (componente verde-vermelho), b\* (componente azul-amarelo), h° (ângulo *hue*) e C\* (*Chroma*) expressos no sistema de cor CIELAB (*Commission International for Illumination*).

#### 4.5.4 Atividade de água (Aw)

A determinação da atividade de água (Aw) foi realizada em medidor (DCG-40530, Decagon, EUA).

#### 4.5.5 Sólidos solúveis

A determinação dos sólidos solúveis (SS) foi realizada por refratometria antes do processo de secagem por *spray dryer*, conforme metodologia indicada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), utilizando o extrato de painço líquido antes da secagem. A amostra foi colocada sob o refratômetro portátil, o qual realizou a leitura na escala do equipamento e, forneceu o teor de sólidos totais expressos em °Brix.

#### 4.5.6 Análise de higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada com base na metodologia de Fritzen-Freire *et al.* (2012), com algumas adaptações. Para a realização da análise, pesou-se 1 g de EHPP e acondicionou-se em dessecador equilibrado com umidade relativa de 75% contendo solução saturada de cloreto de sódio a temperatura ambiente. As amostras foram mantidas sob estas condições por um período de 7 dias, e a higroscopicidade foi calculada gravimetricamente conforme a Equação 6.

$$\text{Higroscopicidade (g água / 100 g de produto)} = 100 \times \frac{m_f - m_i}{m_i} \quad (6)$$

Em que:  $m_i$  e  $m_f$  correspondem a massa da amostra (g) antes e após o acondicionamento em umidade relativa de 75%.

#### 4.5.7 Determinação do teor de compostos fenólicos

O conteúdo de compostos fenólicos foi determinado pelo método Folin-Ciocalteu conforme metodologia utilizada por Singleton *et al.* (1999) com algumas modificações. O extrato de painço em pó (2 g) foi diluído em 20 mL de metanol e submetido a agitação mecânica de 150 rpm em estufa de agitação (TE-4080, TECNAL, São Paulo, Brasil) a temperatura de 25 °C por 20 min. Em seguida, a amostra foi centrifugada (CT5000, Cientec, São Paulo) a 6000 rpm por 20 min e o sobrenadante coletado para as determinações. Os extratos (0,1 mL) foram adicionados em tubos de ensaio, adicionados de 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich), 1,5 mL de carbonato de sódio anidro 20% (99,5%, Êxodo Científica)

e água destilada (7,9 mL). Foi realizada a medida da absorbância das amostras em um espectrofotômetro UV- Vis (Perkin Elmer, Lambda XLS, Reino Unido), no comprimento de onda de 765 nm, após 1 hora de repouso, sob abrigo da luz. Uma curva padrão de ácido gálico (99,0 %, Êxodo Científica) com concentrações de 20 a 200 mg L<sup>-1</sup> (equação:  $y = 0,0007x - 0,0077$ ;  $R^2 = 0,990$ ) foi construída utilizando-se as mesmas condições da amostra. O resultado foi expresso em mg equivalente de ácido gálico por 100 g de amostra (mg AG 100 g<sup>-1</sup>).

#### 4.5.8 Atividade antioxidante por DPPH

O método do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) foi utilizado para a determinação da atividade antioxidante do EHPP, conforme descrito por Mensor *et al.* (2001) e Brand-Willians, Cuvelier e Berset (1995), com algumas modificações. Alíquotas (0,1 mL) do EHPP previamente diluído, agitado e centrifugado, conforme descrito no item 4.5.7, foram transferidas para tubos de ensaio e homogeneizadas com 3,9 mL de solução 0,06 mol L<sup>-1</sup> de DPPH (Sigma-Aldrich) em metanol (ou metanol puro como controle). A absorbância da amostra foi determinada a 518 nm, após 30 min de repouso no escuro. A atividade antioxidante foi calculada utilizando uma curva padrão de Trolox com concentrações de 50 a 1000 µmol L<sup>-1</sup> (equação:  $y = -0,0005x + 0,6573$ ;  $R^2 = 0,999$ ) e os resultados expressos em mg de Trolox por 100 g de amostra (mg Trolox 100 g<sup>-1</sup>).

#### 4.5.9 Análise infravermelho com transformada de Fourier em modo de refletância total atenuada (FTIR-ATR)

As análises de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) em modo de refletância atenuada (ATR) foi realizada a fim de observar as características químicas do material. Os espectros FTIR-ATR foram determinados no intervalo de número de onda de 4000 a 450 cm<sup>-1</sup>, com resolução de 4 cm<sup>-1</sup>. Foi utilizada uma média de dez acumulações para análise do EHPP.

#### 4.5.10 Análises térmicas

O comportamento térmico da amostra de EHPP foi avaliado em um analisador térmico simultâneo (SDT Q-600, TA Instruments, Reino Unido). A amostra foi acondicionada em um porta-amostra de platina selado, sendo aquecida de 50 °C a 600 °C, a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min, sob atmosfera de nitrogênio com fluxo de 20 mL/min, sendo obtida sua curva termogravimétrica (TG) e sua derivada correspondente (DTG).

#### 4.6 Elaboração de bolos sem glúten

Com o intuito de avaliar a aplicação do EHPP como um ingrediente, estudou-se o desenvolvimento de bolos sem glúten, desenvolvidos com base no método de Valejjos (2013), com algumas alterações.

Para a produção dos bolos foram preparadas três formulações diferentes, variando o tipo de farinha utilizada, na qual: F1 correspondeu ao bolo produzido com 100% com farinha de arroz; F2 se refere ao bolo produzido com 50% com farinha de arroz e 50% EHPP e; F3 refere-se ao bolo produzido com 100% com EHPP. A Tabela 5 apresenta a formulação dos bolos e suas respectivas concentrações.

**Tabela 5 - Formulações dos bolos sem glúten.**

<b>Ingredientes</b>	<b>F1 (g 100 g<sup>-1</sup>)</b>	<b>F2 (g 100 g<sup>-1</sup>)</b>	<b>F3 (g 100 g<sup>-1</sup>)</b>
Farinha de arroz	30,70	15,35	-
EHPP	-	15,35	30,70
Açúcar	5,90	5,90	5,90
Achocolatado	9,26	9,26	9,26
Goma xantana	0,04	0,04	0,04
Fermento químico	1,30	1,30	1,30
Ovo	18,00	18,00	18,00
Leite	30,00	30,00	30,00
Óleo	4,80	4,80	4,80
Total (%)	100,00	100,00	100,00

**F1: 100% farinha de arroz; F2: 50% farinha de arroz e 50% EHPP; F3: 100% EHPP.**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

