

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO SUL – IFRS
CAMPUS BENTO GONÇALVES**

JUSTINE FREO SAGGIN

**APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DA FARINHA DE GUAMIRIM (*Myrcia
oblongata* DC.): PROSPECÇÃO DE INFUSÃO RICA EM COMPOSTOS FENÓLICOS**

BENTO GONÇALVES

2023

JUSTINE FREO SAGGIN

APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DA FARINHA DE GUAMIRIM (*Myrcia oblongata* DC.): PROSPECÇÃO DE INFUSÃO RICA EM COMPOSTOS FENÓLICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *campus* Bento Gonçalves como um dos requisitos para obtenção do grau de Tecnóloga em Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luciana Pereira Bernd

BENTO GONÇALVES

2023

JUSTINE FREO SAGGIN

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DA FARINHA DE GUAMIRIM (*Myrcia oblongata* DC.): PROSPECÇÃO DE INFUSÃO RICA EM COMPOSTOS FENÓLICOS

Submetida como parte dos requisitos para obtenção do grau de

TECNÓLOGA EM ALIMENTOS

Curso de Tecnologia de Alimentos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus* Bento
Gonçalves, RS, Brasil.

Aprovada em:/..../....

Pela Comissão Examinadora:

.....
Profa. Dra. Luciana Pereira Bernd
Orientadora – IFRS / Bento Gonçalves

.....
Profa. Ma. Josiani Pasini
IFRS / Bento Gonçalves

.....
Ma. Caroline Carboni Martins
PPGCTA - UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Luciana Pereira Bernd pelos ensinamentos e apoio ao longo da reta final do curso e, especialmente, na elaboração deste trabalho. Aos demais professores do IFRS – *campus* Bento Gonçalves pelo incentivo e compreensão da minha rotina de viagens para conseguir concluir o curso.

Gostaria de registrar também a minha gratidão ao Alvir Longhi, que compartilhou comigo a demanda por estudos com a fruta Guamirim e me forneceu as frutas utilizadas na presente pesquisa.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que permitiu a utilização da sua infraestrutura para a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço aos meus familiares, especialmente a minha mãe, que esteve junto comigo nas idas e vindas do campus e, inclusive, participou de algumas aulas depois do rotineiro chimarrão de chegada em Bento.

RESUMO

O Guamirim (*Myrcia oblongata* DC) é uma fruta nativa da Mata Atlântica ainda pouco explorada pela comunidade científica e em estágio inicial de comercialização por pequenos produtores da região dos Campos de Cima da Serra do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Em trabalhos anteriores, a sua composição fenólica foi elucidada e demonstrou a riqueza fenólica da fruta em diferentes classes desses compostos bioativos. No entanto, dada a sua perecibilidade e a necessidade de cadeia de frio para a sua comercialização na forma congelada, a elaboração de produtos desidratados surge como uma alternativa de baixa complexidade para a sua distribuição, bem como para o aproveitamento integral da fruta. Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho foi propor um produto enriquecido em compostos fenólicos a partir do Resíduo da Farinha de Guamirim (RFG). Inicialmente, o RFG foi caracterizado quanto a sua composição centesimal e propriedades físico-químicas. Posteriormente, ele foi empregado no preparo de infusão (95 °C durante 15 min), a qual foi caracterizada físico-quimicamente e avaliada qualitativamente quanto a presença de compostos fenólicos através da técnica de cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas de alta resolução (HPLC-DAD-ESI-qTOF-MS/MS). Os compostos fenólicos foram quantificados através do ensaio de capacidade redutora (método de Folin-Ciocalteu). O RFG pode ser caracterizado pela riqueza em carboidratos (85,4 % base seca), baixo teor de umidade (12,9 % base úmida) e baixa atividade de água (0,5). A infusão apresentou coloração castanho-amarelada, pH de 4,8 e teor de sólidos solúveis de 2,0 °Brix. Os compostos fenólicos majoritários encontrados na infusão foram o ácido galoilquínico, os derivados glicosilados da miricetina e da quercetina, elagitaninos, com destaque para a oenoteína B, e as antocianinas malvidina e peonidina nas suas formas diglicosiladas, as quais contribuem para a coloração da bebida. A quantificação dos compostos fenólicos totais resultou em 143,5 mg EAG. 100 mL⁻¹ de infusão, valor superior ao mencionado na literatura para infusões elaboradas com outras pequenas frutas conhecidamente ricas em compostos fenólicos. Os resultados obtidos demonstraram o potencial do RFG para consumo através do preparo de infusão e confirmaram a riqueza fenólica da bebida. Desta forma, representando uma alternativa para a comercialização da fruta sem a exigência de cadeia de frio e seu aproveitamento integral, contribuindo para a preservação da espécie e incentivando o seu consumo.

Palavras-chave: Compostos fenólicos, infusão, fruta nativa, alimento, aproveitamento integral.

ABSTRACT

Guamirim (*Myrcia oblongata* DC) is a fruit native to the Atlantic Forest, still little explored by the scientific community and in the initial stage of commercialization by small producers in the Campos de Cima da Serra, region of Rio Grande do Sul state, Brazil. In previous studies, its phenolic composition was elucidated and demonstrated the fruit's phenolic richness in different classes of these bioactive compounds. However, given their perishability and the need for a cold chain for their sale in frozen form, the production of dehydrated products appears as a low-complexity alternative for their distribution, as well as the full use of the fruit. In this context, the main objective of this work was to propose a product enriched in phenolic compounds from Guamirim Flour Residue (GFR). Initially, GFR was characterized by its proximate composition and physicochemical properties. Then, it was used to prepare an infusion (95 °C for 15 min), which was characterized physicochemically and qualitatively evaluated for the presence of phenolic compounds using the liquid chromatography technique coupled to high-resolution mass spectrometry (HPLC- DAD-ESI-qTOF-MS/MS). Phenolic compounds were quantified using the reducing capacity assay (Folin-Ciocalteu method). GFR can be characterized by its richness of carbohydrates (85.4% dry weight), low moisture content (12.9% fresh weight), and low water activity (0.5). The infusion presented a yellowish-brown color, pH around to 4.8, and total soluble solids of 2.0 °Brix. The main phenolic compounds found in the infusion were galloylquinic acid, the glycosylated derivatives of myricetin and quercetin, ellagitannins, especially oenothien B, and the anthocyanins malvidin and peonidin in their di-glycosylated forms, which contribute to the color of the infusion. Quantification of total phenolic compounds resulted in 143.5 mg EAG. 100 mL⁻¹ of infusion, a value higher than that mentioned in the literature for infusions made with other berries known to be rich in phenolic compounds. The results obtained demonstrated the potential of GFR for consumption through the preparation of infusion and confirmed the phenolic richness of the infusion. In this way, represents an alternative for the commercialization of the fruit without the requirement of a cold chain and its integral use, contributing to the preservation of the species and encouraging its consumption.

Keywords: Phenolic compounds, infusion, native fruit, food, integral use.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	9
2.1	OBJETIVO GERAL	9
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1	GUAMIRIM (<i>MYRCIA OBLONGATA</i> DC.)	7
3.2	COMPOSTOS FENÓLICOS	9
3.3	CONSUMO DE FRUTAS E BENEFÍCIOS À SAÚDE	16
3.4	APLICAÇÕES DE FRUTAS NATIVAS EM ALIMENTOS	17
3.4.1	APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS E SUBPRODUTOS DE FRUTAS	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	INFUSÃO DO RESÍDUO DA FARINHA DO GUAMIRIM (<i>MYRCIA OBLONGATA</i> DC.): UMA ALTERNATIVA RICA EM COMPOSTOS FENÓLICOS PARA O APROVEITAMENTO INTEGRAL DA FRUTA	27
5	CONCLUSÃO GERAL	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que o Brasil concentre 20 % das espécies de plantas ou animais existentes no mundo (Carvalho; Conte-Junior, 2021). Essa imensa biodiversidade está distribuída nos diferentes biomas encontrados no país, os quais abrigam uma imensa flora alimentícia. Porém, ela ainda permanece inexplorada e sofre com extensiva degradação devido ao crescimento econômico associado ao agronegócio focado nas monoculturas da soja e cana-de-açúcar e também na criação de gado, urbanização e exploração madeireira. Essas atividades, além de romperem o equilíbrio do ecossistema, também ameaçam a herança genética da flora (Jacob; Albuquerque, 2021).

Conforme recentemente discutido por Carvalho; Conte-Junior (2021), o Brasil possui grande potencial para produzir conhecimento e produtos de alto valor agregado a partir de sua flora alimentícia, especialmente com as suas frutas nativas. Neste contexto, pode-se destacar o Estado do Rio Grande do Sul, que abriga dois biomas, a Mata Atlântica e o Pampa. Recentemente, Brack *et al.* (2020) indicaram a existência de 213 espécies de frutíferas nativas nesses biomas, muitas delas com potencial de uso sustentável e com agregação de valor à agroindústria local. Cerca de 40 % destas frutas listadas são pequenas, enquanto 37 % são médias e 23 % são grandes (Brack *et al.*, 2020). As frutas médias e grandes são as mais conhecidas e já utilizadas por parte da população, sendo as da família *Myrtaceae* aquelas que já possuem registros de venda *in natura* em mercados e feiras de agricultores, como pitanga (*Eugenia uniflora*), araçá (*Psidium cattleianum*), guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*), goiaba-serrana (*Acca sellowiana*) e jabuticaba (*Plinia peruviana*) (Köhler, 2014). Além dessas, outras frutas também têm tido importância na produção e comercialização no RS, tais como o butiá (*Butia spp.*) e a juçara (*Euterpe edulis*) (Köhler; Brack, 2016).

Em contrapartida, a imensa maioria das frutas nativas do Rio Grande do Sul é pouco conhecida tanto pelos pesquisadores quanto pela população em geral. Diversos estudos já relataram a riqueza de frutas pertencentes à família *Myrtaceae* em diferentes classes de compostos fenólicos. Destaca-se que, com relação ao gênero *Myrcia*, o qual abriga aproximadamente 800 espécies exclusivamente neotropicais, são escassos os dados na literatura sobre a composição fenólica dos frutos (dos Santos *et al.*, 2023; Paganelli *et al.*, 2020).

O Guamirim (*Myrcia oblongata* DC.) encontra-se nesse grupo de frutas nativas, pode ser encontrado no bioma Mata Atlântica e se caracteriza pelo tamanho pequeno e coloração escura da casca. Recentemente, vem sendo comercializado pela Cadeia Produtiva das Frutas Nativas (LONGHI, 2018), mas permanece pouco conhecido pela população e pela comunidade científica. Os poucos estudos encontrados na literatura com esta espécie, apontam para as potenciais atividades antimicrobiana, antiacaricida, antioxidante e citotóxica frente às células tumorais responsáveis pelo carcinoma adrenocortical, dos extratos e óleos essenciais, as quais foram atribuídas à presença de fitoquímicos (Henriques, 1997; Santana *et al.*, 2018; Agostini *et al.*, 2017; Antonelo *et al.*, 2023).

Dentre os fitoquímicos presentes nas frutas nativas, se destacam os compostos fenólicos e os metabólitos secundários produzidos pelas plantas com funções específicas (Robards, 1999; Crozier, 2009). A estes compostos estão associados benefícios à saúde, como a redução do risco do desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (Williamson, 2017). Além disso, a presença desses compostos incentiva o desenvolvimento de produtos a partir de frutas nativas, o qual favorece o consumo, a comercialização e a preservação das espécies. Por outro lado, os processamentos dessas matérias-primas geram uma série de subprodutos e resíduos que apresentam potencial uso tecnológico e podem ser explorados num contexto de economia circular e aproveitamento integral de alimentos (Santos *et al.*, 2022).

Nesse contexto, visando a utilização integral da fruta da espécie Guamirim, o objetivo principal da presente pesquisa foi preparar infusão com o resíduo do processamento da farinha da referida fruta, bem como avaliar a sua composição fenólica e capacidade redutora, a fim de prospectar um novo produto enriquecido com compostos fenólicos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Prospectar um novo produto enriquecido com compostos fenólicos a partir do resíduo do processamento da farinha de Guamirim (*Myrcia oblongata* DC).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a composição centesimal, a cor e a atividade de água do resíduo da farinha de Guamirim;
- Preparar infusão com o resíduo do processamento da farinha de Guamirim;
- Avaliar as propriedades físico-químicas da infusão: pH, cor, sólidos solúveis totais;
- Analisar a composição fenólica da infusão empregando a técnica de HPLC-DAD-ESI-qTOF-MS/MS;
- Quantificar a capacidade redutora da infusão.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GUAMIRIM (*Myrcia Oblongata* DC.)

Guamirim ou Guamirim-do-campo, são os nomes populares da *Myrcia oblongata* DC., espécie pertencente à família botânica *Myrtaceae*. Sendo esta composta pelo maior número de espécies do Rio Grande do Sul (Dullius *et al.*, 2016). *Myrcia* DC. é um dos maiores gêneros de *Myrtaceae* abrangendo aproximadamente 800 espécies exclusivamente neotropicais, sendo a *Myrcia oblongata* DC. nativa do Brasil e presente no bioma Mata Atlântica nas regiões Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná, Santa Catarina e do Rio Grande do Sul) (Santos; Sano; Lucas, 2019), conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Distribuição geográfica e fruto da espécie Guamirim (*Myrcia oblongata*)



Fonte: http://www.ufrgs.br/fitoecologia/florars/index.php?pag=buscar_mini.php (adaptado).

A espécie consta como "Criticamente em Perigo" (CR) na lista das espécies da flora ameaçadas de extinção no Estado de São Paulo, porém, considerando toda a região onde pode ser encontrada, ela é considerada como menos preocupante quanto ao risco de extinção (LC) (CNCFlora, 2012). No Rio Grande do Sul, é encontrada no Planalto, onde compõe a Floresta Ombrófila Mista, juntamente com as araucárias nos Campos de Cima da Serra, e na região do Rebordo do Planalto, onde constitui os fragmentos florestais de regeneração (Dullius *et al.*, 2016).

A planta é reconhecida pelas folhas elípticas a oblongas, nervação obscura em ambas as superfícies, superfície adaxial geralmente esbranquiçada, inflorescência com apenas um ramo por gema e botão floral aberto com lóbulos de cálice livres. Os frutos apresentam-se na forma globosa em cálices lobos acrescentes (Santos *et al.*, 2019). Ela é classificada como uma arvoreta, podendo atingir de 4 a 10 m de altura (Brack *et al.*, 2020).

A partir de pesquisas nas bases de dados como *Scopus*, *Web of Science* e *Scielo* concluiu-se que há poucos estudos publicados com esta espécie, sendo que os poucos existentes focaram nos extratos aquosos e óleo essencial das folhas. Esta busca foi realizada em 2023, sem restrição de período e empregando o nome científico da espécie e de seus sinônimos como palavras chaves, de forma combinada, empregando o descritor booleano “and”: “*Myrcia oblongata*”, “*Aulomyrcia oblongata*”, “*Myrcia bombycina*”, “*Aulomyrcia bombycina*”.

Henriques *et al.* (1997) analisaram o óleo essencial das folhas de *M. oblongata* por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-EM) e 35 compostos foram encontrados, sendo 53 % monoterpenos, 24 % sesquiterpenos oxigenados, 5,4 % monoterpenos oxigenados, 8 % sesquiterpenos, 1,9 % compostos aromáticos e 1,2 % de fração lipídica não foi identificada. Mais recentemente, o óxido de cariofileno (22,03 %) e o *trans*-verbenol (11,94 %) foram relatados como compostos majoritários do óleo essencial dessa planta. Neste estudo também foram avaliadas as atividades antimicrobiana (método da microdiluição em caldo), antioxidante (método de desativação do radical livre 2,2-difenil-1-picril hidrazil - DPPH) e acaricida sobre *Dermanyssus gallinae* (Degeer, 1778), através de testes de fumigação. Em relação à atividade antimicrobiana, o óleo essencial demonstrou atividade inibitória para as bactérias gram-positivas e não apresentou atividade para bactérias gram-negativas. Todas as concentrações do óleo essencial testadas no teste de fumigação sobre *D. gallinaea* apresentaram mortalidade inferior a 20 %, e observou-se potencial de repelência apenas na concentração de 10%. Com relação à atividade antioxidante, o óleo apresentou atividade antioxidante moderada quando comparada ao antioxidante sintético butil-hidroxi-tolueno (BHT) (Santana *et al.*, 2018).