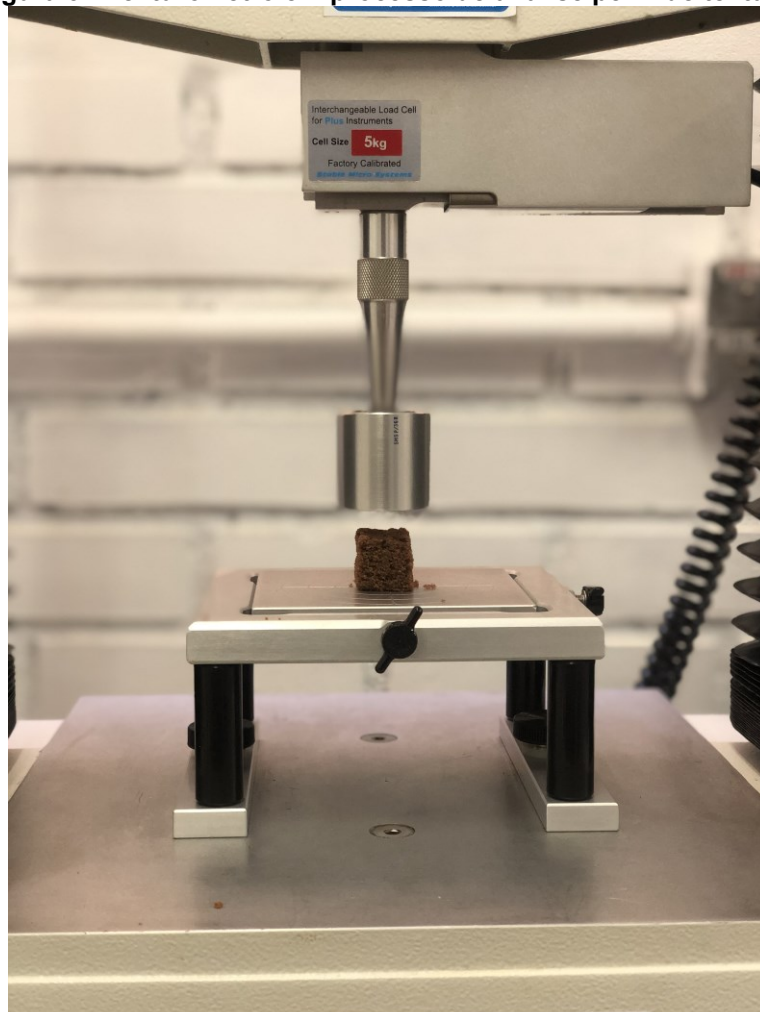
Os ingredientes utilizados para as formulações de bolo sem glúten foram adquiridos em comércio local e pesados em balança de precisão. O processo de produção dos bolos, consistiu em pesar separadamente cada ingrediente e

homogeneizá-los em batedeira planetária por um período aproximado de 10 minutos. Os primeiros ingredientes a serem misturados foram os ovos, leite e óleo, seguidos do açúcar, achocolatado, goma xantana, farinha de arroz e EHPP, e como último ingrediente, o fermento químico. Após o preparo, as massas com aproximadamente 815 g em cada formulação, foram distribuídas em formas retangulares medindo 23 x 10 x 5,5 cm, devidamente untadas com óleo e farinha de arroz, e posteriormente assadas em forno industrial elétrico Vipão a uma temperatura de 150 °C por um período de 45 minutos.

Após os bolos serem assados, estes foram resfriados em temperatura ambiente por um período de duas horas, e posteriormente direcionados para as análises de composição centesimal (proteínas, lipídios, cinzas e umidade) e análises físico-químicas (pH, medida instrumental de cor e Aw), conforme metodologias previamente descritas nos itens 4.4 e 4.5, respectivamente.

Os bolos também foram avaliados quanto ao seu perfil de textura, seguindo a metodologia proposta por Salehi e Kashaninejad (2018), com algumas adaptações. A análise do perfil de textura foi determinada pelo analisador texturômetro (TA-HD plus, Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) com célula de carga de 5 kg, utilizando método padrão, cuja uma probe cilíndrica de alumínio de 36 mm (P36R) comprimiu o bolo até 40% da sua altura, com uma velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,0, 1,7 e 10,0 mm/s, respectivamente (Figura 3). Para tanto, as amostras de bolo foram cortadas em dimensões de 2 x 2 x 2 cm (altura x largura x comprimento), sendo analisadas em um total de dez repetições em temperatura ambiente (25 °C). Os parâmetros determinados foram: dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade.

**Figura 3 - Texturômetro em processo de análise perfil de textura.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

As análises de caracterização dos bolos realizadas visaram comparar as características tecnológicas a produtos elaborados com farinha de arroz e outras farinhas livres de glúten.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de secagem do extrato hidrossolúvel de painço apresentou um rendimento de  $0,80 \pm 0,27\%$ , considerando o peso inicial do painço com casca. A seguir são descritos os resultados obtidos nas análises de caracterização.

### 5.1 Composição centesimal do extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP)

Os resultados das determinações de composição centesimal e composição mineral para o EHPP estão apresentados nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. Para fins de comparação, os valores obtidos para o EHPP foram comparados com dados da literatura (TACO, 2011) reportados para o extrato de soja líquido (ESL), extrato solúvel de soja em pó (ESSP), farinha de trigo (FT), farinha de soja (FS) e farinha de arroz (FA).

**Tabela 6 - Composição centesimal para o extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP) comparando-a com os dados das amostras: extrato de soja líquido (ESL), extrato solúvel de soja em pó (ESSP), farinha de soja (FS) e farinha de arroz (FA) obtidos na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011).**

Composição centesimal (g 100 g <sup>-1</sup> )	EHPP	ESL	ESSP	FT	FS	FA
Umidade	3,20 ± 0,22	91,3	4,5	13,0	5,8	12,7
Proteínas	13,38 ± 0,03	27,6	37,4	11,3	38,2	1,5
Lipídios	7,51 ± 0,54	13,4	27,4	1,6	15,5	0,3
Carboidratos*	75,98	49,4	29,8	86,3	40,8	97,9
Cinzas	3,13 ± 0,09	4,6	5,4	0,9	5,4	0,2

Valores expressos como média ± desvio padrão. Teor de proteínas, lipídios, carboidratos e cinzas apresentado em base seca.

\*Estimado por diferença.

Fonte: Autoria própria (2022).



**Tabela 7 - Composição mineral para o para o extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP) comparando-a com os dados das amostras: extrato de soja líquido (ESL), extrato solúvel de soja em pó (ESSP), farinha de soja (FS) e farinha de arroz (FA) obtidos na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011).**

Composição mg 100 g <sup>-1</sup>	EHPP	ESL	ESSP	FT	FS	FA
Cálcio	20,6	195,4	375,9	1,1	218,7	1,1
Cobre	1,2	0,9	1,2	0,2	1,4	tr
Ferro	5,3	4,6	7,3	1,1	13,9	36,0
Potássio	348,7	1390,8	1682,7	173,6	2040,3	14,9
Magnésio	196,9	172,4	236,6	1,6	256,9	4,6
Manganês	1,2	1,7	2,8	0,5	3,0	0,0
Sódio	7,1	655,2	86,9	1,1	6,4	19,5
Fósforo	456,5	609,2	677,5	132,2	572,2	41,2
Enxofre	79,3	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Zinco	4,9	3,4	6,1	0,9	4,8	9,7

**Resultados expressos em base seca. n. a.: dados não apresentados. Tr: traços.**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Como a cultura do painço para a alimentação humana ainda não é empregada no Brasil, não existe legislação específica para o grão, tão pouco para produtos obtidos dele, para que se possa comparar os resultados.

O EHPP exibiu teor de umidade inferior às amostras de extrato solúvel de soja em pó (ESSP) e as farinhas de trigo, soja e arroz (FT, FS e FA) reportadas na literatura (TACO, 2011). Segundo Gardiner *et al.* (2000) é recomendado que alimentos em pó apresentem no máximo 4% de umidade para garantir melhor estabilidade durante o armazenamento. Sendo assim, pode-se dizer que o processo de secagem do extrato de painço por *spray-drying* foi eficiente, contribuindo para o aumento da vida útil do produto.