Em 2023, outro estudo reportou a ação citotóxica do óleo essencial da *M. oblongata* nas células tumorais responsáveis pelo carcinoma adrenocortical, um tipo raro de câncer que pode afetar principalmente crianças menores de cinco anos e adultos acima de 50 anos, e que pode progredir à metástase. Dessa forma, demonstrando o seu potencial biotecnológico para o desenvolvimento de novas aplicações, como por exemplo, em tratamentos alternativos complementares aos já tradicionalmente recomendados (Antonelo *et al.*, 2023).

Além do óleo essencial, os compostos fenólicos das folhas foram investigados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Um total de oito compostos fenólicos foi encontrado (Tabela 1), com destaque para os majoritários ácido ferúlico e rutina, que corresponderam a cerca de 90 % da concentração de fenólicos quantificada na amostra através de calibração externa com padrões (Agostini *et al.*, 2017).

Tabela 1 - Composição fenólica das folhas da *M. oblongata*

Composto fenólico	mg 100g ⁻¹ de material vegetal
Ácido clorogênico	84,58 ± 6,65
Ácido ferúlico	658,55 ± 12,72
Ácido gálico	34,92 ± 2,82
Catequina	23,26 ± 0,79
Miricetina	10,62 ± 0,12
Quercetina	1,21 ± 0,18
Rutina	1950,78 ± 18,08
Vitexina	262,77 ± 1,07

Fonte: Agostini et al (2017).

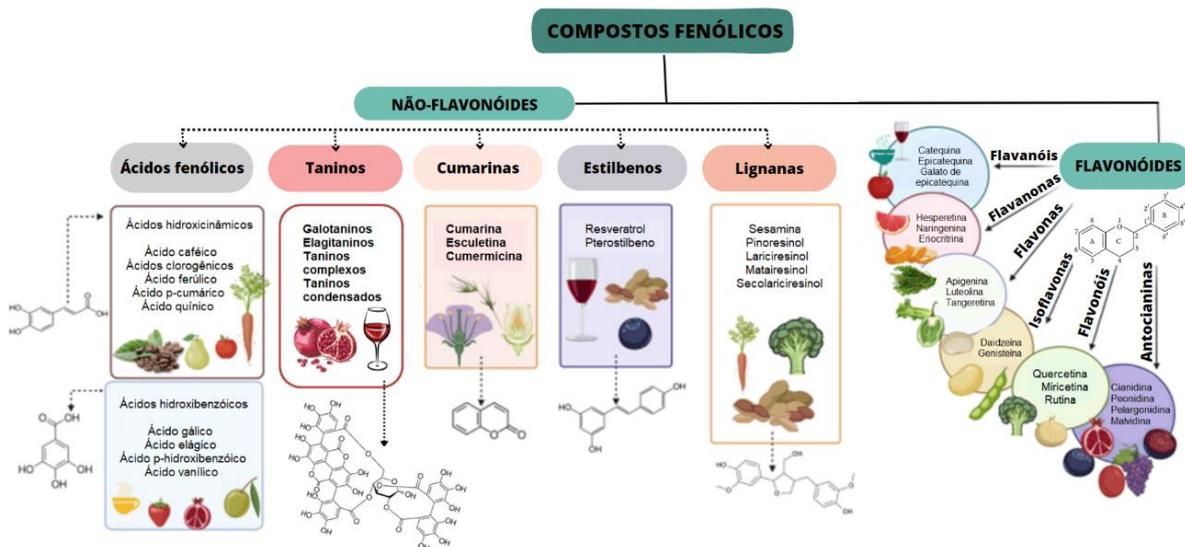
Atualmente, a fruta é comercializada congelada pela Cadeia Solidária das Frutas Nativas do Rio Grande do Sul em embalagens de 250 g e de 500 g para restaurantes e lojas de produtos orgânicos, bem como provenientes da agricultura familiar ou agroecológica. Essa distribuição exige cadeia de frio. Nesse sentido, o desenvolvimento de produtos desidratados a partir do Guamirim poderia ser uma alternativa para aumentar o tempo de prateleira do produto e evitar o uso dessa cadeia.

3.2 COMPOSTOS FENÓLICOS

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários produzidos pelas plantas e têm funções específicas, dentre elas, a resposta a situações como estresse, injúrias e exposição à radiação UV (Haminiuk, 2012). Estruturalmente são caracterizados por possuírem pelo menos um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila ligados, podendo apresentar baixa massa

molecular, até formarem estruturas poliméricas mais complexas, como os taninos. Eles podem ser classificados pelo número e arranjo de seus átomos de carbono e são comumente encontrados ligados a açúcares e ácidos orgânicos (Robrads, 1999; Crozier, 2009; Lin, 2014; Khanbabaee; Ree, 2001). Na Figura 2 está esquematizada a classificação desses compostos e alguns exemplos de alimentos nos quais cada classe é encontrada (Pop *et al.*, 2023).

Figura 2 - Classificação dos compostos fenólicos.



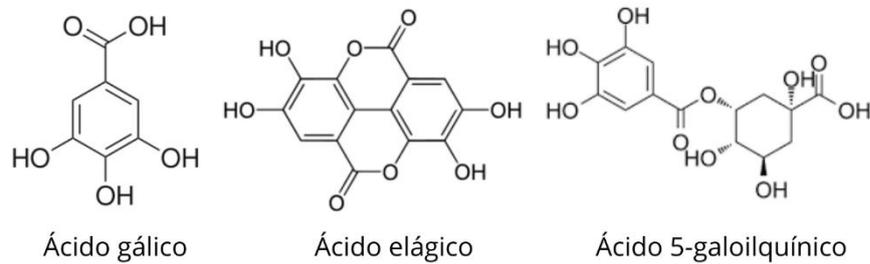
Fonte: Adaptado de POP *et al.* (2023).

As frutas tropicais e as pequenas frutas, conhecidas como *berries*, possuem, em média, de 30 a 2000 mg de compostos fenólicos por 100 g de massa fresca, conforme resultados obtidos através do ensaio de Folin-Ciocalteu (Karasawa; Mohan, 2018; Phenol-Explorer). As classes majoritárias presentes nessas frutas são os ácidos fenólicos, os flavonóis, os taninos e as antocianinas (Haminiuk, 2012). Devido à sua natureza polimérica e estruturas moleculares complexas, elagitaninos (uma subclasse dos taninos) e proantocianidinas (também conhecidas como taninos condensados) são difíceis de quantificar e podem ser subestimados (Symma; Hensel, 2021; Phenol-Explorer). Considerando isso, nesse trabalho serão abordadas com maior detalhamento as classes majoritariamente presentes nas frutas, especialmente em pequenas frutas (*berries*).

Os ácidos fenólicos são a classe de compostos fenólicos com maior variedade e importância dietética entre os compostos classificados como não flavonóides. Eles compreendem os ácidos hidroxibenzóicos e os ácidos hidroxicinâmicos. Os ácidos

hidroxibenzoicos são derivados do ácido benzóico e os compostos principais desta classe incluem os ácidos gálico, elágico, siríngico e vanílico. O ácido gálico é o mais comum dentre os ácidos hidroxibenzoicos e é o precursor biossintético de taninos hidrolisáveis, mais especificamente, dos galotaninos (Crozier, 2009). Dentre estes ácidos galoilquínicos o ácido 5-galoilquínico é o mais comumente encontrado nos chás verde e preto e também em frutas (Clifford, 1999; Clifford, 2007; Phenol-explorer). Na Figura 3 estão representadas as estruturas químicas dos ácidos gálico e elágico e também do principal ácido galoilquínico presente em frutas.

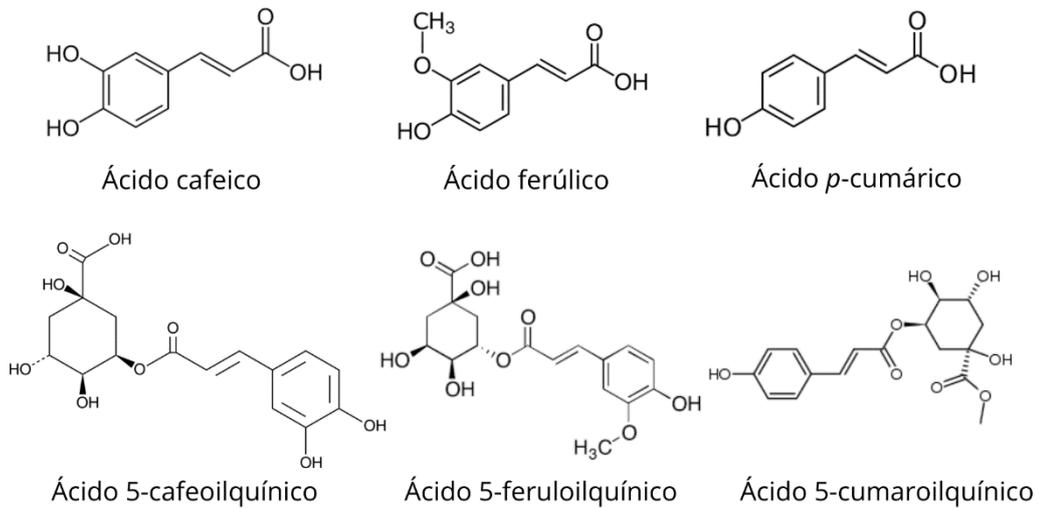
Figura 3 – Ácidos hidroxibenzoicos e derivado galoilquínico.



Fonte: A autora, 2023.

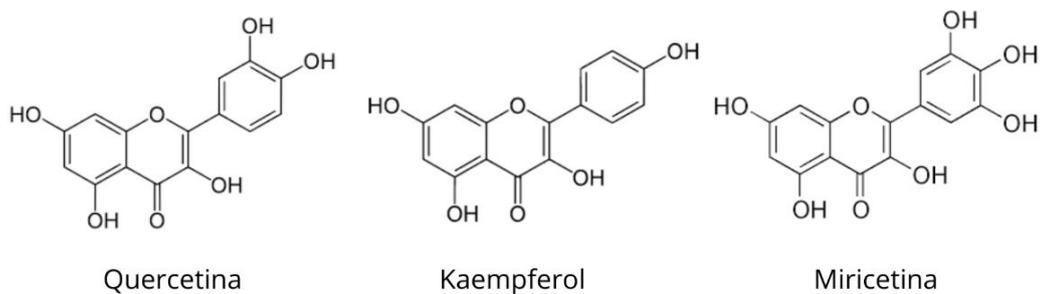
Os ácidos hidroxicinâmicos são caracterizados por um grupo fenilpropanóide (C6-C3) com uma ligação dupla na cadeia lateral onde pode incluir os ácidos cafeico, ferúlico, sinápico e *p*-cumárico. A esterificação destes compostos com outros ácidos, como o quínico, dão origem aos ácidos clorogênicos, bem como os seus derivados (Clifford, 1999; Leonard *et al.*, 2021). Dentre estes ácidos clorogênicos, podemos citar os monômeros, dímeros e trímeros dos ácidos cafeoilquínico, feruloilquínico e *p*-cumaroilquínico (Figura 4).

As pequenas frutas contêm ácidos hidroxicinâmicos, dentre eles podemos destacar o ácido cafeico, encontrado no *chokeberry* preto (arônia) (141 mg 100g⁻¹ de fruta fresca), e os ácidos clorogênicos, majoritariamente presentes na forma do ácido 5-cafeoilquínico em frutos como nos grupos *highbush* e *lowbush* de mirtilo, as quais contêm, respectivamente, 131 e 87 mg em 100 g de fruta fresca. A maioria dos ácidos hidroxicinâmicos está presente nessas frutas na forma de ésteres e glicosídeos (Phenol-Explorer; Clifford, 1999).

Figura 4 – Ácidos hidroxicinâmicos e clorogênicos derivados.

Fonte: A autora, 2023.

A classe dos flavonóis é a mais abundante dos flavonoides estando presente em todo o reino vegetal. São encontrados na natureza principalmente na forma glicosilada (Crozier; Jaganath; Clifford, 2009). Na Figura 5 estão representadas as estruturas de alguns flavonóis comumente encontrados em frutas.

Figura 5 – Estrutura química dos principais flavonóis encontrados em frutas

Fonte: A autora, 2023.

De acordo com dados disponíveis na base de dados Phenol-Explorer (expressos em mg 100 g⁻¹ de fruta fresca), as maiores quantidades de flavonol são encontradas em *chokeberry* preto (88 mg 100 g⁻¹), *elderberry* (sabugueiro) (42 mg 100 g⁻¹), mirtilo do grupo *highbush* (39 mg 100 g⁻¹), *lingonberry* (31 mg 100 g⁻¹) e *cranberry* americana (28 mg 100 g⁻¹). A quercetina é o flavonol mais comum em frutas, sendo as *berries elderberry* (17,0 mg 100 g⁻¹), *lingonberry* (12,6 mg 100 g⁻¹) e *cranberry* (13,0 mg 100 g⁻¹) fontes particularmente ricas. Nestas pequenas frutas também são encontrados kaempferol e miricetina. Por exemplo, estes dois flavonóis

correspondem a 29 e 18 %, respectivamente, do conteúdo total de flavonóis do *bilberry*, uma variedade do mirtilo (Andersen & Markham, 2006).

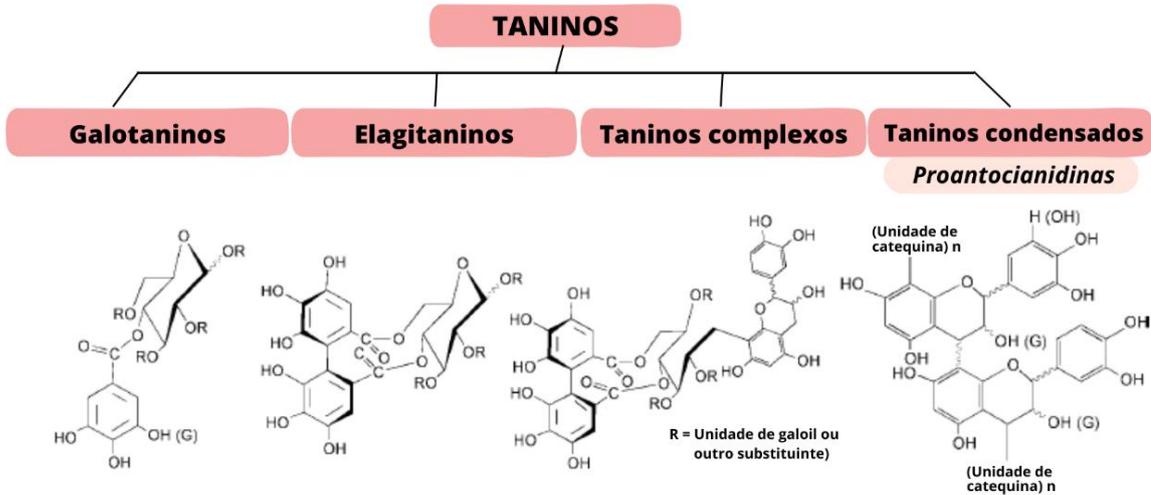
Na natureza os taninos são encontrados em diferentes famílias de árvores, como em castanheiro e carvalho. Altas concentrações de taninos estão presentes em quase todas as partes da planta, como na casca, madeira, folhas, frutas, raízes e sementes. Frequentemente, um aumento na produção de taninos está associado a alguma doença da planta, portanto, se supõe que o papel biológico na planta de muitos taninos está relacionado à proteção contra infecções, insetos ou animais herbívoros. Na indústria de alimentos, os taninos são usados para clarificar e atuar como antioxidantes em vinho, cerveja e sucos de frutas, e também contribuem para cor, sabor, textura e estabilidade de produtos processados (Khanbabaee; Ree, 2001; Symma; Hensel, 2021).