O EHPP apresentou quantidades significativas de proteínas (13,38%), carboidratos (75,98%) e lipídios (7,51%). É possível observar que a quantidade de proteína e lipídios presente no EHPP é superior a encontrada na FT e FA, que são as farinhas mais comumente utilizadas na produção de produtos de confeitaria. O teor de proteínas observado para a amostra de EHPP reforça a importância do estudo do painço como fonte proteica alternativa para indivíduos portadores de alergias alimentares ou intolerância ao glúten, uma vez que esta proteína é considerada não alérgica e sem glúten (KUREK *et al.*, 2018; RATNAVATHI, 2017).

Já em relação ao teor de carboidratos, o valor do EHPP supera o dos extratos (ESL e ESSP) e a farinha de soja (FS), porém é inferior aos valores reportados para FT e FA. O elevado teor de carboidratos observado para o EHPP está relacionado ao conteúdo de amido, que pode variar de 52,1 a 68,2% no grão de painço, bem como à

presença de fibras alimentares (ARENDR; ZANNINI, 2013). Valores similares de carboidratos foram reportados por Kurek *et al.* (2018) para a farinha de painço (79,89%).

Na Tabela 7 é possível observar que o EHPP apresentou conteúdo de minerais inferior ao reportado para os extratos e farinhas à base de soja, com exceção do ESL que apresentou valores inferiores de cobre, ferro e zinco. Contudo, os valores obtidos para o EHPP foram superiores aos observados nas farinhas de trigo e arroz quanto ao teor de cálcio, cobre, potássio, magnésio, manganês e fósforo, o que demonstra importância nutricional do EHPP como ingrediente alternativo. Ademais, a FA apresentou os maiores teores de ferro, sódio e zinco, comparando-a com as demais amostras.

## 5.2 Caracterização química e físico-química do EHPP

Na Figura 4 são apresentadas as imagens do EHPP e os resultados dos parâmetros físico-químicos estão disponíveis na Tabela 8.

**Figura 4 - Extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP).**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

**Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos de pH, acidez titulável, atividade de água (Aw), higroscopicidade e cor determinados para o extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP).**

Parâmetros físico-químicos	
Acidez (g de ácido cítrico 100 g <sup>-1</sup> )	0,79 ± 0,03
pH	5,75 ± 0,01
Higroscopicidade (g água 100 g <sup>-1</sup> )	8,53 ± 0,24
Aw	0,5331 ± 0,0041
L*	58,48 ± 2,23
a*	-1,76 ± 0,09
b*	11,82 ± 0,30

Valores expressos como média ± desvio padrão.

Fonte: Autoria própria (2022).

O EHPP apresentou teor de acidez de 0,79 g ácido 100 g<sup>-1</sup> e valor de pH médio de 5,75, ambos valores inferiores ao reportado para farinha de sorgo (acidez = 1,45 g ácido 100 g<sup>-1</sup>; pH = 6,68) (FERREIRA *et al.*, 2009). Como não há um valor máximo tolerável de acidez para produtos à base painço, comparando-se o valor obtido para o EHPP com o referencial para farinhas em geral, que é de 3 g de ácido equivalente 100<sup>-1</sup> de acidez titulável (IAL, 2008), pode-se dizer que o valor obtido no presente estudo é satisfatório, uma vez que a aplicação do EHPP como substituto de farinhas na confeitaria é sugerida. Além disso, a baixa acidez observada para a amostra de EHPP indica que as condições do processo não comprometeram a qualidade do produto após a secagem.

A habilidade das amostras em absorver a umidade da atmosfera é medida por meio da avaliação da higroscopicidade, portanto, valores elevados podem afetar a estabilidade do pó, causando sua agregação (MAHDI *et al.*, 2019). A amostra de EHPP exibiu higroscopicidade de 8,53 g água 100 g<sup>-1</sup>, sendo considerada, portanto, uma amostra higroscópica (FRITZEN-FREIRE *et al.*, 2012). A absorção de água observada pelo EHPP pode estar relacionada a presença de carboidratos em sua composição, em especial o amido; causada por ligações entre o hidrogênio presente na água e os grupos hidroxila disponíveis nas regiões amorfas do substrato, bem como na superfície das regiões cristalinas (TONON *et al.*, 2009).

Com relação à atividade de água (Aw), o EHPP exibiu valores inferiores a 0,6, demonstrando que o processo de secagem foi eficiente o que permite a garantia da segurança microbiológica do produto (FAVARO-TRINDADE *et al.*, 2010), corroborando com os resultados obtidos para umidade.

Na medida instrumental de cor (Tabela 8) observa-se que o EHPP apresenta uma coloração clara, observada pela luminosidade (L\*) de 58,48, em uma escala que varia de 100 (claro) a 0 (escuro). Valores de luminosidade superiores foram reportados

por Yang *et al.* (2018) para farinhas de painço ceroso (69,26 a 71,23) e não ceroso (64,78 a 67,89). É importante identificar um grão ceroso e não-ceroso, já que esta característica interfere diretamente na qualidade final de um produto. O grão ceroso é aquele que apresenta baixo teor de amilose e o grão não-ceroso é aquele que apresenta alto teor de amilose. O teor de amilose dos grãos interfere em características como maior viscosidade do gel formado (YANG, *et al.*, 2018). Os valores obtidos no presente trabalho podem ter sido superiores ao reportado na literatura para a farinha de painço devido ao referido estudo utilizar o painço descascado. No presente estudo, a presença da casca pode ter contribuído para uma luminosidade inferior do produto final, apesar dos resíduos da mesma terem sido desprezados para obtenção do extrato. Quanto ao parâmetro  $a^*$  (componente verde-vermelho) um valor médio negativo foi observado, o que remete à amostra uma tonalidade esverdeada. Já o parâmetro  $b^*$  (componente azul-amarelo) exibiu valor positivo, o que indica tonalidade amarelada da amostra.

O teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante pelo método DPPH estão disponíveis na Tabela 9. Em espécies vegetais, os compostos fenólicos, e alguns ácidos fenólicos em específico, caracterizam-se como metabólitos secundários das plantas responsáveis pela maturação e desenvolvimento da cor, pela síntese de proteínas e de componentes estruturais, além de exercer proteção natural para a planta. Já em relação a saúde humana, estão associados a função antioxidante, responsável por prevenir o aparecimento de doenças crônicas não transmissíveis, em especial ao combate de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas e diabetes, além de ter grande potencial nutricional e terapêutico (ANANTACHOKE *et al.*, 2016; PAIVA, 2014; SILVA *et al.*, 2009).

**Tabela 9 - Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante por DPPH para o extrato hidrossolúvel de painço em pó.**

Compostos fenólicos (mg AG 100 g <sup>-1</sup> )	106,95 ± 12,09
DPPH (mg Trolox 100 g <sup>-1</sup> )	107,33 ± 2,82

**Valores expressos como média ± desvio padrão.**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

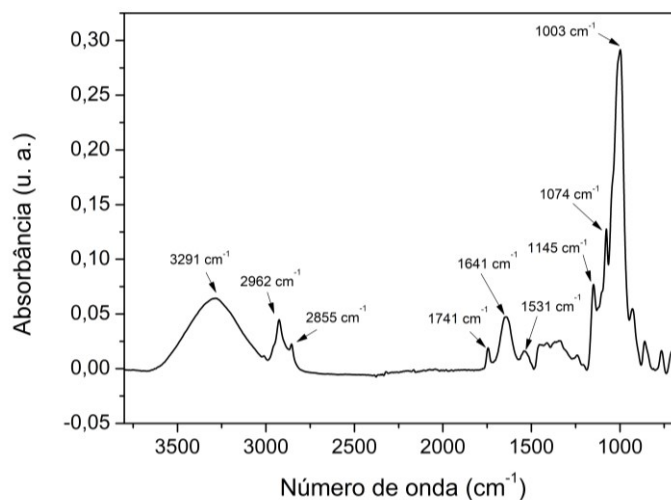
Zhang, Liu e Niu (2014) reportaram valores de fenólicos totais entre 27,48 e 151,14 mg AG 100 g<sup>-1</sup> para diferentes cultivares de painço, sendo a variação dos resultados relacionada com a influência genética das plantas. O valor obtido no presente estudo (106,95 mg AG 100 g<sup>-1</sup>) está dentro da faixa reportada pelo referido

estudo, estando a composição de fenólicos do painço relacionada, principalmente, à presença de ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido *p*-cumárico e ácido ferúlico (ZHANG; LIU; NIU, 2014). Na análise de DPPH, o EHPP exibiu valor de 107,33 mg Trolox 100 g<sup>-1</sup>. Ábrahám *et al.* (2012) determinaram a atividade antioxidante pelo método DPPH para diferentes cultivares de grãos de painço integrais, sendo observados valores inferiores aos reportados no presente trabalho (2,26 a 10,2 mg Trolox g<sup>-1</sup>). Estes resultados demonstram que o processo de secagem por *spray-drying* não afetou de forma negativa a atividade antioxidante do extrato de painço, apresentando valores superiores ao do grão integral reportado na literatura.

A análise de espectroscopia de infravermelho (FTIR-ATR) possibilitou identificar os principais grupos funcionais moleculares da amostra, uma vez que o perfil espectroscópico está diretamente relacionado com a composição da amostra (KALSCHNE *et al.*, 2020). Na Figura 5 é possível observar uma banda de absorção larga a 3291 cm<sup>-1</sup>, relacionada ao estiramento O-H presente no amido (SUN *et al.*, 2014; VIEIRA *et al.*, 2014). Bandas em 2926 cm<sup>-1</sup> e 2855 cm<sup>-1</sup> são observadas, estando relacionadas a vibração molecular do tipo C-H, relacionada a presença de compostos lipídicos (KALSCHNE *et al.*, 2020).

Duas bandas características da vibração C=O foram observadas, uma a 1741 cm<sup>-1</sup>, relacionada a presença de lipídios, e uma a 1641 cm<sup>-1</sup>, relacionada ao grupo funcional amida I das proteínas. Em 1531 cm<sup>-1</sup> observa-se uma banda característica de amida II (N-H). A presença de ligação glicosídica é evidenciada pelas bandas 1145 cm<sup>-1</sup> (O-C-O) e 1074 cm<sup>-1</sup> (C=O), característica pela presença de amido na amostra (FALADE; AYETIGBO, 2021; KALSCHNE *et al.*, 2020, VIEIRA *et al.*, 2014). Bandas atribuídas a deformação axial C-O e O-C-O ocorrem na faixa de 1200 a 1000 cm<sup>-1</sup>, sendo também consideradas bandas características do amido (LIMA *et al.*, 2012). Sendo assim, o espectro FTIR-ATR da amostra de EHPP deixa evidente a presença de amido na amostra, sendo um dos componentes em maior proporção no produto.

**Figura 5 - Espectro FTIR-ATR da amostra de extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP).**

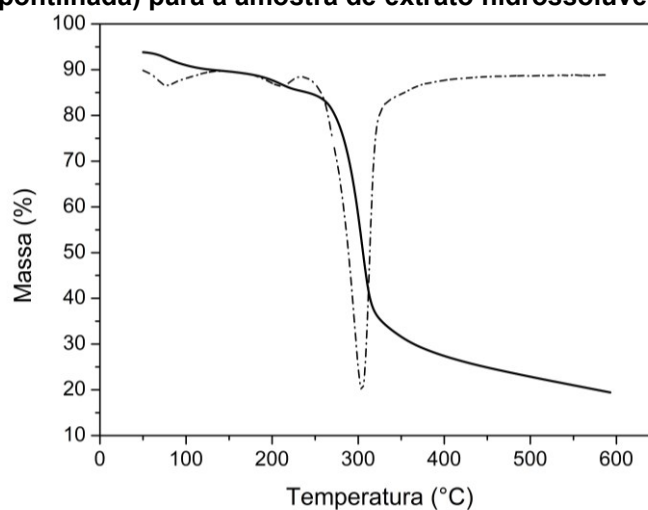


**Fonte: Autoria própria (2022).**

Na Figura 6 é apresentada a curva termogravimétrica (TG) de perda de massa da amostra de EHPP, bem como, sua derivada correspondente (DTG), que foi determinada para facilitar a visualização dos principais eventos térmicos. A amostra de EHPP exibiu um evento térmico a 77 °C (perda de 8% de massa), que pode estar relacionada a temperatura de gelatinização do amido, presente em maior proporção na sua composição. Kim *et al.* (2012) avaliaram as propriedades térmicas de amido nativo de painço e reportaram temperaturas de gelatinização que variaram entre 78,0 e 81,5 °C, valores próximos ao observado no presente estudo. Valores similares também foram reportados por Li *et al.* (2020) em um estudo que avaliou as propriedades físico-químicas de diferentes cultivares de painço, reportando temperaturas de gelatinização entre 71,5 e 79,0 °C.

Um segundo evento térmico é observado próximo a 210 °C, com uma perda de massa de 14%. Este evento pode estar relacionado a desidratação e desnaturação das proteínas (ZHOU *et al.*, 2017) presentes na amostra. Por fim, um terceiro evento térmico é observado em 304 °C (perda de massa de 65%) relacionada a degradação térmica do EHPP. Estes resultados demonstram que o EHPP apresenta estabilidade térmica até cerca de 300 °C, o que permite sua aplicação em produtos que serão submetidos a tratamentos térmicos, sem perda de massa significativa.

**Figura 6 - Curva termogravimétrica (TG, linha contínua) e sua derivada correspondente (DTG, linha pontilhada) para a amostra de extrato hidrossolúvel de painço em pó.**



Fonte: Autoria própria (2022).