Os taninos são compostos de até 20000 u de massa molar, que se apresentam nas colorações amarela clara ou branca, na forma de pós amorfos, brilhantes, com aroma característico e sabor adstringente. Eles já foram classificados em dois grupos: hidrolisáveis e condensados. No entanto, esta definição ignora os taninos monoméricos e de baixo peso molecular, abaixo de 1000 u (Khanbabaee; Ree, 2001, 2001).

Em 2001, Khanbabaee e Ree propuseram uma definição com base nas características estruturais dos taninos, dividindo-os em quatro grandes grupos: galotaninos, elagitaninos, taninos complexos e taninos condensados (Figura 6). Os galotaninos são todos aqueles taninos nos quais as unidades galofílicas ou seus derivados meta-depsídicos estão ligados a diversas unidades de polióis, catequinas ou triterpenoides. A estrutura química mais comum dos galotaninos é constituída por ésteres de ácido gálico com D-glicose (Ky *et al.*, 2015).

Elagitaninos são definidos como taninos nos quais pelo menos duas unidades de galoil são ligadas através de ligações carbono-carbono umas às outras e não contêm uma unidade de catequina glicosidicamente ligada. Eles são ésteres de ácido hexahidroxidifênico e um polioliol, geralmente glicose ou ácido quínico. Quando expostos a ácidos ou bases, as ligações éster são hidrolisadas e o ácido hexahidroxidifênico se rearranja espontaneamente no ácido elágico, insolúvel em água, sendo eles, portanto, conhecidos como taninos hidrolisáveis, juntamente com os galotaninos (Khanbabaee; Ree, 2001).

Figura 6 – Classificação dos taninos.

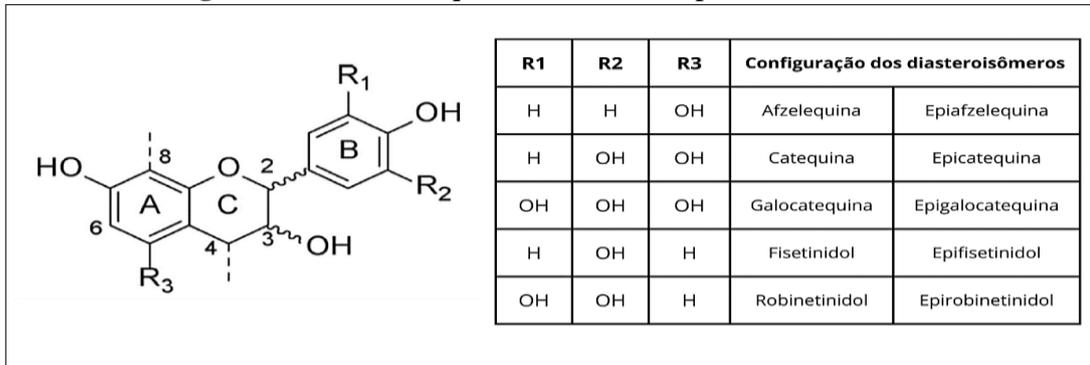


Fonte: adaptado de Khanbabaee e van Ree (2001).

Os elagitaninos são característicos dos gêneros *Rubus* (framboesas e amoras) e *Fragaria* (morangos). Conforme dados da plataforma dados Phenol-Explorer (expressos em mg 100 g⁻¹ de fruta fresca), maiores quantidades são encontradas em framboesa vermelha, amora silvestre e morango. A framboesa vermelha contém sanguíina H6 (81 mg 100 g⁻¹) e lambertianina C (36 mg 100 g⁻¹). Elevados teores de ácido elágico livre foram quantificados em amora (44 mg 100 g⁻¹), framboesa preta (38 mg 100g⁻¹) e amora silvestre (15 mg 100 g⁻¹).

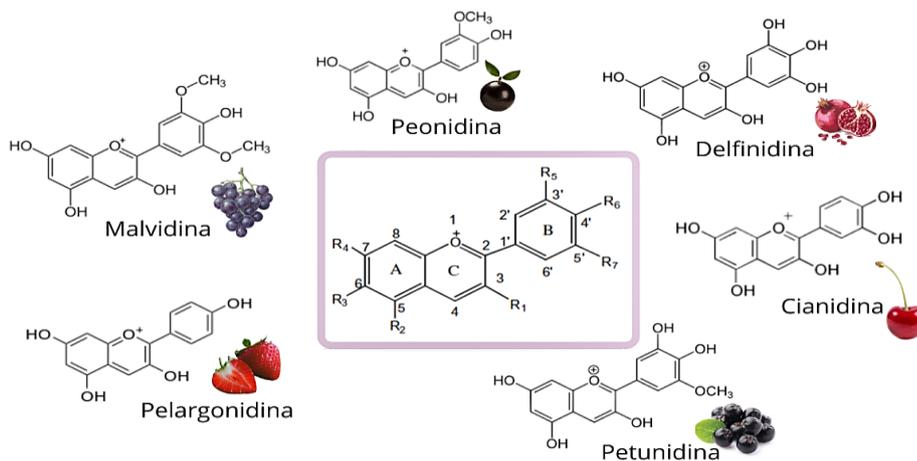
Os taninos complexos são taninos nos quais uma unidade de catequina está ligada glicosidicamente a um galotanino ou a uma unidade de elagitanino. E, por fim, os taninos condensados, também chamados de proantocianidinas, são polímeros complexos ou oligômeros formados por ligações entre flavan-3-óis, principalmente (epi)afzelequina, (epi)catequina e (epi)galocatequina, e mais raramente, (epi)fisetinidol e (epi)robinetinidol (Figura 7). A complexidade estrutural das proantocianidinas é um desafio para sua identificação e quantificação em matrizes vegetais, necessitando técnicas avançadas de cromatografia e espectrometria de massas (Symma; Hensel, 2021).

Em alimentos, os taninos condensados estão presentes em cascas e sementes de uvas, bem como nas cascas de oleaginosas, como as nozes, e exercem grande impacto sobre as propriedades sensoriais dos alimentos, principalmente por aumentarem suas propriedades adstringentes e amargas, causadas pela interação entre esses compostos com as proteínas salivares (Versari *et al.*, 2012).

Figura 7 – Estrutura química básica das proantocianidinas.

Fonte: Adaptado de Symma; Hensel (2021).

As antocianinas são pigmentos responsáveis pelas cores laranja, rosa, vermelho, violeta e azul das flores e frutos de algumas plantas. A cor exibida por essas moléculas foi explicada pela primeira vez por Pauling em 1939, que propôs que a estrutura ressonante do íon flavilium causava a intensidade de sua cor (Wrolstad *et al.*, 2005). As antocianidinas (agliconas) são as estruturas básicas das antocianinas e consistem em um anel aromático [A] ligado a um anel heterocíclico [C] que contém oxigênio, que também está ligado por uma ligação carbono-carbono a um terceiro anel aromático [B] (Figura 8). Quando as antocianidinas são encontradas em sua forma glicosídica (ligadas a açúcar), elas são conhecidas como antocianinas (Castañeda-Ovando *et al.*, 2009). Já foram reportadas na natureza 23 antocianidinas, porém, são encontradas mais frequentemente seis, nomeadamente: cianidina, peonidina, pelargonidina, malvidina, delphinidina e petunidina (Clifford, 1999).

Figura 8 – Estrutura química das principais antocianidinas encontradas em frutas

Fonte: A autora, 2023.

A maioria das pequenas frutas possui perfis de antocianinas simples e pelo menos 80 % das antocianinas totais são representadas por um número limitado de compostos, exceto em mirtilos, nos quais são observados perfis mais complexos (Phenol-Explorer). As antocianinas nessas frutas são principalmente glicosídeos de cianidina, delphinidina, peonidina, pelargonidina, malvidina e petunidina, sendo a cianidina a mais comum. Elas são glicosiladas com glicose, galactose, arabinose ou rutinose e, em menor grau, com xilose como na *chokeberry*, sambubiose como no *elderberry*, e sofrorose como na framboesa. Nos mirtilos (grupos *highbush* e *lowbush*), no entanto, 25 antocianinas diferentes foram identificadas. Sendo principalmente, as formas conjugadas de malvidina (respectivamente 76 e 48 mg 100 g⁻¹ em mirtilos *lowbush* e *highbush*), delphinidina (46 mg 100 g⁻¹ em mirtilos *lowbush* e *highbush*), petunidina (29 mg 100 g⁻¹ em ambos os grupos de mirtilos) e cianidina (respectivamente 24 e 9,9 mg 100 g⁻¹ em mirtilos *lowbush* e *highbush*). Já a pelargonidina 3-glicose foi relatada como sendo a antocianina majoritária em morangos (Patras, 2010).

3.3 CONSUMO DE FRUTAS E BENEFÍCIOS À SAÚDE

O consumo de alimentos ricos em compostos bioativos está relacionado com efeitos benéficos à saúde, estando associado a redução do risco do surgimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), entre elas, as doenças cardiovasculares, a hipertensão arterial, a diabetes e a obesidade (Crozier, 2009; Wootton-Beard, 2011; Carvalho; Conte-Junior, 2021; Karasawa, 2018; Schulz, 2020). Um dado interessante e também preocupante é que, de acordo com o Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das DCNT no Brasil 2021-2030, as DCNT representam a causa de mais da metade do total de mortes no Brasil, sendo em 2019, a causa de 54,7 % dos óbitos registrados (Brasil, 2021).

O consumo de compostos fenólicos como componentes dietéticos saudáveis vai ao encontro da recomendação de comer cinco ou mais porções de frutas e vegetais por dia, mas atualmente é difícil recomendar quais “doses” de compostos específicos devem ser consumidas para se obter o máximo benefício (Williamson, 2017).

Apesar de extensas pesquisas, os mecanismos exatos de ação dos compostos fenólicos no corpo humano não foram comprovados de forma decisiva, mas há fortes evidências de que alguns alvos como o metabolismo do óxido nítrico, a digestão de carboidratos e as enzimas oxidativas são importantes para a promoção dos benefícios à saúde. A absorção e o

metabolismo desses compostos estão relacionados à microbiota intestinal, ou seja, os compostos fenólicos modulam a microbiota, que desempenha um papel crítico na absorção, sendo que é através do catabolismo das bactérias do cólon que mais de 80 % da fração ingerida pode ser absorvida (Williamson, 2017; Banc *et al.*, 2023; Makki *et al.*, 2018).

3.4 APLICAÇÕES DE FRUTAS NATIVAS EM ALIMENTOS

De acordo com Brack *et al.*, (2020), a maioria das frutas nativas do Rio Grande do Sul é aproveitada na forma *in natura*, porém, há a possibilidade de utilização dessas frutas para a produção de sucos, doces de frutas, polpas e gelados comestíveis (sorvetes, picolés, *sorbets*). Estes produtos, geralmente produzidos de forma artesanal, podem ser encontrados em feiras e pequenos estabelecimentos regionais.

As frutas nativas apresentam propriedades interessantes do ponto de vista nutricional, sensorial e tecnológico. Além disso, a presença de compostos bioativos estimula a sua aplicação na indústria de alimentos com apelo funcional (Neri-Numa *et al.*, 2018). O emprego em formulações como ingredientes naturais, em funções como corantes e flavorizantes, conservantes, fonte de fibras, vitaminas e minerais, são alguns exemplos encontrados na literatura científica, conforme será discutido a seguir.

Reissig *et al.*, (2016) demonstraram a viabilidade para a produção de geleias a partir da guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg.) e do araçá (*Psidium cattleianum* Sabine). Formulações sem adição de açúcar contendo polpa de araçá vermelho apresentaram maior teor de carotenóides e maior capacidade antioxidante (DPPH e ABTS) quando comparadas às formulações com açúcares adicionados. Além disso, Barbieri *et al.*, (2018) concluíram que o comportamento mecânico da geleia de guabiroba se manteve inalterado durante 22 meses de armazenamento, demonstrando que a polpa dessa fruta é adequada para a preparação desse tipo de produto e que a geleia é uma alternativa para o consumo da fruta no período de entressafra.

O butiá (*Butia* ssp.), uma fruta nativa que há décadas vem sendo estudada, é utilizado na preparação de geleias, embora a sua acidez elevada, baixo teor de pectina e elevado teor de fibras dificultem a sua produção. O sorvete elaborado com a polpa da fruta é outra alternativa para o seu consumo, sendo que esta preparação apresentou aceitação significativa em avaliações sensoriais (Hoffmann *et al.*, 2014). Quando minimamente processada, a fruta *Butia*

catarinenses Noblick & Lorenzi armazenada durante 25 dias a 5 °C em embalagens com e sem atmosfera modificada apresentou aumento da maciez, manutenção dos teores de carotenoides e da capacidade antioxidante, além de perdas menos significativas de ácido ascórbico, quando comparada com as frutas armazenadas desembradas em refrigerador, as quais após 15 dias sob refrigeração, já não apresentavam condições de consumo (Rockett *et al.*, 2021). A polpa e o néctar pasteurizados de *Butia odorata* foram avaliados quanto aos teores de carotenoides, compostos fenólicos, vitamina C, características físico-químicas (cor, pH e acidez), composição centesimal e capacidade antioxidante (DPPH e ABTS) durante 12 meses de armazenamento em freezer doméstico (-18 °C). Como resultados, se observou que a pasteurização reduziu a concentração de carotenoides (-10 %), vitamina C (-17 %) e de compostos fenólicos (-10 %), entre eles os flavonoides. E, após 12 meses de armazenamento, maiores perdas foram identificadas para vitamina C (-33 %) e compostos fenólicos (-37 %) (Hoffmann *et al.*, 2017).

Sherbets de uvaia (*Eugenia pyriformis* C.) foram preparados com fortificação de ferro e com substituição de sacarose por sucralose (Giarola; Pereira; de Resende, 2015); e com adição de farinha de linhaça dourada (Giarola *et al.*, 2019). A substituição de sacarose por sucralose em torno de 80 % foi necessária para que a fortificação com ferro alcançasse o máximo estabelecido pela legislação (11,5 – 15 mg), obtendo-se um produto leve, de boa aceitação e com maior valor nutricional. Já a adição de farinha de linhaça entre 1 a 2 % promoveu melhorias reológicas, térmicas e dos parâmetros microestruturais, incluindo a formação de cristais de gelo menores.

Modesto *et al.*, (2016) prepararam iogurte grego à base de leite de búfala com calda de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e avaliaram a influência da adição de diferentes percentuais de calda (10, 20 e 30 % p/p) sobre o teor de ácido ascórbico e antocianinas nos produtos elaborados. Foi observado que o aumento do percentual de calda de pitanga elevou significativamente os teores de ácido ascórbico e antocianinas no produto e, de acordo com a avaliação sensorial, os produtos apresentaram aceitação entre 87 % e 89 %.

A feijoa (*Acca sellowiana*), também conhecida como goiaba serrana, já foi tema de diversos estudos de desenvolvimento de produtos alimentícios, tanto a partir da polpa, quanto da casca. Amaral *et al.*, (2019) elaboraram compota, sorbet e *chutney* a partir da polpa da feijoa. A compota preparada pode ser utilizada como base para mousses, bolos, pães e também como

gelificante. O *sorbet* demonstrou ser uma boa opção de produto rico em antioxidantes, de baixa caloria e sensorialmente atrativo. O *chutney* foi o produto que mais preservou as características da fruta em termos de acidez e doçura, além disso, como empregou a fruta inteira, nutricionalmente demonstrou ser um produto de maior valor agregado. A polpa de feijoa em pó foi obtida por Henaó-Ardila; Quintanilla-Carvajal; Moreno, (2019). O processamento envolvendo concentração por congelamento seguida de atomização permitiu a obtenção de pó de feijoa com maior teor de sólidos e menor alteração de cor. Outra aplicação estudada para a feijoa foi a elaboração de bebida fermentada, que resultou em um produto com graduação alcoólica de 9,7 % (v/v), sendo classificado como vinho seco, e com capacidade antioxidante superior à quantificada na fruta *in natura* (Sartori *et al.*, 2020).