### 5.3 Composição Centesimal para as diferentes formulações de bolo

Os resultados das determinações de composição centesimal para os bolos sem glúten, substituindo-se a farinha de arroz por EHPP, são apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10 - Composição centesimal para as formulações de bolo sem glúten.**

Composição centesimal % (g 100 g <sup>-1</sup> )	F1	F2	F3
Umidade	40,79 <sup>a</sup> ± 1,73	39,16 <sup>ab</sup> ± 0,09	37,59 <sup>b</sup> ± 0,59
Proteínas	6,08 <sup>c</sup> ± 0,053	6,49 <sup>b</sup> ± 0,158	7,08 <sup>a</sup> ± 0,127
Lipídios	6,83 <sup>a</sup> ± 0,71	9,01 <sup>a</sup> ± 0,59	9,17 <sup>a</sup> ± 1,95
Carboidratos*	44,45 <sup>a</sup> ± 1,19	43,16 <sup>a</sup> ± 0,48	43,59 <sup>a</sup> ± 0,97
Cinzas	1,86 <sup>c</sup> ± 0,09	2,17 <sup>b</sup> ± 0,05	2,57 <sup>a</sup> ± 0,02

F1 = 100% de farinha de arroz; F2 = 50% farinha de arroz e 50% de extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP); F3 = 100% EHPP.

\*Estimado por diferença.

Valores expressos como média ± desvio padrão.

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), um bolo pronto sabor chocolate elaborado com farinha de trigo apresenta os seguintes valores médios de composição centesimal: umidade (19,3%); proteínas (6,2%); lipídios (18,5%); carboidratos (54,7%) e; cinzas (1,3%). Analisando os resultados da Tabela 10 para comparação com os resultados informados pela TACO (2011) e, considerando os ingredientes usados nas formulações dos bolos, pode-se

considerar que os valores de umidade (37,59%); proteínas (7,08%) e; cinzas (2,57%) são superiores a um bolo pronto, já as quantidades de lipídios (9,17%) e carboidratos (43,59%) são inferiores. Estes resultados demonstram a influência que o tipo de farinha pode resultar na composição final do produto.

O teor de umidade dos bolos sem glúten variou de 40,79 a 37,59%, sendo que a formulação com 100% de farinha de arroz (FA) (F1) exibiu o maior valor e, a formulação com 100% de EHPP (F3) exibiu o menor valor, sendo estatisticamente diferentes entre si ( $p \leq 0,05$ ). Porém, ambas as formulações tiveram teor de umidade similar à amostra elaborada com 50% de FA e 50% de EHPP (F2). Conforme previamente discutido no item 5.1, a FA apresenta maior conteúdo de umidade (12,7%) do que o EHPP (3,2%), fato que pode ter impactado no teor de umidade dos bolos.

O aumento da concentração de EHPP adicionado na formulação de bolo resultou em um aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) no teor de proteína e de cinzas, sendo os valores superiores observados na F3 (100% de EHPP) ( $p \leq 0,05$ ). Estes resultados sugerem a melhora das características nutricionais do produto com a substituição da FA por EHPP, disponibilizando maior conteúdo de proteína e micronutrientes. Já o teor de lipídios e carboidratos não foram afetados significativamente entre as formulações elaboradas ( $p > 0,05$ ), variando de 6,83 a 9,17% e de 43,16 a 44,45%, respectivamente.

#### **5.4 Caracterização físico-química dos bolos sem glúten**

Na Figura 7 são apresentadas as imagens dos bolos a fim de comparação entre a sua aparência quanto as características visuais de cor, altura e do miolo das massas. Pode-se observar que a cor predominante das amostras foi marrom escura devido a adição de cacau em pó, sendo observadas diferenças pontuais entre as formulações, onde a F1 exibiu uma aparência de crosta mais escura que as demais formulações, relacionada às reações de caramelização e de *Maillard* (MENDES *et al.*, 2021). As amostras exibiram altura similares e quanto ao aspecto do miolo, observa-se que tanto F1 quanto F2 exibiram miolos com alvéolos pequenos e bem distribuídos, enquanto que a F3 exibiu aspecto de alvéolos mais irregulares.



**Figura 7 - Bolos elaborados com farinhas de arroz e extrato hidrossolúvel de painço em pó.**



**F1 = 100% de farinha de arroz; F2 = 50% de farinha de arroz e 50% de EHPP; F3: 100% EHPP.  
Fonte: Autoria própria (2022).**

No momento da aquisição de um produto, os critérios de escolha variam a depender do produto, mas um dos mais avaliados pelo consumidor é a cor. A análise de cor é feita com equipamentos específicos que medem e descrevem as cores de forma quantitativa, sendo elas separadas em componentes em um espaço de cores e, sendo que cada uma delas oferece vantagens e desvantagens (ZARIT *et al.*, 1999).

Na Tabela 11 são apresentados os resultados da medida instrumental de cor para os bolos sem glúten, determinada na casca e no miolo dos produtos. Os parâmetros de luminosidade ( $L^*$ ),  $a^*$  (componente verde-vermelho) e  $b^*$  (componente azul-amarelo) para a casca foram inferiores na amostra F1 em comparação as demais amostras, diferindo estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ), o que demonstra que o bolo sem glúten elaborado com FA apresentou uma coloração de casca mais escura que as formulações adicionadas de EHPP. O mesmo comportamento foi observado para os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ , sendo observada tonalidade menos avermelhada e menos amarelada para a amostra F1. Portanto, a adição de EHPP contribuiu para o aumento da tonalidade amarelada e avermelhada das amostras. Valores de  $L^*$  similares a F1 foram reportados por Braga-Souto (2022) para bolos de chocolate elaborados com farinha de trigo e adicionados de coprodutos de buriti.

**Tabela 11 - Parâmetros físico-químicos de cor (L\*, a\* e b\*) para casca e miolo e atividade de água (Aw) das formulações de bolo sem glúten.**

Parâmetros	F1	F2	F3
L* casca	29,72 <sup>b</sup> ± 0,86	37,66 <sup>a</sup> ± 2,88	35,91 <sup>a</sup> ± 0,67
a* casca	6,95 <sup>b</sup> ± 0,16	9,97 <sup>a</sup> ± 0,50	9,73 <sup>a</sup> ± 0,53
b* casca	9,89 <sup>b</sup> ± 0,57	20,19 <sup>a</sup> ± 1,55	17,58 <sup>a</sup> ± 1,08
L* miolo	33,61 <sup>b</sup> ± 2,41	34,71 <sup>ab</sup> ± 0,71	37,89 <sup>a</sup> ± 1,84
a* miolo	7,58 <sup>a</sup> ± 0,13	6,79 <sup>b</sup> ± 0,17	6,79 <sup>b</sup> ± 0,03
b* miolo	17,65 <sup>b</sup> ± 0,60	17,84 <sup>b</sup> ± 0,23	20,22 <sup>a</sup> ± 0,92
Aw	0,9752 <sup>a</sup> ± 0,0109	0,9664 <sup>a</sup> ± 0,0151	0,9655 <sup>a</sup> ± 0,0030

**F1 = 100% de farinha de arroz; F2: 50% de farinha de arroz e 50% de EHPP; F3: 100% de EHPP. Valores expressos como média ± desvio padrão.**

**Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A atividade de água (Aw) corresponde a razão entre pressão de vapor da água no produto e a pressão de vapor da água pura na mesma temperatura (ROTHSCHILD *et al.*, 2015). Os valores de Aw das amostras não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ), exibindo valores entre 0,9655 e 0,9752, demonstrando que o uso de EHPP não influenciou na Aw do produto. Estes níveis de Aw superam os valores mínimos ( $< 0,60$ ) para o crescimento de bolores, leveduras e bactérias, o que contribui para limitação da vida útil do produto, sendo necessários métodos de conservação eficazes para a manutenção da estabilidade e segurança do produto (EMMANUEL *et al.*, 2013; ROTHSCHILD *et al.*, 2015).

Na Tabela 12 são apresentados os parâmetros de perfil de textura determinados em função das diferentes formulações de bolo.

**Tabela 12 - Parâmetros do perfil de textura para as diferentes formulações de bolo sem glúten.**

Amostra	F1	F2	F3
Firmeza (g)	520,7 <sup>a</sup> ± 53,3	446,3 <sup>b</sup> ± 36,2	359,9 <sup>c</sup> ± 33,2
Elasticidade	0,98 ± 0,04	0,99 ± 0,03	0,98 ± 0,01
Coabilidade	0,70 <sup>a</sup> ± 0,03	0,67 <sup>b</sup> ± 0,02	0,71 <sup>a</sup> ± 0,02
Gomosidade (g)	360,23 <sup>a</sup> ± 25,39	310,75 <sup>b</sup> ± 22,29	244,94 <sup>c</sup> ± 25,30
Mastigabilidade (g)	344,50 <sup>a</sup> ± 43,51	301,57 <sup>b</sup> ± 38,75	242,30 <sup>c</sup> ± 21,22
Resiliência	0,44 <sup>a</sup> ± 0,02	0,40 <sup>b</sup> ± 0,01	0,41 <sup>b</sup> ± 0,01

**F1 = 100% de farinha de arroz; F2: 50% de farinha de arroz e 50% de EHPP; F3: 100% de EHPP. Valores expressos como média ± desvio padrão.**

**Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A firmeza pode ser definida como a força requerida para a compressão do alimento entre os dentes (SZCZESNIAK, 2002). Observa-se que a amostra F3 foi a mais macia, pois exibiu o menor valor de firmeza (359,9 g). Já a amostra F1 foi a que

apresentou o maior valor de firmeza (520,7 g). Em um estudo desenvolvido por Yang *et al.* (2018) foi avaliado o perfil de textura de diferentes variedades de painço não cerosos cozidos e foram reportados valores de firmeza que variaram de 428 a 521 g. A maior maciez observada nas amostras de bolo sem glúten com adição de EHPP pode estar relacionada ao seu maior conteúdo de proteínas, que podem contribuir com a retenção de gás e estabilidade da massa melhorando seus aspectos de textura (MORR; HOFFMANN; BUCHHEIM, 2003; ZAVAREZE, 2010), bem como, a possível presença de fibras alimentares solúveis oriundas do painço, que permitem a retenção da umidade do produto possibilitando uma textura mais macia (MOSCATTO *et al.*, 2004).

A elasticidade representa o grau para o qual um produto volta a sua forma original depois da compressão entre os dentes (SZCZESNIAK, 2002). Para este parâmetro, as três formulações não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ), com valores variando de 0,98 a 0,99.

A coesividade é conhecida como o grau ao qual uma substância é comprimida entre os dentes antes de romper (SZCZESNIAK, 2002), sendo que as formulações F1 e F3 exibiram os maiores valores deste parâmetro, não diferindo entre si ( $p > 0,05$ ).

Em relação a gomosidade, que é a força necessária para desintegrar a massa do alimento obtida durante a mastigação, até que atinja o ponto de deglutição (SZCZESNIAK, 2002), a amostra F3 exibiu o menor valor (244,94 g), diferindo das amostras F1 e F2 ( $p \leq 0,05$ ), o que significa que a energia necessária a ser aplicada sobre a massa é consideravelmente menor, corroborando com os valores de firmeza.

A mastigabilidade é medida quanto ao tempo necessário para mastigar a amostras, sob uma taxa constante de aplicação de força, para reduzi-la a uma consistência adequada à deglutição (SZCZESNIAK, 2002). Sendo assim, é possível afirmar que a amostra F3 (242,30 g) apresentou menor resistência à mastigação para então ser deglutida, estando em sequência a F2 (301,57 g) e, com maior mastigabilidade a amostra F1 (344,50 g) ( $p \leq 0,05$ ).

Resiliência é a relação de energia recuperável quando a primeira compressão é aliviada (SALEHI; KASHANINEJAD, 2018). Os valores de resiliência variaram de 0,40 a 0,44, sendo inferiores nas amostras F2 e F3. Valores similares foram reportados por Agrahar-Murugkar *et al.* (2018) para bolos sem glúten e sem ovos.

## 6 CONCLUSÃO

O extrato hidrossolúvel de painço em pó (EHPP), obtido por secagem em *spray dryer*, apresentou valores de composição centesimal e atividade antioxidante similares aos grãos de painço reportados na literatura, podendo-se sugerir que o processo de produção possibilitou manter as características nutricionais do produto.

Dentre as propriedades químicas determinadas para o EHPP destaca-se o conteúdo considerável de carboidratos, proteínas, lipídios e minerais. As análises termogravimétricas e de infravermelho permitiram identificar características de composição química do painço, corroborando a presença dos macronutrientes em sua composição e evidenciando a presença de amido.

Em função da composição do EHPP, seu uso apresenta-se como alternativa viável para aplicação em produtos de confeitaria sem glúten, sendo aplicado em bolos de chocolate variando a concentração de farinha de arroz e EHPP. O aumento da concentração de EHPP nos bolos contribuíram com a redução do teor de umidade e o aumento do teor de proteínas e de cinzas no produto, apresentando-se como uma vantagem do ponto de vista nutricional. Além disso, o EHPP possibilitou a obtenção de bolos de chocolate sem glúten mais macios, conforme observado na análise de perfil de textura, e com coloração mais clara e tendência a tonalidade de cor avermelhada e amarelada, determinada na medida instrumental de cor. Além disso, os valores de atividade de água dos bolos não variaram significativamente.

De modo geral, é possível dizer que os resultados obtidos foram satisfatórios, visto que os resultados são similares aos mencionados na literatura.

Ademais, é sugerido que pesquisas futuras utilizando o painço integral e o EHPP são viáveis para aplicação em outros produtos livres de glúten, além da extração de componentes específicos destas matérias-primas.

## REFERÊNCIAS

- ÁBRAHÁM, É. B. *et al.* Quality of grain of different proso millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 6, n. 2, p. 132-134, 2012.
- AGRAHAR-MURUGKAR, D. *et al.* Development of gluten free eggless cake using gluten free composite flours made from sprouted and malted ingredients and its physical, nutritional, textural, rheological and sensory properties evaluation. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2621-2630, 2018.
- ANANTACHOKE, N. *et al.* Thai fruits exhibit antioxidant activity and induction of antioxidant enzymes in HEK-293 cells. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2016, 2016.
- ARENDRT, E. K.; ZANNINI, E. Millet. *In*: E. B. T.-C. G. for the F. and B. I. (Org.), Woodhead Publishing Series in Food Science, **Technology and Nutrition**, p. 312–350, 2013.
- BAKRY, A. M. *et al.* Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, n. 1, p. 143-182, 2016.
- BALTENSPERGER, D. D. Progress with proso, pearl and other millets. **Trends in new crops and new uses**, n. January 2002, p. 100-103, 2002.
- BATISTELLA, J. J. **Desenvolvimento de uma bebida à base de soja sabor jabuticaba**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011. 75 f.
- BICUDO, M. O. P. *et al.* Elaboração e caracterização de bebida fermentada à base de extrato hidrossolúvel de quinoa com polpa de frutas. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 19-26, 2012.
- BRAGA-SOUTO, R. N. *et al.* Improvement of sensorial and technological characteristics of chocolate cakes with buriti fruit by-product. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 5, 2022.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **LWT – Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998**. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Alimentos para Fins Especiais. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1/1998/prt0029\\_13\\_01\\_1998\\_rep.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1/1998/prt0029_13_01_1998_rep.html) Acesso em: 07 novembro de 2020.
- BRASIL. Governo do Brasil. **Saúde libera R\$ 31,9 mi para promover alimentação saudável**. 27 de agosto 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/saude-e-vigilancia-sanitaria/2019/08/saude-libera-r-31-9-mi-para-promover-alimentacao-saudavel>. Acesso em 20 de maio de 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria SAS/MS nº 1149**, Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas - Doença Celíaca, p. 1–8, 2015.