Dentre as pequenas frutas consideradas como “superfrutas” se destaca o mirtilo (*Vaccinium spp.*). Ele já foi empregado na formulação de sucos, vinho, vinagre, geleias, bolos, panquecas, biscoitos, *muffins*, gelatina, fruta em pó e em passas (fruta desidratada). Os produtos desenvolvidos com a fruta apresentaram melhores propriedades nutricionais, como o aumento no teor de fibra em pães, bolos, *muffins* e biscoitos, e também a redução no teor de lipídios totais e incremento de compostos fenólicos em biscoitos isentos de glúten. A fruta desidratada é também utilizada em produtos de panificação, conferindo sabor e aroma, melhorando as características sensoriais dos produtos (Duan *et al.*, 2022).

Processos térmicos também são utilizados na elaboração de produtos com frutas nativas. A desidratação por convecção é empregada na elaboração de frutas desidratadas e farinhas. Nesse processo são reduzidos os efeitos da perecibilidade de frutas e vegetais, além disso, são facilitadas as operações de manuseio, conservação e envase dos produtos. Isso se deve à redução da atividade de água dos produtos, o que minimiza a ocorrência de reações químicas deteriorantes, bem como inibe o crescimento de microrganismos. Além disso, os custos de transporte são menores e a técnica permite o desenvolvimento de produtos que podem ser consumidos em qualquer época do ano, o que é importante quando se trata de frutas sazonais (Ferrão *et al.*, 2017; Reque *et al.*, 2015).

A produção de farinhas a partir de frutas nativas tem sido estudada como uma alternativa para agregar fibras e minerais, bem como substituir total ou parcialmente a farinha de trigo em

produtos de panificação. Como resultado, se propõem produtos isentos de glúten e/ou com maior valor nutricional (Dick *et al.*, 2020).

Farinha de mutamba (*Guazuma ulmifolia* LAM.) foi produzida, caracterizada e avaliada na produção de pães em substituição parcial da farinha de trigo. A farinha apresentou elevado teor de fibra ($26,90 \pm 0,37$ %) e o pão com adição de 5 % da farinha de mutamba apresentou melhores resultados tecnológicos e na avaliação sensorial quando comparado aos pães adicionados de 7 e 9 % dessa farinha (Assis *et al.*, 2019). Pereira *et al.*, (2019) estudaram a mucilagem obtida a partir das sementes dessa mesma fruta e obtiveram um agente emulsificante e espessante capaz de estabilizar uma emulsão de óleo em água e que reteve efetivamente os compostos voláteis de óleo de casca de laranja. Além disso, menores perdas de limoneno, mircenolol, α -pineno e linalol foram verificadas durante o armazenamento. Os resultados obtidos com a mucilagem desenvolvida foram superiores quando comparados a agentes emulsificantes reconhecidos, como a goma guar e amidos modificados.

Pães foram preparados com farinha obtida de pinhão (Polet *et al.*, 2019) e de araticum (*Annona crassiflora* Mart.) (Villela; Batista; Dessimoni-Pinto, 2013). Em ambos os casos os pães desenvolvidos apresentaram boa aceitação em análises sensoriais e de avaliação técnica dos produtos, demonstrando ser uma alternativa para preparações para celíacos. Capella *et al.*, (2009) preparam farinhas a partir das sementes de pinhão cruas e cozidas, e obtiveram produtos com teores de fibras (6,25 % e 5,11 %, respectivamente) superiores ao de farinha de trigo (2,7 %), bem como maiores percentuais de lipídios (6,39 % e 5,14 %, respectivamente) quando comparadas à farinha de milho (3,83 %). A farinha de araticum obtida por Villela *et al.*, (2013) apresentou 14,72 % de fibras, sendo a fração insolúvel responsável por 12,41 %, teor de cinzas de 6,69 %, de carboidratos de 55,61 %, e teores elevados de compostos fenólicos (1245 mg ácido gálico 100 g^{-1}) e potássio (744,90 mg 100 g^{-1}). Especialmente com relação ao teor de potássio, os autores apontam que 100g da farinha de araticum suprem 15,85 % da necessidade de ingestão diária para adultos. E com relação ao conteúdo de lipídios, a farinha apresentou 79 % de ácidos graxos monoinsaturados, expressos em ácido oleico, o que, de acordo com os autores, traz um diferencial para o produto, uma vez que o consumo moderado de ácidos graxos monoinsaturados está associado à redução do risco de doenças cardiovasculares.

Diferentes níveis (0 %, 5 %, 10 %, 15 % e 20 %) de farinha de frutos de jerivá (*Syagrus romanzoffiana* Cham Glassm) foram incorporados às barras alimentícias, as quais foram caracterizadas quanto ao seu perfil de textura, porosidade, cor e propriedades sensoriais. As barras enriquecidas com farinhas de jerivá apresentaram coloração amarela intensa e maior dureza em relação às barras controle; a porosidade diminuiu progressivamente com o aumento da quantidade de farinha adicionada e a análise sensorial resultou em boas médias para os parâmetros avaliados, sendo preferidas as formulações com adição de 10 % e 15 % de farinha de jerivá (da Silva *et al.*, 2016).

Pães à base de farinha de trigo, adicionados de farinha de goiaba (*Psidium guajava*) apresentaram o acréscimo de até 2,4 vezes o teor de compostos fenólicos, quando comparados à amostra controle, sem adição de farinha da fruta. Os compostos identificados como aqueles principais responsáveis pelo incremento no teor total de compostos fenólicos foram a rutina, o ácido gálico e os isômeros do ácido di-hidroxibenzóico (Alves; Perrone, 2015).

Recentemente, Czajkowska–González *et al.*, (2021) identificaram efeitos positivos e negativos da adição de compostos fenólicos provenientes de farinhas de frutas e resíduos agroindustriais em pães de trigo e a sua relação com as interações físico-químicas entre esses compostos e as macromoléculas que constituem a matriz alimentar, principalmente o glúten. Eles observaram que as modificações na textura dos pães, redução de volume e força do glúten, se devem principalmente à capacidade dos compostos fenólicos de reduzir as pontes dissulfeto que são parte essencial da estrutura do glúten. No entanto, a própria estrutura dos compostos fenólicos, principalmente o seu grau de polimerização, é decisiva para os efeitos finais que a sua adição terá na formação do glúten: compostos oligoméricos e poliméricos como os taninos, especialmente os taninos condensados, e em menor escala os taninos hidrolisáveis, podem compensar através de reticulações covalentes ou não covalentes a perda de pontes dissulfeto, de modo que seus efeitos na estrutura do glúten tendem a ser estabilizadores e, portanto, o efeito no produto final pode ser favorável. Em contrapartida, compostos fenólicos de baixa massa molecular, como os ácidos fenólicos, têm o efeito de enfraquecer a matriz de glúten e, portanto, a estrutura do produto forneado. No entanto, ainda é necessário estudar como os compostos fenólicos interagem com outros componentes da matriz do pão, como o amido, ou como eles afetam as interações amido-glúten-água (Czajkowska–González *et al.*, 2021).

O emprego de farinhas de frutas em produtos de panificação também foi estudado por Salehi e Aghajanzadeh, (2020). Os autores reforçam a importância da aplicação das farinhas de frutas como fonte de vitaminas, minerais e fibra alimentar. Esta última, responsável pelas elevadas capacidades de retenção de água e óleo, bem como fermentabilidade colônica, com baixos teores de ácido fítico, um reconhecido componente antinutricional, e baixo valor calórico.

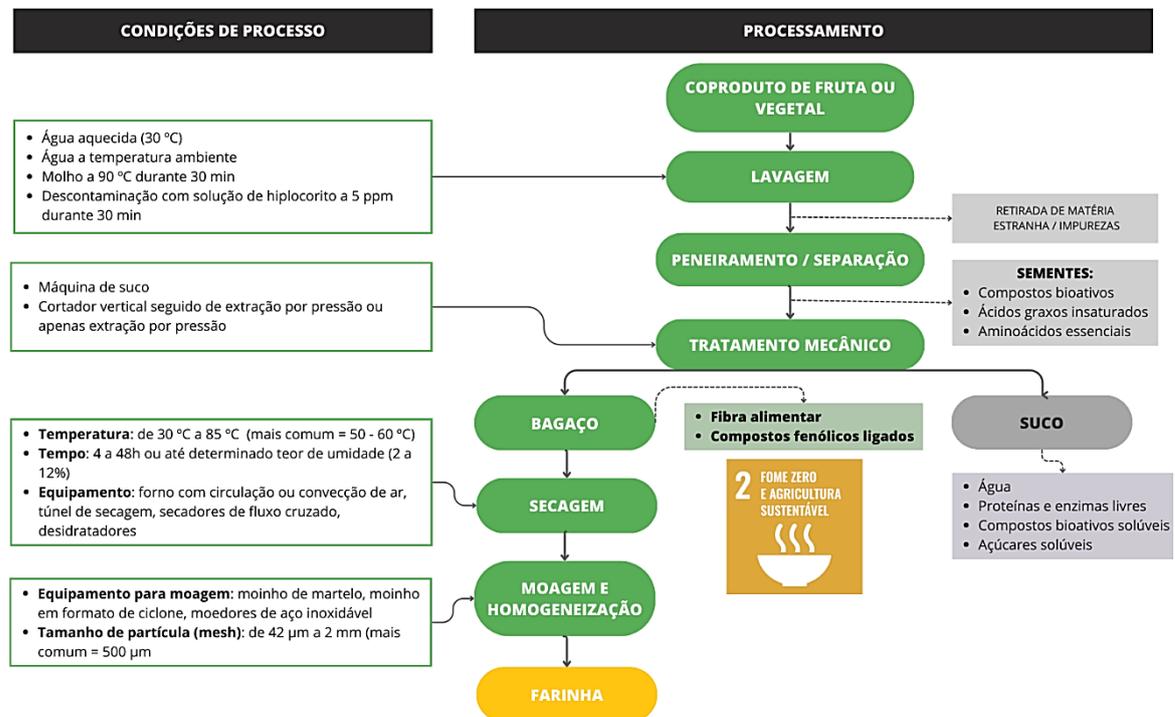
3.4.1 Aproveitamento de resíduos e subprodutos de frutas

O processamento industrial das frutas produz resíduos e coprodutos que são de grande importância devido às grandes quantidades de compostos funcionais e, do ponto de vista da valorização, é possível utilizá-los em aplicações como: como fonte de compostos bioativos (compostos fenólicos, carotenoides), como ingredientes funcionais (fibra alimentar), como fontes de biofertilizante e biogás, bem como na elaboração de embalagens ativas (Ozkan *et al.*, 2023). Esses coprodutos, geralmente cascas, caroços, bagaços, frutas e vegetais imaturos, são relevantes também do ponto de vista econômico, social e ambiental, uma vez que contribuem para a economia circular, isto é, uma abordagem sustentável para promover um sistema de processamento de desperdício zero. Embora existam algumas barreiras, como por exemplo, a falta de instrumentos regulatórios para o uso de subprodutos, diversos estudos já foram publicados nesse contexto (Villegas-Yarlequé *et al.*, 2023).

Recentemente, Santos *et al.* (2022), avaliaram os processos de elaboração de ingredientes secos (farinhas) a partir de subprodutos da indústria de frutas e vegetais já disponíveis e mais discutidos na literatura, bem como seus efeitos tecnológicos nos produtos elaborados. Na Figura 9 estão ilustrados os principais achados da revisão elaborada pelos autores. As principais funcionalidades observadas para as farinhas foram: espessante, agente gelificante e de enchimento e agente retentor de água. Os produtos adicionados dessas farinhas são produtos de panificação, laticínios, carnes e alimentos extrusados. Outra aplicação relatada foi o uso como filmes comestíveis, dadas as propriedades antioxidantes dos compostos bioativos presentes nas farinhas. Demonstrando, portanto, que esses ingredientes apresentam potencial tecnológico para aplicações na indústria de alimentos e que também estão alinhados com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas (2020), bem

como fornecem vários benefícios à saúde relacionados à quantidade e diversidade de compostos bioativos que estão principalmente ligados à fibra alimentar.

Figura 9 - Condições de processo da produção de farinhas a partir de subprodutos vegetais



Fonte: adaptado de Santos *et al.*, (2022).

Essas farinhas foram aplicadas no desenvolvimento de diferentes produtos. Por exemplo, como forma de aproveitamento da casca da feijoa, farinhas foram desenvolvidas e caracterizadas por Almeida *et al.* (2020). Elas apresentaram teor de umidade entre 7,10 e 8,30 %, se enquadrando no parâmetro exigido pela legislação brasileira; conteúdo de potássio até 7,5 vezes e de cálcio até 34 vezes superior à farinha de trigo; além de teor de fibras acima de 45 %.

Em outro estudo, o pó de casca de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) foi adicionado no preparo de cereal matinal e a qualidade tecnológica e sensorial do produto foi avaliada em comparação aos produtos contendo apenas farinha de milho e farinha de trigo. A dureza e a crocância do produto não foram afetadas pela incorporação de casca de jabuticaba, a qual realçou a cor do produto, o que aumentou a aceitabilidade do cereal matinal (Oliveira; Alencar; Steel, 2018).

Extrato da semente de uva melhorou as propriedades físico-químicas, morfológicas e térmicas de filmes comestíveis produzidos com goma arábica e quitosana, bem como teve efeito positivo na textura, na aceitabilidade sensorial e durante o armazenamento de cookies elaborados com a adição desses filmes (Molnar *et al.*, 2023). Demonstrando, portanto, que as sementes de uva, um resíduo da indústria, tem potencial aplicação como fonte de compostos que conferem propriedades tecnológicas a produtos alimentícios amplamente consumidos, como é o caso dos *cookies*.

Além da produção de farinhas e do aproveitamento de sementes e bagaços para a produção de extratos, outra aplicação que vem sendo explorada é o preparo de infusões. Essas bebidas consistem na imersão de ingredientes, como frutas, flores e ervas em água quente. Importante ressaltar que, embora o termo “chá” seja popularmente empregado para se referir a infusões de quaisquer plantas e flores e a Resolução da Diretoria Colegiada Nº 716, de 1º de julho de 2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária defina chá como o produto constituído de uma espécie vegetal autorizada para o seu preparo, inteira, fragmentada ou moída, com ou sem fermentação, tostada ou não, existe diferença entre chá e infusão. São considerados chás apenas as bebidas preparadas através da infusão da planta *Camellia sinensis* (Namita *et al.*, 2012; Zhao *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2022).

Um exemplo de preparo de infusão com resíduos são os talos das cerejas. Eles apresentam reconhecidos benefícios à saúde, como o tratamento de infecções do trato urinário, ação diurética, e também, potencial anticancerígeno e efeito anti-hiperglicêmico. E essas características estão fortemente relacionadas com a presença de compostos fenólicos, principalmente ácidos hidroxicinâmicos, catequina, quercetina e epicatequina, nos talos da cereja (Soares-Mateus *et al.*, 2023).

Outro estudo interessante demonstrou que as infusões de *berries* (*chokeberry*, mirtilo e groselha preta) são ricas em flavonoides e antocianinas e que a decocção do *chokeberry* é a mais eficaz frente às linhagens celulares de carcinoma do colo do útero, melanoma, cólon e leucemia mielóide crônica, apresentando, portanto, atividade citotóxica (Šavikin *et al.*, 2014).