CABRAL, L. C. *et al.* Efeito da pressão de homogeneização nas propriedades funcionais do leite de soja em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, dez. 1997.

COMINETTI, C; COZZOLINO, S. M. F. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição: nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. 2 ed., Barueri: Manole, 2020. 1378 p.

CRAWFORD, G. W. East Asian Plant Domestication. *In*: STARK, M. T. (Org.). **Archaeology of Asia**. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, p. 1-394, 2006.

CRUZ, F. **Pesquisa mostra que 80% dos brasileiros buscam alimentação saudável**. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2018-05/pesquisa-mostra-que-80-dos-brasileiros-buscam-alimentacao-saudavel>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DE VOS, P. *et al.* Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. **International Dairy Journal**, v. 20, n. 4, p. 292–302, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.11.008>. Acesso em 15 de setembro de 2020.

EMMANUEL K. *et al.* Nutritional and Sensory Analysis of Millet Based Sponge Cake. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 2, n. 6, p 287-293, 2013.

ESTEVINHO, B. N. *et al.* Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications - A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 31, n. 2, p. 138–155, 2013.

FALADE, K. O.; AYETIGBO, O. E. Influence of physical and chemical modifications on granule size frequency distribution, fourier transform infrared (FTIR) spectra and adsorption isotherms of starch from four yam (*Dioscorea spp.*) cultivars. **Journal of Food Science and Technology**, v. 59, p. 1865-1877, 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em 20 de agosto de 2020.

FARIAS, V. L. **Estudo das condições de secagem por atomização de conídios de *Trichoderma harzianum* LCB47**. 2009. Universidade Federal do Ceará, 2009.

FAVARO-TRINDADE, C. S.; *et al.* The use of spray drying technology to reduce bitter taste of casein hydrolysate. **Food Hydrocolloids**, v. 24, p. 336-340, 2010.

FERREIRA, S. M. *et al.* Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 59, n. 4, p. 1-10, 2009.

FERREIRA, C. T.; SEGAL, F. **Doença Celíaca**. Projeto Diretrizes Sociedade Brasileira de Endoscopia Digestiva. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2010.

FLORA ITALIANA. *Panicum miliaceum*. Flora of North America. Disponível em: <http://luirig.altervista.org/schedenam/fnam.php?taxon=Panicum+miliaceum>. Acesso em 28 de setembro de 2020.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. FIB. Dossiê: **Extratos**. 2021. Disponível em: <https://revista-fi.com/artigos/extratos/dossie-extratos>. Acesso em: 07 nov. 2021.

FRITZEN-FREIRE, C. B. *et al.* Microencapsulation of bifidobacteria by spray drying in the presence of prebiotics. **Food Research International**, v. 45, n. 1, p. 306–312, 2012.

FUSARI, F. *et al.* Evidence of *Panicum miliaceum* as a safe food for coeliac patients. **The Gluten Proteins**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, p. 395-397, 2003.

GALLAGHER, E.; GORMLLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, p. 143-152, 2004.

GARDINER, G.; *et al.* Comparative survival of human-derived probiotic *Lactobacillus paracasei* and *L. salivarius* strains during heat treatment and spray drying. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, p. 2605-2612, 2000.

GHARSALLAOUI, A. *et al.* Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v. 40, n. 9, p. 1107–1121, 2007.

GUATIMOSIM, P. **Embrapa Agroindústria pesquisa Pão sem Glúten**. FAPERJ. Rio de Janeiro, 17 de junho de 2021. Disponível em: <http://www.faperj.br/?id=4237.2.4>. Acesso em 08 novembro 2021.

GULATI, P. *et al.* In Vitro Pepsin Digestibility of Cooked Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) and Related Species from Around the World. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 23, n. 66, p. 7156–7164, 2018.

HABIYAREMYE, C. *et al.* Proso millet (*Panicum miliaceum* L.) and its potential for cultivation in the Pacific Northwest, U.S.: A review. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. January, p. 1-17, 2017.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KALSCHNE D. L. *et al.*, Rice and rice bran from different cultivars: physicochemical, spectroscopic, and thermal analysis characterization. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 41, n. 6, p. 3081-3092, 2020.

KIM, L. K. *et al.* Starch properties of native proso millet (*Panicum miliaceum* L.). **Agronomy Research**, v. 10, p. 311-318, 2012.

KUREK, M. A. *et al.* Physicochemical properties of dietary fibers extracted from gluten-free sources: quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*) and millet (*Panicum miliaceum*). **Food Hydrocolloids**, v. 85, p. 321–330, 2018.

KORUS, J. *et al.* The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 3, p. 988–995, 2009.

LEMONS, J. L. S; COSTA DE MELLO, M.; CHAVES CABRAL, L. Estudo da solubilidade das proteínas de extratos hidrossolúveis de soja em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 337–340, dez. 1997. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20611997000300027&lng=pt&nrm=iso&tling=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611997000300027&lng=pt&nrm=iso&tling=pt). Acesso em 15 de setembro de 2020.

LI, K. *et al.* Diversity analysis of starch physicochemical properties in 95 proso millet (*Panicum miliaceum* L.) accessions. **Food Chemistry**, v. 324, p. 1-7, 2020.

LIMA, E. V. *et al.* Relação da Leitura do Clorofilômetro com O N Total na Folha de Painço (*Panicum miliaceum* L.) em Função da Adubação Nitrogenada de Cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 2, p. 149–158, 30 ago. 2007.

LIMA, B. N. B. *et al.* Estudo do Amido de Farinhas Comerciais Comestíveis. **Polímeros**, v. 22, n. 5, p. 486-490, 2012.

LU, H. *et al.* Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10,000 years ago. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 18, p. 7367–7372, 2009.

MAHDI, A. A.; *et al.* Microencapsulation of Fingered citron extract with gum arabic, modified starch, whey protein, and maltodextrin using spray drying. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 152, n. 1 June 2020, p. 1125-1134, 2019.

MATTILA, P.; PIHLAVA, J.; HELLSTRÖM, J. Contents of Phenolic Acids, Alkyl- and Alkenylresorcinols, and Avenanthramides in Commercial Grain Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 21, p. 8290-8295, 2005.

MENDES, G. R. L. *et al.* Defatted Rice Bran as a Potential Raw Material to Improve the Nutritional and Functional Quality of Cakes. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 76, p. 46-52, 2021.