Sendo assim, o emprego de resíduos do processamento de frutas no preparo de infusões se torna uma alternativa para o aproveitamento dessa matéria-prima de forma a gerar novos produtos enriquecidos com compostos bioativos e apelo funcional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, estão apresentados os materiais, métodos e os resultados obtidos no presente trabalho. O conteúdo será apresentado na forma de artigo, o qual será posteriormente submetido a um periódico indexado.

4.1 INFUSÃO DO RESÍDUO DA FARINHA DO GUAMIRIM (*MYRCIA OBLONGATA* DC.): UMA ALTERNATIVA RICA EM COMPOSTOS FENÓLICOS PARA O APROVEITAMENTO INTEGRAL DA FRUTA

RESUMO

O Guamirim (*Myrcia oblongata* DC) é uma fruta nativa da Mata Atlântica ainda pouco explorada pela comunidade científica. Em trabalhos anteriores, a sua composição fenólica foi elucidada e demonstrou o potencial da fruta para o desenvolvimento de produtos enriquecidos nessa classe de compostos bioativos. Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho foi propor um produto enriquecido em compostos fenólicos a partir do Resíduo da Farinha de Guamirim (RFG). Inicialmente, o RFG foi caracterizado quanto a sua composição centesimal e propriedades físico-químicas. Então, ele foi empregado no preparo de infusão (95 °C durante 15 min), a qual foi caracterizada físico-quimicamente e avaliada qualitativamente quanto a presença de compostos fenólicos através da técnica de cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas de alta resolução (HPLC-DAD-ESI-qTOF-MS/MS). Os compostos fenólicos foram quantificados através do ensaio de capacidade redutora (método de Folin-Ciocalteu). O RFG pode ser caracterizado pela riqueza em carboidratos (85,4 % bs), baixo teor de umidade (12,9% bu) e baixa atividade de água (0,5). A infusão apresentou coloração castanho-amarelada, pH de 4,8 e teor sólidos solúveis de 2,0 °Brix. Os compostos fenólicos majoritários encontrados na infusão foram o ácido galoilquínico, os derivados glicosilados da miricetina e da quercetina, elagitaninos, com destaque para a oenoteína B, e as antocianinas malvidina e peonidina nas suas formas di-glicosiladas, as quais contribuem para a coloração da bebida. A quantificação dos compostos fenólicos totais resultou em 143,5 mg EAG. 100 mL⁻¹ de infusão, valor superior ao mencionado na literatura para infusões elaboradas com outras pequenas frutas reconhecidamente ricas em compostos fenólicos. Os resultados obtidos demonstraram o potencial do RFG para consumo através do preparo de infusão e confirmaram a riqueza fenólica da bebida. Desta forma, representando uma alternativa para a comercialização da fruta sem a exigência de cadeia de frio e seu aproveitamento integral, contribuindo para a preservação da espécie e incentivando o seu consumo.

Palavras-chave: compostos fenólicos, infusão, fruta nativa, capacidade redutora.

1. Introdução

A biodiversidade brasileira é reconhecida internacionalmente pela sua riqueza em frutas nativas com características únicas e potencial fonte de compostos bioativos, como carotenoides e compostos fenólicos (Neri-Numa *et al.*, 2018; Carvalho; Conte-Junior, 2021). A presença desses compostos é motivo para o desenvolvimento de produtos alimentícios enriquecidos que agregam apelo funcional aos mesmos, uma vez que são associados a tais compostos bioativos benefícios à saúde, como ações antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana (Coradin; Siminski; Reis, 2011; Williamson, 2017).

Dentre os biomas brasileiros, a Mata Atlântica se destaca pela presença de pequenos frutos da família botânica *Myrtaceae*. Alguns frutos dessa família já foram estudados quanto a sua composição química e, em especial, a presença de compostos fenólicos (Seraglio *et al.*, 2018; Farias *et al.*, 2020). Os compostos fenólicos são metabólitos secundários produzidos pelas plantas como uma resposta ao estresse ambiental ou injúrias e quimicamente possuem como base um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxila, podendo variar de uma simples molécula fenólica a um complexo polímero de alta massa molecular. São classificados de acordo com sua estrutura química em flavonóides e não flavonóides, e subclassificados em outras subclasses, dentre elas as que são frequentemente encontradas em frutas como as antocianinas, os ácidos fenólicos e os taninos (Robards, 1999; Crozier, 2009; Haminiuk, 2012).

A literatura confirma a riqueza fenólica das frutas da família *Myrtaceae*. Por exemplo, a pitanga (*Eugenia uniflora* L.) apresenta elevado teor de antocianinas e flavonóis (de Araújo *et al.*, 2019), enquanto que a feijoa (*Acca sellowiana*), também conhecida como goiaba-serrana, se destaca pela presença de taninos condensados, ácidos fenólicos e flavan-3-óis (Schmidt *et al.*, 2020). Por outro lado, o guabiju (*Myrcianthes pungens*) apresenta um perfil fenólico mais complexo, com seis classes fenólicas identificadas (Spinelli *et al.*, 2023). O mesmo foi observado em nossos trabalhos prévios com o guamirim (*Myrcia oblongata* DC.). Esta pequena fruta nativa da Mata Atlântica, encontrada nos Campos de Cima de Serra do Rio Grande do Sul, se caracteriza pela coloração escura da casca, resultante da presença de antocianinas, e sabor e aroma característicos.

A aplicação das frutas nativas pouco exploradas no desenvolvimento de produtos também é tema de diversos trabalhos científicos. Tais aplicações, associadas ao aproveitamento

integral dos alimentos vem se destacando como uma alternativa para o incentivo ao consumo e comercialização dessas espécies, bem como a sua preservação (Soares-Mateus *et al.*, 2023). A produção de farinhas ou ingredientes secos a partir de subprodutos do processamento de frutas voltados para aplicações como enriquecimento de produtos de panificação, corantes naturais ou até mesmo na elaboração de embalagens ativas, dada às propriedades antioxidantes dos compostos bioativos, são alguns exemplos encontrados na literatura (Santos *et al.*, 2022; Dick *et al.*, 2020; Czajkowska–González *et al.*, 2021). O preparo de infusões a partir de pequenas frutas e resíduos vegetais é outro exemplo que ilustra uma alternativa para o consumo de tais frutas e coprodutos que se mostra interessante do ponto de vista funcional, uma vez que tais bebidas apresentam elevada capacidade antioxidante, que é associada a presença de compostos fenólicos (Jacob, Paliyath, 2012; Šavikin *et al.*, 2014; Vilela, Pinto, 2019; Acar, Aydin, Arslan 2022).

Nesse contexto, partindo de um resíduo obtido na elaboração de farinha de Guamirim, este trabalho visa a prospecção de um novo produto alimentício enriquecido com compostos fenólicos. Inicialmente, o Resíduo da Farinha de Guamirim (RFG) foi analisado quanto a sua composição centesimal, cor e atividade de água. Posteriormente, foi preparada uma infusão a qual foi avaliada frente às suas propriedades físico-químicas, à sua capacidade redutora, também conhecida como o método de quantificação de compostos fenólicos totais e também uma análise qualitativa do perfil fenólico foi efetuada através da técnica de cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrometria de massas de alta resolução (HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS/MS). Através desta metodologia pretendeu-se confirmar a hipótese da riqueza fenólica da bebida preparada e, desta forma, realizar o aproveitamento integral dessa fruta ainda pouco conhecida, incentivar o seu consumo e proporcionar uma alternativa de comercialização que não exija cadeia de frio para os pequenos produtores que a comercializam.

2. Materiais e métodos

2.1 Reagentes e padrões analíticos

Para as análises físico-químicas e de composição centesimal foram utilizados os seguintes reagentes de grau analítico (marca Neon, com algumas exceções mencionadas): hidróxido de sódio, metanol, sulfato de sódio anidro, ácido sulfúrico (Dinâmica Química Contemporânea Ltda), ácido bórico, sulfato de cobre, sulfato de potássio, dióxido de titânio, carbonato de sódio anidro, éter de petróleo (Dinâmica Química Contemporânea Ltda) e álcool etílico.

Para a determinação da capacidade redutora e análise qualitativa dos compostos fenólicos foram utilizados os seguintes reagentes, solventes e padrões analíticos (pureza $\geq 90\%$, Sigma-Aldrich): água ultrapura (sistema de purificação Milli-Q, Millipore Co. - Massachusetts, USA), acetonitrila grau HPLC (J.T. Baker), metanol grau HPLC (J.T. Baker), ácido fórmico P.A. (Neon), carbonato de sódio (Neon), reagente Folin-Ciocalteu (Sigma Aldrich) e padrões analíticos de ácido gálico, ácido 5-cafeoilquínico, ácido elágico, catequina, galato de epigallocatequina, quercetina e cianidina 3-*O*-glucosídeo.

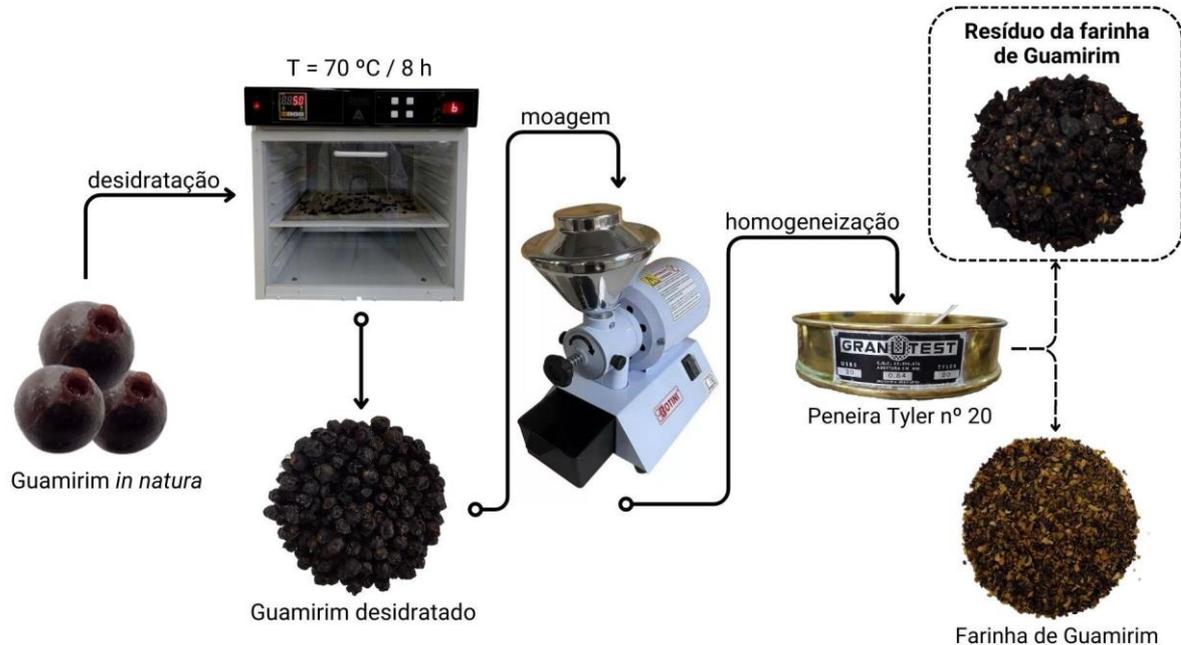
2.2 Amostragem

Neste estudo foi utilizada uma safra de guamirim no estágio ótimo de maturação, avaliado através da cor da casca (violácea) e teor de sólidos solúveis (17,73 °Brix, analisados em refratômetro no laboratório). Aproximadamente 2 kg de fruta foram colhidos em 2022 no município de Ipê, RS (28°45'22.8" S e 51°14'39.7" W). Uma exsicata foi depositada no herbário do Instituto de Biociências da UFRGS e recebeu a codificação ICN 203604.

As frutas foram transportadas até o laboratório em caixas térmicas e imediatamente separadas dos galhos, selecionadas, mantendo-se apenas aquelas maduras e intactas, e higienizadas através de imersão em solução clorada 30 mg L⁻¹ por 15 min. Então, foram armazenadas congeladas a -18 °C até o processamento. O preparo da farinha foi realizado empregando um desidratador de bancada (DAS, modelo DS400) à 70 °C durante 8 horas e posteriormente, um moinho de discos (Botini, modelo B55) e uma peneira Tyler nº 20 para ajuste de tamanho de partícula. Desse processo restou o resíduo que não passou na malha da

peneira e no presente trabalho foi utilizado no preparo de infusão. O fluxograma para obtenção do Resíduo da Farinha de Guamirim (RFG) está ilustrado na **Figura 1**.

Figura 1- Fluxograma experimental para obtenção do resíduo da farinha de Guamirim.



Fonte: A autora, 2023.

2.3 Preparo da infusão

As infusões foram preparadas em três repetições independentes nas mesmas condições experimentais, e foram analisadas em triplicata. Os preparos foram realizados com base no método proposto por Zhong *et al.*, 2023, com adaptações. Em erlenmeyer de 250 mL foi adicionado 1 g de RFG e 50 mL de água ultrapura aquecida a 95 °C e esse sistema foi mantido a 95 ± 2 °C por 15 minutos em agitador magnético com aquecimento (Tecnal, modelo TE-0854), controlando-se a temperatura com termômetro. Em seguida, o extrato foi filtrado com auxílio de funil de vidro e papel filtro qualitativo, sendo recolhido o filtrado para posterior análise.

2.4 Análises físico-químicas

2.4.1 Cor, pH, sólidos solúveis (SS) e atividade de água (A_w)

A cor do RFG foi determinada usando um colorímetro (Konica Minolta, modelo CR400, Cingapura) calibrado com um disco branco e foi expressa pelas coordenadas L^* , a^* e b^* , de

acordo com o sistema CIELab (MCGUIRE,1992; ROBERTSON,1990). O pH foi medido com auxílio de pHmetro (modelo Q400AS, Quimis, Diadema, SP, Brasil) e os SS foram medidos diretamente com um refratômetro digital (Milwaukee, modelo MA871). A atividade de água foi determinada em analisador de A_w (Aqualab, modelo PRE Dewpoint).

2.4.2 Composição centesimal

O RFG foi analisado em triplicata quanto à umidade (n° 925.09), cinzas (n° 923.39), teor de proteína (n° 920.87; fator de proteína de 6,25) e lipídios (n° 945.16) de acordo com a metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC). Os carboidratos totais foram calculados por diferença. O valor energético total foi estimado usando os fatores de conversão de 4 kcal g⁻¹ para teor de proteína e carboidrato e 9 kcal g⁻¹ para o teor de lipídios: Energia (kcal) = 4 × (g proteína + g carboidrato) + 9 × (g lipídio).

2.5 Determinação da capacidade redutora da infusão

A capacidade redutora é medida pela capacidade dos compostos transferirem elétrons para uma mistura complexa de íons fosfowolfrâmico e fosfomolibdico, dando origem a óxidos azuis derivados destes compostos. A determinação da capacidade redutora foi realizada através do método espectrofotométrico empregando o reagente de Folin-Ciocalteu (Singleton; Joseph A. Rossi, 1965). Esse método é conhecido também como método de quantificação de compostos fenólicos totais em extratos, embora existam interferentes, como a presença de ácido ascórbico e açúcares, que podem afetar os resultados.

O ensaio foi conduzido na ausência de luz, em triplicata, a partir das infusões preparadas conforme item 2.3 e diluídas 100 vezes. O sistema reacional foi preparado através da adição de 1500 µL de água ultrapura em cubeta de quartzo, seguida da adição de 250 µL da infusão ou de solução padrão de ácido gálico e de 250 µL do reagente Folin-Ciocalteu. Então, o sistema foi agitado manualmente durante 20 segundos e incubado a 25 °C por 5 minutos. Posteriormente, 1000 µL de solução de carbonato de sódio (7 %, m/v) foram adicionados à cubeta e o sistema agitado durante 40 segundos e mantido no escuro em temperatura ambiente durante 2 horas. Após esse período de incubação, as amostras e a curva analítica foram lidas em espectrofotômetro (Biospectro, modelo SP-220) no comprimento de onda de 765 nm. A quantificação foi realizada através de calibração externa com curva padrão de ácido gálico na

faixa linear de 12,5 – 100,0 mg.L⁻¹ e os resultados expressos em equivalentes de ácido gálico por litro de infusão (mg EAG.L⁻¹ de infusão), interpolando os resultados na curva obtida com o padrão.

2.6 Análise qualitativa de compostos fenólicos por LC-DAD-ESI-qTOF-MS/MS

A análise qualitativa dos compostos fenólicos presentes na infusão foi realizada empregando cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) (Shimadzu, Quioto, Japão), conectada a um espectrômetro de massa (MS) com analisador Quadrupole-Time-of Flight (QTOF). A fonte de ionização utilizada foi *electrospray* (ESI) (Bruker Daltonics, modelo microOTOF-Q III, Bremen, Alemanha). Os compostos foram separados em coluna *Synergi Hydro-RP* (250 x 4,6 mm, 4 µm, Phenomenex, Torrance, CA) com fluxo de 0,5 mL min⁻¹ com forno a 35 °C, usando como fase móvel um gradiente linear de água: ácido fórmico (99,9:0,1, v/v, solvente A) e acetonitrila:ácido fórmico (99,9:0,1, v/v, solvente B), conforme proposto por Rodrigues; Mariutti & Mercadante (2013). O controle do equipamento e o processamento dos dados brutos foram realizados com os *softwares Esquire Control* e *Data Analysis 4.3*, respectivamente (Bruker Daltonics). Os parâmetros MS foram definidos da seguinte forma: faixa de varredura de m/z 100 a 1000, fonte ESI nos modos negativo e positivo, tensão capilar de 4000 V, temperatura do gás de secagem de 310 °C e vazão de 8 L min⁻¹ e pressão do gás nebulizador de 4 bar. MS/MS foi realizada no modo automático, sendo definidos três íons precursores com um limiar de 1500 contagens. A calibração do equipamento foi realizada semanalmente com solução de formato de sódio. Além disso, uma calibração interna foi realizada com a mesma solução de calibração para cada injeção.

O preparo da amostra para injeção no sistema cromatográfico foi realizado através da filtração da infusão com filtro de seringa hidrofílicos PTFE 0,22 µm. A anotação dos compostos fenólicos majoritários presentes na infusão foi realizada através de interpretação manual considerando a massa exata, o padrão de fragmentação e as informações ortogonais - características de absorção UV-vis e ordem de eluição na coluna C18. Essas características foram comparadas com padrões analíticos, literatura e bibliotecas de espectro de massa.

2.7 Análise estatística dos resultados

Os experimentos foram realizados em triplicata ($n = 3$) e os dados foram avaliados através de média \pm desvio padrão empregando o software Microsoft Excel[®] (Microsoft, 2019) e análise de variância (ANOVA) com teste de comparação de médias aplicando teste de *Tukey* ao nível de significância de 5 %, utilizando o software SAS *Studio* (SAS[®] *OnDemand for Academics*).

3. Resultados e discussão

Os resultados das análises de composição centesimal, da cor e da atividade de água do RFG constam na **Tabela 1**. Esse resíduo se caracteriza pela riqueza em carboidratos (85,4 % base seca), que conferem doçura característica à infusão. O teor de umidade do RFG (12,9 %) está próximo aos limites máximos preconizados pela Farmacopeia Brasileira – 6ª edição para frutos de endro, coentro, jucá, funcho e sene (de 10 a 14 %) destinados ao preparo de infusões. Nesta mesma referência também é estipulado o teor máximo de cinzas nos frutos secos para preparo de drogas vegetais na forma de infusões. O resultado obtido para o RFG (3,1 %) está próximo ao estabelecido para o fruto do Jucá (4,0 %), popularmente conhecido como “pau-ferro”. O teor de proteína no RFG (4,2 % base seca) resultou 50 % inferior ao encontrado na fruta *in natura* (8,3 % base seca), o que pode ser justificado pela desnaturação decorrente do processo de secagem. Embora o RFG apresente considerável teor de lipídios (7,3 % base seca), resultante da contribuição das sementes ricas em óleos, esses nutrientes terão pouco impacto na composição da infusão, uma vez que são constituintes lipossolúveis e que uma etapa de filtração em papel é empregada no preparo da bebida.

O RFG pode ser classificado como um alimento de baixa atividade de água ($A_w < 0,6$), sendo pouco afetado por reações enzimáticas ou degradação microbiológica (**Tabela 1**). Essa característica, associada ao baixo teor de umidade, permite inferir que o produto apresenta estabilidade frente ao desenvolvimento de microrganismos, o que é interessante do ponto de vista de comercialização. No entanto, análises microbiológicas são necessárias para garantir a inocuidade comercial do RFG.

Com relação à cor do RFG, se observou luminosidade (L^*) mais positiva com relação à farinha ($L^* = 25,4$; $a^* = 4,2$; $b^* = 16,9$). Isso pode ser resultado do processo de moagem, no qual as películas que revestem as sementes se concentraram na farinha, conferindo uma tonalidade mais clara e tendendo ao amarelo (maior valor de b^*), enquanto que o RFG se mostrou mais escuro e de tonalidade marrom-escura. A coloração do RFG é resultado das antocianinas presentes na casca do guamirim, as quais, quando preparada a infusão, são transferidas para a fase aquosa conferindo a cor característica da bebida. Sari *et al.* (2019) produziram chás (produtos secos) a partir da casca de Jambolão (*Syzygium cumini*) através de

secagem em diferentes temperaturas (50 e 60 °C) e obtiveram produtos ricos em antocianinas e visualmente semelhantes ao RFG.

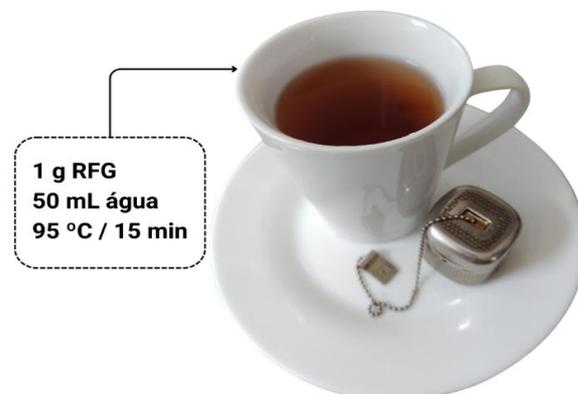
Tabela 1 - Composição centesimal e análises físico-químicas do RFG.

Parâmetro	Resíduo da farinha de Guamirim
Umidade (% base úmida)	12,90 ± 0,19
Carboidratos (%)	85,38
Proteína (%)	4,24 ± 0,03
Lipídios (%)	7,33 ± 0,24
Cinzas (%)	3,05 ± 0,10
Valor energético (kcal/100 g)	424,45
Cor	
<i>L</i>	19,84 ± 1,05
<i>a</i> *	4,20 ± 0,44
<i>b</i> *	7,83 ± 2,35
<i>A_w</i>	0,539 ± 0,00

Nota: Resultados de composição centesimal expressos em base seca.

Na **Figura 2** está ilustrada a bebida obtida através da infusão do RFG. Os resultados de pH dos três experimentos avaliados se mostraram estatisticamente equivalentes (**Tabela 2**), demonstrando a baixa acidez da bebida produzida, com pH próximo ao da fruta *in natura* (5,3). Como esperado para infusões, o teor de sólidos solúveis resultou baixo, cerca de 2,0 °Brix, similar ao encontrado por Salehi *et al.* (2023) para infusões preparadas com marmelo (*Cydonia oblonga*). Os açúcares presentes no RFG podem ter contribuído para este valor. Os experimentos diferiram estatisticamente neste parâmetro, no entanto, considerando o resultado médio dos 3 experimentos, se observa desvio padrão de 0,2.

Figura 2 - Infusão preparada com o resíduo da farinha de Guamirim.



Fonte: A autora, 2023.

A cor é um atributo importante na avaliação sensorial de infusões, sendo um dos parâmetros avaliados na metodologia GB/T 23776–2018 da Administração de Padronização da China, para avaliação da qualidade e caracterização de chás (Zhong *et al.*, 2023). Além disso, vários estudos psicofísicos mostraram que a observação das cores afeta o sabor percebido e a intenção de compra (Zollinger, 2003). A cor da infusão se mostrou um atributo bastante interessante, devido a coloração castanho-amarelada e brilho característicos. Quando comparada ao chá preto de *Camellia sinensis* (*black tea*), a infusão com RFG apresentou tonalidade mais escura (menor L^*), menos amarelada (menor b^*) e menos avermelhada (menor a^*) (Long *et al.*, 2024).

Tabela 2 – Propriedades físico-químicas e capacidade redutora da infusão.

Parâmetro	Infusão		
	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3
pH	4,80 ± 0,00 ^a	4,79 ± 0,04 ^a	4,81 ± 0,03 ^a
Teor de Sólidos Solúveis (°Brix)	2,2 ± 0,0 ^a	1,8 ± 0,0 ^b	1,9 ± 0,0 ^c
Cor			
L	55,45 ± 0,25 ^a	64,19 ± 0,06 ^b	61,57 ± 0,23 ^c
a^*	4,45 ± 0,04 ^a	2,41 ± 0,04 ^b	2,75 ± 0,00 ^c
b^*	20,67 ± 0,28 ^a	18,94 ± 0,07 ^b	19,41 ± 0,02 ^c
Capacidade redutora			
(mg EAG. 100 mL ⁻¹ de infusão)	135,49 ± 5,9 ^a	172,15 ± 10,3 ^b	122,88 ± 0,0 ^c

Long *et al.* (2024), observaram que o ácido 5-*O*-galoilquínico, entre outros ácidos orgânicos presentes no chá preto, apresentou correlação significativa positiva com os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*). A análise qualitativa da infusão (**Tabela 3**) demonstrou que este ácido é o ácido fenólico majoritário presente na mesma. Sendo assim, a cor da infusão preparada com o RFG pode, em parte, ser justificada pela presença desse composto, entre outros prováveis compostos responsáveis pela cor característica da bebida, como flavonoides glicosilados, como os ramosídeos de quercetina e miricetina, e, muito provavelmente, as antocianinas. Conforme discutido por Li & Ahammed (2023), fatores ambientais como a seca, a alta intensidade de luz, a presença de metais e a temperatura baixa afetam a biossíntese e a estabilidade das antocianinas nas plantas. Esses compostos tem ação fotoprotetora e a baixa temperatura estimula a sua produção (Gao-Takai *et al.*, 2019; Carmona *et al.*, 2021; Naing *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2020; Zheng *et al.*, 2021). Considerando isso, as condições ambientais

características do município de Ipê, como a temperatura amena (8 a 25 °C), contribuíram para os resultados quali e quantitativos observados de antocianinas na infusão.

A análise qualitativa dos compostos fenólicos presentes na infusão do RFG permitiu confirmar a presença desses compostos na bebida. **Na Tabela 3** estão relacionados os compostos majoritários que foram anotados. Assim como na fruta, se destacam os ácidos fenólicos (ácido galoilquínico, ácido elágico), os flavonóis (miricetina e quercetina glicosiladas), os taninos hidrolisáveis (oenoteína B, casuarictina) e as antocianinas (malvidina e peonidina nas suas formas di-glicosiladas). Os cromatogramas processados nos comprimentos de onda de maior absorção no ultravioleta das diferentes classes fenólicas (320 nm, 360 nm, 280 nm e 520 nm,), bem como as estruturas químicas dos compostos majoritários identificados na infusão podem ser observados na **Figura 3A e 3B**.

A miricetina é reconhecida pela sua propriedade antioxidante, sendo capaz de elevar a ação de enzimas antioxidantes e reduzir a peroxidação lipídica, também exercendo ação no controle de infecções virais através da interferência na replicação de DNA (Agraharam, Girigoswami A., Girigoswami K., 2022). Outros compostos fenólicos encontrados na infusão do RFG que apresentam benefícios à saúde são os taninos hidrolisáveis. Por exemplo, a oenoteína B exerce atividade antifúngica frente a algumas espécies de *Candida* e ação anti-inflamatória nas células epiteliais gástricas (Franco *et al.*, 2019). Os elagitaninos também estão associados a efeitos positivos frente a diversas patologias, como as doenças cardiovasculares, as síndromes neurodegenerativas e ao câncer (Banc *et al.*, 2023). A absorção e o metabolismo desses compostos estão relacionados à microbiota intestinal, ou seja, o mecanismo de ação envolve a modulação da microbiota, que cataboliza esses compostos transformando-os em outros metabólitos, como os ácidos graxos de cadeia curta (Williamson, 2017; Makki *et al.*, 2018). Diante disso, recomendam-se estudos *in vitro* e *in vivo* com a bebida proposta neste trabalho para se avaliar os seus possíveis efeitos biológicos.

A quantificação dos compostos fenólicos presentes na infusão com RFG foi avaliada através do ensaio com o reagente de Folin-Ciocalteu, que confirmou a elevada capacidade redutora da bebida, quantificada em 143,51 mg EAG. 100 mL⁻¹ de infusão (resultado médio). Quando comparada às infusões preparadas com polpas de outras *berries* e expressas na mesma unidade: *Chokeberry* (85,55 – 88,77), *Bilberry* (63,82 – 69,46) e *Black currant* (58,64 – 60,07)

(Šavikin et al., 2014), o resultado da infusão do RFG mostrou-se superior a estas frutas. Infusões preparadas com cascas de Jambolão (Sari *et al.*, 2019) também apresentaram resultados inferiores (17,0 – 31,1 mg EAG. 100 mL⁻¹ de infusão) ao obtido neste trabalho.

Por outro lado, infusões preparadas com diferentes cultivares de *Camellia sinensis* (*Black Ceylon* e *Chinese green*) apresentaram resultados superiores (352,9 e 506,7 mg EAG. 100 mL⁻¹ de infusão, respectivamente) (Atoui *et al.*, 2005). A *Camellia sinensis* é reconhecida internacionalmente pela sua riqueza fenólica e propriedades antioxidantes e biológicas (Dou *et al.*, 2007). Por isso, é uma ótima referência para se contextualizar os resultados obtidos para a infusão com RFG.

Estudos com *Camellia sinensis* avaliaram diferentes binômios tempo x temperatura e observaram que tais parâmetros influenciam na composição fenólica das infusões (Su *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2016; Acar *et al.*, 2022). Por exemplo, ácido gálico e as catequinas presentes no chá verde podem sofrer degradação, epimerização e oligomerização em temperaturas mais altas e longos tempos de fermentação, este último, o processo no qual ocorre a ação das enzimas polifenoloxidasas que produzem os compostos que conferem a cor característica dos chás, ou seja, as melaninas (Jin *et al.*, 2019). Sabendo-se que estão presentes catequinas e derivados de ácido gálico na infusão, as diferenças observadas nos resultados de cor e de capacidade redutora nos experimentos avaliados, podem estar relacionadas com as variações na composição fenólica resultante do próprio processo de preparo das infusões. Nesse sentido, o preparo das infusões pode ser otimizado para se obter melhores resultados em termos de composição fenólica e, conseqüentemente, capacidade redutora e, por hipótese, capacidade antioxidante.

Figura 3 - Cromatogramas da infusão de RFG processados a 320 nm, 360 nm e 280 nm (**3A**); a 520 nm (**3B**); e estruturas químicas dos compostos fenólicos majoritários encontrados na infusão preparada com o resíduo da farinha de Guamirim (RFG).