MENSOR, L. L. *et al.* Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, v. 15, n. 2, p. 127-130, 2001.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN. *Panicum miliaceum*. 2005. Disponível em: <http://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempercode=a758>. Acesso em 13 de agosto de 2020.

MORR, C. V.; HOFFMANN, W.; BUCHHEIM, W. Use of applied air pressure to improve the baking properties of whey protein isolates in angel food cakes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 36, n. 1, p. 83-90, 2003.

MOSCATTO, J. A. *et al.* Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.



TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. NEPA - Unicamp, p. 161, 2011. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/>. Acesso em 15 de março de 2022.

NISHIZAWA, N. *et al.* Effects of Dietary Protein of Proso Millet on Liver Injury Induced by D-galactosamine in Rats. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 66, n. 1, p. 92-96, 22 janeiro de 2002.

OLIVEIRA, M. C. M. **Caracterização do extrato aquoso de alpiste (*Phalaris canariensis* L.) e avaliação dos efeitos antioxidantes e hipoglicemiantes**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 2015. 256 f.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 4, p. 641-650, 2010.

OSAWA, C. C. *et al.* Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis a base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 92-99, 2009.

PAIVA, C. L. **Ácidos fenólicos e aminos bioativas livres e conjugadas em sorgo: teores e atividade antioxidante**. Tese de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. 191 f.

PANTALEÃO, L. C.; AMANCIO, O.M.S.; ROGERO, M. M. **Declaração de Posicionamento da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição sobre Dieta sem Glúten**. Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, 27 de novembro de 2014. Disponível em: <http://www.sban.org.br/posicionamentos.aspx>. Acesso em 13 de agosto de 2021.

PARAMESWARAN, K. P.; SADASIVAM, S. Changes in the carbohydrates and nitrogenous components during germination of proso millet, *Panicum miliaceum*. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 45, n. 2, p. 97-102, 1992.

PEREIRA, K. D. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável Resistant starch , the latest generation of energy control and healthy digestion. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 88–92, 2007.

RAMOS, N. C.; PIEMOLINI-BARRETO, L. T.; SANDRI, I. G. Elaboração De Pré-Mistura Para Bolo Sem. **Alim. Nutr.**, v. 23, n. 1, p. 33–38, 2012.

RATNAVATHI, C. V. Nutritional Qualities & Value Addition of Millets. **Millets and Sorghum**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2017. p. 323–340. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/9781119130765.ch12>. Acesso em 20 de agosto de 2020.

ROTHSCHILD, J. *et al.* Influence of quinoa roasting on sensory and physicochemical properties of allergen-free, gluten-free cakes. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p. 1873-1881, 2015.

ROSA; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. Secagem Por Atomização Na Industria Alimentícia: Fundamentos E Aplicações. **Jornada Científica Da Fazu/Faculdades**

**Associadas De Uberaba**, p. 5, 2006. Disponível em: <http://www.labmaqdo brasil.com.br/downloads/spray-dryers/Fundamentos e Aplicacoes da Secagem por Atomizacao na Industria de Alimentos.pdf>. Acesso em 15 de setembro de 2021.

SALEHI, F.; KASHANINEJAD; M. Texture profile analysis and stress relaxation characteristics of quince sponge cake. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, p. 1203-1210, 2018.

SILVA, A. C. da. *et al.* **Utilização de extrato de cogumelo como antioxidante natural em óleo vegetal**. Ciência e Agrotecnologia. [online]. 2009, vol.33, n.4, pp.1103-1108. ISSN 1413-7054. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000400022>>. Acesso em 08 de janeiro de 2022.

SINGLETON, V. L. *et al.* Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. **Methods In Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SLYWITCH, E. Guia alimentar de dietas vegetarianas para adultos. **Sociedade Vegetariana Brasileira**, v. 1, p. 1-66, 2012.

SOU AGRO. **Produção de painço é alternativa para produtores do Paraná**. Agricultura, 2021. Disponível em: <https://souagro.net/2021/04/producao-de-painco-e-alternativa-para-produtores-do-parana/>. Acesso em 17 de junho de 2022.

SOUZA, A. V. *et al.* Aplicação da Secagem por Spray Drying Para a Produção De Extratos Vegetais Secos. **Revista Científica Unilago**, v. 1, p. 181–196, 2015.

SUN, Q. *et al.* Effect of retrogradation time on preparation and characterization of proso millet starch nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, v. 111, p. 133-138, 2014.

SZCZESNIAK, A .S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**,v. 13, 215-225, 2002.

TAYLOR, J. R. N.; SCHOBBER, T. J.; BEAN, S. R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. **Journal of Cereal Science**, v. 44, n. 3, p. 252–271, 2006.

TONON, R. V. Physicochemical and morphological characterisation of açai (Euterpe oleraceae Mart.) powder produced with different carrier agents. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 1950-1958, 2009.

TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v. 9, n. 1, p. 225–241, 2014.

VALLEJOS, V. B. *et al.* Características tecnológicas de bolo sem glúten tipo panetone. **Anais**. VIII Simpósio de Alimentos para a Região Sul, Passo Fundo, v. 8, p. 1–6, 2013. Disponível em: [https://www.upf.br/\\_uploads/Conteudo/simposio-sial-anais/2013/tecnologia/t080.pdf](https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/simposio-sial-anais/2013/tecnologia/t080.pdf). Acesso em 12 de abril de 2022.

VIEIRA. E. F. S. *et al.* Obtenção e caracterização de matriz apropriada para sistemas de liberação prolongada – estudos de liberação dos herbicidas atrazina e diuron. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 398-403, 2014.

WEST, C. E.; PEPPING, F.; TEMALILWA, C. R. The Composition of Foods: Commonly Eaten in East Africa. **Wageningen Agricultural University**, v. 17. p. 51, 1988.

YANG, Q. *et al.* Comparison of physicochemical properties and cooking edibility of waxy and non-waxy proso millet (*Panicum miliaceum* L.). **Food Chemistry**, v. 257, p. 271-278, 2018.

ZANDONADI, R. P. **Massa de banana verde: uma alternativa para exclusão do glúten**. 2009. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saude, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

ZHANG, R; LIU, L.; NIU, W. Phytochemical and Antiproliferative Activity of Proso Millet. **PLoS ONE**, v. 9, n. 8, p. 1-10, 2014.

ZARIT, B. D.; SUPER, B. J.; QUEK, F. K. H. Comparison of five color models in skin pixel classification Proceedings International Workshop on Recognition, Analysis, and Tracking of Faces and Gestures in Real-Time Systems. In Conjunction with ICCV'99 (Cat. No.PR00378). **Anais...IEEE Comput. Soc**, 1999.

ZARNKOW, M. *et al.* Evaluation of different yeast strains on the quality of beer produced from malted proso millet (*Panicum miliaceum* L.). **European Food Research and Technology**, v. 231, n. 2, p. 287–295, 2010.

ZAVAREZE, E. R.; MORAES, K. S.; SALAS-MELLADO, M. L. M. Qualidade tecnológica e sensorial de bolos elaborados com soro de leite Technological and sensory quality of cakes produced with milk whey. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 100–105, 2010.

ZHOU, D.; *et al.* Preparation of walnut oil microcapsules employing soybean protein isolate and maltodextrin with enhanced oxidation stability of walnut oil. **LWT - Food Science and Technology**, v. 83, p. 292-297, 2017.