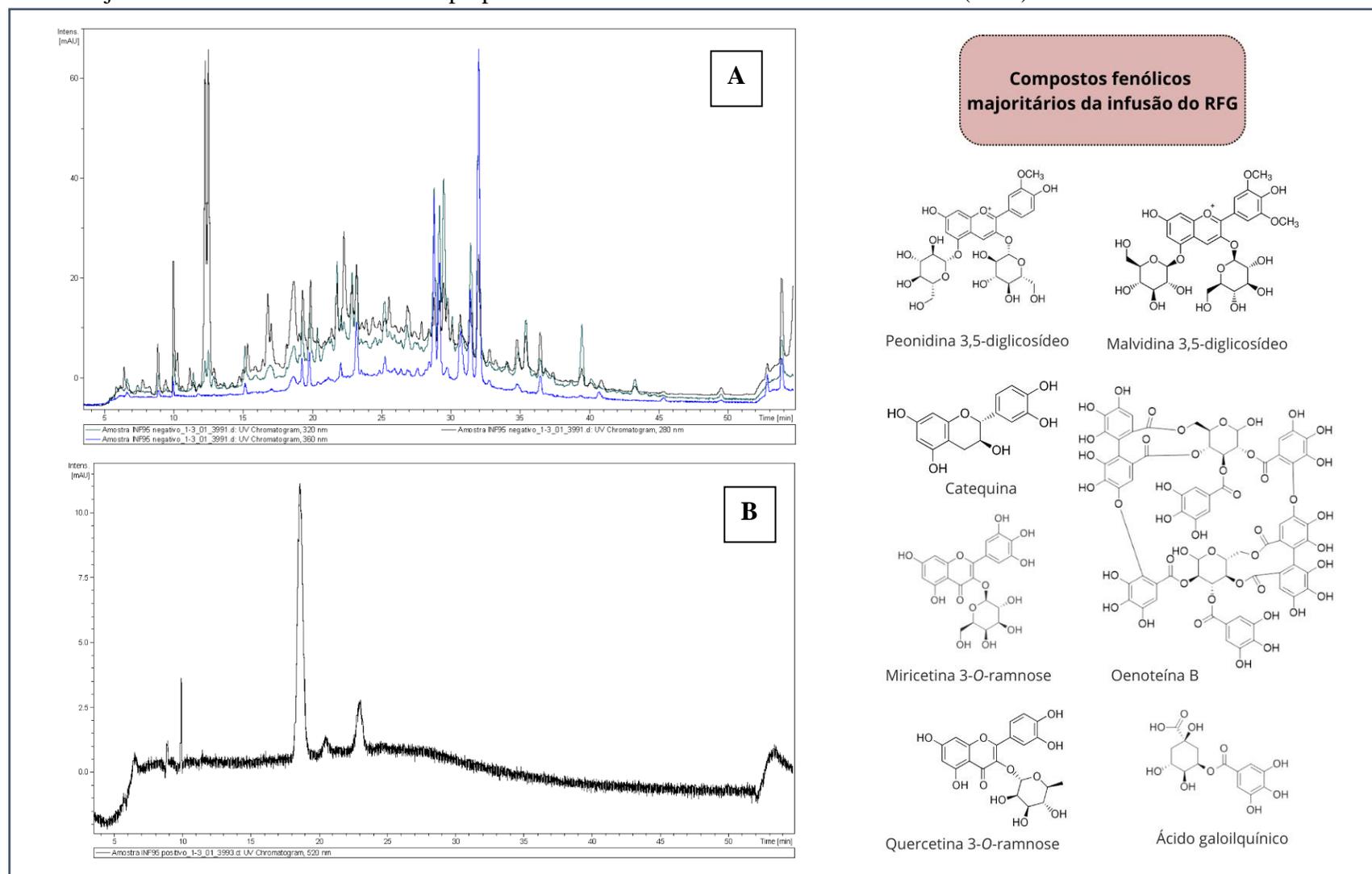


Tabela 3 – Compostos fenólicos encontrados na infusão do RFG através de HPLC-ESI-q-tof-MS/MS

Classe fenólica	Composto	t _R (min) ^a	[M-H] ^{-b}	MS ² (-) (m/z) ^c	Fórmula molecular	Erro (ppm)
Ácidos fenólicos	Ácido galoilquínico	11,7	343,0678	125,0324 (3); 191,0585 (100)	C ₁₄ H ₁₆ O ₁₀	3,9
	Ácido cafeoilquínico	21,2	353,0873	191,0534 (100)	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	0,3
	Ácido tri-O-galoilquínico	24,0	647,0875	169,0000 (36); 325,0336 (36); 343,0382 (79); 495,0412 (100)	C ₂₈ H ₂₄ O ₁₈	-1,4
	Ácido elágico-pentosídeo	30,7	433,0742	255,0197 (4); 271,0137 (6); 300,0091 (100)	C ₁₉ H ₁₄ O ₁₂	7,7
Taninos hidrolisáveis	Hexahidroxidifenoil-D-glicosídeo	9,4	481,0639	275,0155 (59); 300,9985 (100); 421,0421 (8)	C ₂₀ H ₁₈ O ₁₄	3,1
	Oenoteína B	22,4	(1567,1374)	169,0012 (20); 272,9800 (15); 300,9722 (21); 764,9915 (100)	C ₆₈ H ₄₈ O ₄₄	0,7
	Pedunculagina	19,5	783,0686	275,0329 (25); 301,0111 (100); 481,0891 (12)	C ₃₄ H ₂₄ O ₂₂	0,6
	Casuarictina	23,1	935,0862	275,0000 (100); 300,9712 (41); 633,0199 (43); 782,9988 (10)	C ₄₁ H ₂₈ O ₂₆	7,6
Flavan-3-óis	Galocatequina	16,8	305,0653	125,0293 (100); 191,0687 (10)	C ₁₅ H ₁₄ O ₇	-2,6
	Galato de (Epi)galocatequina	26,4	457,0764	125,0158 (38); 169,0038 (100); 305,0381 (23)	C ₂₂ H ₁₈ O ₁₁	-1,6
	Catequina	21,8	289,0713	97,0349 (22); 109,0341 (100); 123,0507 (100); 151,0442 (25)	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	0,3
Flavonóis	Miricetina 3-O-glicosídeo	26,5	479,0847	316,0010 (100); 479,0525 (9)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₃	4,4
	Miricetina 3-O-arabinosídeo	28,6	449,0711	271,0067 (4); 316,0011 (100)	C ₂₀ H ₁₈ O ₁₂	-2,1
	Miricetina 3-O-ramnosídeo	28,8	463,0890	271,0128 (3); 316,0008 (100); 463,0574 (4)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₂	2,9
	Quercetina	40,8	301,0340	107,0164 (26); 121,0307 (45); 151,0021 (100)	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	-2,7
	Quercetina-ramnosídeo	31,9	447,0927	301,0296 (100)	C ₂₀ H ₂₀ O ₁₁	0,0
Antocianinas	Malvidina-3,5-Diglicosídeo	18,7	655,1828	331,0805 (27); 493,1327 (90); 655,1828 (100)	C ₂₉ H ₃₅ O ₁₇	-7,0
	Peonidina 3,5-Diglicosídeo	18,7	625,1739	301,0771 (29); 463,1288 (88); 625,1806 (98)	C ₂₈ H ₃₃ O ₁₇	-4,7
Taninos condensados	Dímero de prodelfinidina tipo B	16,4	609,1289	125,0261 (73); 177,0150 (81); 305,0664 (100); 423,0732 (91)	C ₃₀ H ₂₆ O ₁₄	8,5
	Dímero de proantocianidina tipo B	20,4	577,1331	125,0143 (40); 245,0513 (20); 289,0463 (100); 407,0339 (40)	C ₃₀ H ₂₅ O ₁₂	1,2

Notas: ^aTempo de retenção na coluna C18 *Phenomenex* (4 μm) e no gradiente: 0,1% de ácido fórmico em água e acetonitrila com 0,1% de ácido fórmico. ^bAs antocianinas foram ionizadas em modo positivo [M]⁺. ^cIntensidade relativa em parênteses (%).

4. Conclusão

O RFG é um produto rico em carboidratos e de coloração escura, resultante da presença de antocianinas e produtos da polimerização derivados de galocatequinas. Através do preparo de infusão, foi possível obter uma bebida pouco ácida, com baixo teor de sólidos solúveis, de aroma agradável característico e coloração atrativa. Além disso, a riqueza fenólica foi confirmada através da análise qualitativa, que permitiu a anotação dos compostos fenólicos majoritários presentes na infusão, dentre eles, o ácido galoilquínico, derivados glicosilados de miricetina e quercetina, o tanino hidrolisável oenoteína B e as antocininas malvidina e peonidina nas suas formas di-glicosiladas.

O ensaio de capacidade redutora demonstrou que a infusão preparada apresentou resultados superiores aos de infusões elaboradas com outras pequenas frutas reconhecidas como ricas em composto fenólicos e associadas a propriedades antioxidantes.

As características observadas na infusão do RFG, como a cor e a baixa acidez, associadas a presença de compostos fenólicos tornam esse produto promissor, dada a busca por alimentos funcionais que se acentuou com o passar dos anos e situações como a pandemia do coronavírus. No entanto, testes sensoriais são necessários a fim de avaliar a aceitação da bebida pelos consumidores.

Sendo assim, este trabalho surge como uma alternativa para a comercialização da fruta Guamirim, através do aproveitamento integral da fruta, com um produto que independe da cadeia de frio. Assim, contribuindo para a valorização da espécie e propondo um produto de elevado valor funcional e de baixa complexidade de produção.

Referências

ACAR, A.; AYDIN, M.; ARSLAN, D. Development of infusion tea formulations with food wastes: Evaluation of temperature and time effects on quality parameters. **Applied Food Research**, v. 2, n. 1, p. 100087, 1 jun. 2022.

AGRAHARAM, G.; GIRIGOSWAMI, A.; GIRIGOSWAMI, K. Myricetin: a Multifunctional Flavonol in Biomedicine. **Current Pharmacology Reports**, v. 8, n. 1, p. 48–61, 2022.

AOAC; INTERNATIONAL, A. OF O. A. C. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. [s.l.] AOAC International, 2012.

ATOUI, A. K. et al. Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. **Food Chemistry**, v. 89, n. 1, p. 27–36, 1 jan. 2005.

BANC, R. et al. The Impact of Ellagitannins and Their Metabolites through Gut Microbiome on the Gut Health and Brain Wellness within the Gut–Brain Axis. **Foods**, v. 12, n. 2, 1 jan. 2023.

BRASIL, A. N. DE V. S. **Farmacopeia Brasileira - Plantas Mediciniais**. 6^a ed. Brasília: [s.n.]. v. II

CARVALHO, A. P. A. DE; CONTE-JUNIOR, C. A. Health benefits of phytochemicals from Brazilian native foods and plants: Antioxidant, antimicrobial, anti-cancer, and risk factors of metabolic/endocrine disorders control. **Trends in Food Science and Technology**, v. 111, p. 534–548, 1 maio 2021.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial - Plantas para o Futuro - Região Sul**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

CROZIER, A.; JAGANATH, I. B.; CLIFFORD, M. N. Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability and effects on health. **Natural Product Reports**, v. 26, n. 8, p. 1001–1043, 2009.

CZAJKOWSKA–GONZÁLEZ, Y. A. et al. Addition of phenolic compounds to bread: antioxidant benefits and impact on food structure and sensory characteristics. **Food Production, Processing and Nutrition**, v. 3, n. 1, 1 dez. 2021.

DE ARAÚJO, F. F. et al. Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (*Myrtaceae*) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. **Food Research International** Elsevier Ltd, 1 jul. 2019. Acesso em: 25 jun. 2021

DICK, M. et al. Mucilage and cladode flour from cactus (*Opuntia monacantha*) as alternative ingredients in gluten-free crackers. **Food Chemistry**, v. 314, p. 126178, 1 jun. 2020.

DOU, J. et al. Identification and Comparison of Phenolic Compounds in the Preparation of Oolong Tea Manufactured by Semifermentation and Drying Processes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 18, p. 7462–7468, 15 ago. 2007.

FARIAS, D. DE P. et al. A critical review of some fruit trees from the *Myrtaceae* family as promising sources for food applications with functional claims. **Food Chemistry**, v. 306, p. 125630, 15 fev. 2020.

FRANCO, A. M. et al. Myrtle Seeds (*Myrtus communis* L.) as a Rich Source of the Bioactive Ellagitannins Oenothelin B and Eugeniflorin D2. **ACS Omega**, v. 4, n. 14, p. 15966–15974, 20 set. 2019.

HAMINIUK, C. W. I. et al. Phenolic compounds in fruits - an overview. **International Journal of Food Science and Technology**, out. 2012.

JACOB, J. K.; PALIYATH, G. Infusion of fruits with nutraceuticals and health regulatory components for enhanced functionality. **Food Research International**, v. 45, n. 1, p. 93–102, 1 jan. 2012.

JIN, Y. et al. Comprehensive Investigation of the Effects of Brewing Conditions in Sample Preparation of Green Tea Infusions. **Molecules**, v. 24, n. 9, p. 1735, 4 maio 2019.

LONG, P. et al. Discovery of color compounds: Integrated multispectral omics on exploring critical colorant compounds of black tea infusion. **Food Chemistry**, v. 432, p. 137185, 30 jan. 2024.

MAKKI, K. et al. The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease. **Cell Host & Microbe**, v. 23, n. 6, p. 705–715, 13 jun. 2018.

MCGUIRE, R. G. **Reporting of Objective Color Measurements**. Miami: [s.n.].

NERI-NUMA, I. A. et al. Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. **Food Research International**, v. 103, p. 345–360, 1 jan. 2018.

ROBARDS, K. et al. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, v. 66, p. 401–436, 26 fev. 1999.

ROBERTSON, A. R. **Historical Development of CIE Recommended Color Difference Equations***. Ottawa: [s.n.].

RODRIGUES, E.; MARIUTTI, L. R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and phenolic compounds from *Solanum sessiliflorum*, an unexploited amazonian fruit, and their scavenging capacities against reactive oxygen and nitrogen species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 12, p. 3022–3029, 27 mar. 2013.

SALEHI, F.; RAZAVI KAMRAN, H.; GOHARPOUR, K. Production and evaluation of total phenolics, antioxidant activity, viscosity, color, and sensory attributes of quince tea infusion: Effects of drying method, sonication, and brewing process. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 99, p. 106591, 1 out. 2023.

SANTOS, D.; LOPES DA SILVA, J. A.; PINTADO, M. Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities. **LWT**, v. 154, p. 112707, 15 jan. 2022.

SARI, P. et al. Antioxidative and Sensory Properties of Tea Made from Jambolan (*Syzygium cumini*) Fruit Peel. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 347, p. 012085, 8 nov. 2019.

ŠAVIKIN, K. et al. Berry fruit teas: Phenolic composition and cytotoxic activity. **Food Research International**, v. 62, p. 677–683, 1 ago. 2014.

SCHMIDT, H. DE O. et al. New insights into the phenolic compounds and antioxidant capacity of feijoa and cherry fruits cultivated in Brazil. **Food Research International**, v. 136, p. 109564, 1 out. 2020.

SERAGLIO, S. K. T. et al. Nutritional and bioactive potential of *Myrtaceae* fruits during ripening. **Food Chemistry**, v. 239, p. 649–656, 15 jan. 2018.

SINGLETON, V. L.; JOSEPH A. ROSSI, JR. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144, 1 jan. 1965.

SOARES MATEUS, A. R. et al. By-products of dates, cherries, plums and artichokes: A source of valuable bioactive compounds. **Trends in Food Science & Technology**, v. 131, p. 220–243, 1 jan. 2023.

SPINELLI, L. V. et al. Uncovering the phenolic diversity of Guabiju fruit: LC-MS/MS-based targeted metabolomics approach. **Food Research International**, v. 173, p. 113236, 1 nov. 2023.

SU, X. et al. Polyphenolic Profile and Antioxidant Activities of Oolong Tea Infusion under Various Steeping Conditions. **Int. J. Mol. Sci**, v. 8, p. 1196–1205, 2007.

VILELA, A.; PINTO, T. Grape Infusions: The Flavor of Grapes and Health-Promoting Compounds in Your Tea Cup. **Beverages**, v. 5, n. 3, p. 48, 1 ago. 2019.

WILLIAMSON, G. The role of polyphenols in modern nutrition. **Nutrition Bulletin**, v. 42, n. 3, p. 226–235, 1 set. 2017.

ZHANG, H. et al. Influence of brewing conditions on taste components in Fuding white tea infusions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, p. 2826–2833, 2016.

ZHONG, N. et al. Characterization of the Sensory Properties and Quality Components of Huangjin Green Tea Based on Molecular Sensory-Omics. **Foods**, v. 12, n. 17, 1 set. 2023.

ZOLLINGER, H. Color Chemistry: Synthesis, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments. 3rd Edition, Wiley-VCH, Cambridge, 2003.

5 CONCLUSÃO GERAL

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo principal propor um produto enriquecido com compostos fenólicos a partir do resíduo da farinha de guamirim (RFG), uma fruta nativa da Mata Atlântica e ainda pouco explorada pela comunidade científica e recentemente comercializada pela Cadeia Solidária das Frutas Nativas do Rio Grande do Sul.

O produto desenvolvido foi uma infusão, a qual apresentou promissoras características funcionais, devido ao elevado teor de compostos fenólicos, quantificado através do ensaio de capacidade redutora. Os compostos majoritários foram anotados através da técnica de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas de alta resolução. O RFG também foi avaliado quanto a sua composição centesimal e propriedades físico-químicas, e os resultados indicaram que se trata de um produto rico em carboidratos, de baixo teor de umidade e baixa atividade de água, o que é interessante do ponto de vista de aplicação, caráter microbiológico e de comercialização.

Como perspectivas futuras, testes sensoriais para avaliar-se a aceitação da infusão, bem como análises microbiológicas para o resíduo da farinha de guamirim, além de ensaios *in vivo* e *in vitro* para se investigar propriedades biológicas desses produtos, como, por exemplo, de capacidade antioxidante, são recomendados.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, F. et al. Otimização de um método por CLAE-UV para análise de compostos fenólicos em *Myrcia oblongata* DC., *Passiflora caerulea* L. e *Equisetum giganteum* L. *Scientia Chromatographica*, v. 9, n. 3, p. 180–193, 2017.
- ALMEIDA, J. DOS S. O. DE et al. Feijoa (*Acca sellowiana*) peel flours: A source of dietary fibers and bioactive compounds. **Food Bioscience**, v. 38, p. 100789, 1 dez. 2020.
- ALVES, G.; PERRONE, D. Breads enriched with guava flour as a tool for studying the incorporation of phenolic compounds in bread melanoidins. **Food Chemistry**, v. 185, p. 65–74, 15 out. 2015.
- AMARAL, F. M. et al. *Acca sellowiana*: Physical-chemical-sensorial characterization and gastronomic potentialities. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 17, p. 100159, 1 out. 2019.
- ANDERSEN, Ø. M.; MARKHAM, K. R. Flavonoids: chemistry, biochemistry, and applications. [s.l.] CRC, Taylor & Francis, 2006.
- ANTONELO, F. A. et al. Bioactive compounds derived from Brazilian *Myrtaceae* species: Chemical composition and antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 48, 1 mar. 2023.
- ASSIS, R. Q. et al. Characterization of mutamba (*Guazuma ulmifolia* LAM.) fruit flour and development of bread. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 19, p. 101120, 1 maio 2019.
- BANC, R. et al. The Impact of Ellagitannins and Their Metabolites through Gut Microbiome on the Gut Health and Brain Wellness within the Gut–Brain Axis. **Foods**, v. 12, n. 2, 1 jan. 2023.
- BARBIERI, S. F. et al. Pulp and Jam of Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Characterization and Rheological Properties. **Food Chemistry**, v. 263, p. 292–299, 2018.
- BRACK, P. et al. Frutas nativas do Rio Grande do Sul, Brasil: riqueza e potencial alimentício. **Rodriguésia**, v. 71, 21 set. 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis. **Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas e Agravos não Transmissíveis no Brasil 2021-2030**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.
- BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - **RDC N° 716, de 1° julho de 2022**. Dispõe sobre os requisitos sanitários do café, cevada, chás, erva-mate, especiarias, temperos e molhos. Brasília, DF, 2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_716_2022_.pdf. Acesso em: 18 nov. 2023.

CAPELLA, A. C. DE V.; PENTEADO, P. T. P. DA S.; BALBI, M. E. *Araucaria angustifolia* seeds: Morphological aspects and chemical composition on the flour. **Bulletin of Food Processing Research Center**, v. 27, n. 1, p. 135–142, 2009.

CARVALHO, A. P. A. DE; CONTE-JUNIOR, C. A. Health benefits of phytochemicals from Brazilian native foods and plants: Antioxidant, antimicrobial, anti-cancer, and risk factors of metabolic/endocrine disorders control. **Trends in Food Science and Technology**, v. 111, p. 534–548, 1 maio 2021.

CASTAÑEDA-OVANDO, A. et al. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, v. 113, n. 4, p. 859–871, 15 abr. 2009.

CLIFFORD, M. N.; STOUPI, S.; KUHNERT, N. Profiling and Characterization by LC-MSn of the Galloylquinic Acids of Green Tea, Tara Tannin, and Tannic Acid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 8, p. 2797–2807, 1 abr. 2007.

CNCFlora. *Myrcia oblongata* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Myrcia-oblongata>>. Acesso em: 21 de julho de 2021.

CROZIER, A.; JAGANATH, I. B.; CLIFFORD, M. N. Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability and effects on health. **Natural Product Reports**, v. 26, n. 8, p. 1001–1043, 2009.

CZAJKOWSKA-GONZÁLEZ, Y. A. et al. Addition of phenolic compounds to bread: antioxidant benefits and impact on food structure and sensory characteristics. **Food Production, Processing and Nutrition**, v. 3, n. 1, 1 dez. 2021.

DA SILVA, E. P. et al. Effect of adding flours from marolo fruit (*Annona crassiflora* Mart) and jeriva fruit (*Syagrus romanzoffiana* Cham Glassm) on the physicals and sensory characteristics of food bars. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 1, p. 140–144, 2016.

DICK, M. et al. Mucilage and cladode flour from cactus (*Opuntia monacantha*) as alternative ingredients in gluten-free crackers. **Food Chemistry**, v. 314, p. 126178, 1 jun. 2020.

DOS SANTOS, L. F. et al. Brazilian native fruit pomace as a source of bioactive compounds on starch-based films: Antimicrobial activities and food simulator release. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 242, p. 124900, 1 jul. 2023.

DUAN, Y. et al. Blueberry fruit valorization and valuable constituents: A review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 381, p. 109890, 16 nov. 2022.

DULLIUS, M. et al. Composição florística de florestas em diferentes estágios de regeneração no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 3, p. 238–246, 2016.

FERRÃO, T. S. et al. Effect of microwave and hot air drying on the physicochemical characteristics and quality of jelly palm pulp. **Food Science and Technology Research**, v. 23, n. 6, p. 835–843, 2017.

GIAROLA, T. M. D. et al. Effects of Golden Flaxseed Flour on Ice Recrystallization in Uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess.) Diet Sherbet. **Food and Bioprocess Technology**, v. 12, n. 12, p. 2120–2135, 2019.

GIAROLA, T. M. D.; PEREIRA, C. G.; DE RESENDE, J. V. Fortification with iron chelate and substitution of sucrose by sucralose in light uvaia sherbet (*Eugenia pyriformis* Cambess): physical, chemical and sensory characteristics. **Journal of Food Science and Technology-Mysore**, v. 52, n. 9, p. 5522–5533, 2015.

HAMINIUK, C. W. I. et al. Phenolic compounds in fruits - an overview. **International Journal of Food Science and Technology**, out. 2012.

HENAO-ARDILA, A.; QUINTANILLA-CARVAJAL, M. X.; MORENO, F. L. Combination of freeze concentration and spray drying for the production of feijoa (*Acca sellowiana* b.) pulp powder. **Powder Technology**, v. 344, p. 190–198, 15 fev. 2019.

HENRIQUES, A. T. et al. Essential Oils from Five Southern Brazilian Species of *Myrcia* (*Myrtaceae*). **Journal of Essential Oil Research**, v. 9, n. 1, p. 13–18, fev. 1997.

HOFFMANN, J. F. et al. *Butia* spp. (*Arecaceae*): An overview. **Scientia Horticulturae**, v. 179, p. 122–131, 24 nov. 2014.

HOFFMANN, J. F. et al. Stability of bioactive compounds in butia (*Butia odorata*) fruit pulp and nectar. **Food Chemistry**, v. 237, p. 638–644, 2017.

JACOB, M. C. M.; ALBUQUERQUE, U. P. Local Food Plants of Brazil. *Ethnobiology* ed. [s.l.] Springer, 2021.

KARASAWA, M. M. G.; MOHAN, C. Fruits as Prospective Reserves of bioactive Compounds: A Review. **Natural Products and Bioprospecting**. Springer, 1 out. 2018.

KHANBABAEE, K.; VAN REE, T. Tannins: Classification and Definition. **Natural Product Reports**, v. 18, n. 6, p. 641–649, 2001.

KÖHLER, M. Diagnóstico preliminar da cadeia das frutas nativas no Estado do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

KÖHLER, M.; BRACK, P. Frutas nativas no Rio Grande do Sul: cultivando e valorizando a diversidade. **Agriculturas**, p. 6–15, jun. 2016.

KY, I. et al. Tannins. **Encyclopedia of Food and Health**. [s.l.] Elsevier Inc., 2015. p. 247–255.

LEONARD, W. et al. Hydroxycinnamic acids on gut microbiota and health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** Blackwell Publishing Inc., 1 jan. 2021.

LIN, L. Z. et al. UHPLC-PDA-ESI/HRMSn profiling method to identify and quantify oligomeric proanthocyanidins in plant products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 39, p. 9387–9400, 1 out. 2014.

LONGHI, A. Estruturação da cadeia produtiva das frutas nativas a experiência do encontro de sabores. **Synergismus scyentifica U T F P R**, v. 13, p. 3–8, 2018.

MAKKI, K. et al. The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease. **Cell Host & Microbe**, v. 23, n. 6, p. 705–715, 13 jun. 2018.

MODESTO, E. N. et al. Preparation of greek yogurt of buffalo milk and influence of addition of sour cherry syrup (*Eugenia uniflora* L.) on the content of ascorbic acid and anthocyanins. **Journal of Candido Tostes Dairy Institute**, v. 71, n. 3, p. 131–143, 2016.

MOLNAR, D. et al. Characteristics of edible films enriched with fruit by-products and their application on cookies. **Food Hydrocolloids**, v. 135, p. 108191, 1 fev. 2023.

NAMITA, P.; MUKESH, R.; VIJAY, K. Camellia Sinensis (Green Tea): A Review. **Global Journal of Pharmacology**, p. 52–59, 2012.

NERI-NUMA, I. A. et al. Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. **Food Research International**, v. 103, p. 345–360, 1 jan. 2018.

OLIVEIRA, L. C.; ALENCAR, N. M. M.; STEEL, C. J. Improvement of sensorial and technological characteristics of extruded breakfast cereals enriched with whole grain wheat flour and jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) peel. **LWT**, v. 90, p. 207–214, 2018.

OZKAN, G.; GÜNAL-KÖROĞLU, D.; CAPANOGLU, E. Valorization of fruit and vegetable processing by-products/wastes. **Advances in Food and Nutrition Research**. [s.l.] Academic Press, 2023.

PAGANELLI, C. J. et al. Pharmacognosy Quantitative analysis of phenolic compounds in crude extracts of *Myrcia splendens* leaves by HPLC-ESI-MS/MS. **Rodriguesia**, v. 7, 1 jul. 2020.

PATRAS, A. et al. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 1, p. 3–11, 1 jan. 2010.

PEREIRA, G. A. et al. Mutamba seed mucilage as a novel emulsifier: Stabilization mechanisms, kinetic stability and volatile compounds retention. **Food Hydrocolloids**, v. 97, 2019.

POLET, J. P. et al. Physico-chemical and sensory characteristics of gluten-free breads Made with pine nuts (*Araucaria angustifolia*) associated to other flours. **Journal of Culinary Science & Technology**, v. 17, n. 2, p. 136–145, 2019.

POP, O. L. et al. Polyphenols—Ensured Accessibility from Food to the Human Metabolism by Chemical and Biotechnological Treatments. **Antioxidants**, v. 12, n. 4, 1 abr. 2023.

REISSIG, G. N. et al. Bioactive compounds in conventional and no added sugars red strawberry guava (*Psidium cattleianum* Sabine) jellies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 3, 2016.

REQUE, P. M. et al. Heat Processing of blueberries and Its effect on their physicochemical and bioactive properties. **Journal of Food Process Engineering**, v. 39, n. 6, p. 564–572, 2015.

ROBARDS, K. et al. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, v. 66, p. 401–436, 26 fev. 1999.

ROCKETT, F. et al. Application of refrigeration and packing can extend Butiá fruit shelf life. **Food Bioscience**, v. 42, p. 101162, 1 ago. 2021.

SALEHI, F.; AGHAJANZADEH, S. Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 95, p. 162–172, 1 jan. 2020.

SANTANA, C. B. et al. Chemical composition of essential oil from *Myrcia oblongata* DC and potencial antimicrobial, antioxidant and acaricidal activity against *Dermanyssus gallinae* (DEGEER, 1778). **Bioscience Journal**, v. 34, n. 4, p. 996–1009, 2018.

SANTOS, D.; LOPES DA SILVA, J. A.; PINTADO, M. Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities. **LWT**, v. 154, p. 112707, 15 jan. 2022.

SANTOS, M. F.; SANO, P. T.; LUCAS, E. Taxonomic updates in South American *Myrcia* (*Myrtaceae: Myrteae*): lectotypes, synonyms, new combinations and new names in *Myrcia* sect. *Eugeniopsis*. **Kew Bulletin**, v. 74, n. 4, 1 dez. 2019.

SARTORI, G. V et al. Characterization of a Fermented Feijoa Beverage. **International Journal of Agriculture and Natural Resources**, v. 47, n. 1, p. 35–45, 2020.

ŠAVIKIN, K. et al. Berry fruit teas: Phenolic composition and cytotoxic activity. **Food Research International**, v. 62, p. 677–683, 1 ago. 2014.

SCHULZ, M. et al. Composition and potential health effects of dark-colored underutilized Brazilian fruits – A review. **Food Research International**, v. 137, p. 109744, 1 nov. 2020.

SOARES MATEUS, A. R. et al. By-products of dates, cherries, plums and artichokes: A source of valuable bioactive compounds. **Trends in Food Science & Technology**, v. 131, p. 220–243, 1 jan. 2023.

SYMMA, N.; HENSEL, A. Advanced analysis of oligomeric proanthocyanidins: latest approaches in liquid chromatography and mass spectrometry-based analysis. **Phytochemistry Reviews**, Springer Science and Business Media B.V., 1 jun. 2022.

VERSARI, A.; DU TOIT, W.; PARPINELLO, G. P. Oenological tannins: a review. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 19, n. 1, p. 1–10, 1 fev. 2012.

VILLEGAS-YARLEQUÉ, M. et al. Bibliometric analysis and text mining to reveal research trends on fruit by-products under circular economy strategies. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 35, p. 101232, 1 out. 2023.

VILLELA, P.; BATISTA, Â. G.; DESSIMONI-PINTO, N. A. V. Nutritional composition of *Annona crassiflora* pulp and acceptability of bakery products prepared with its flour. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 3, p. 417–423, 1 out. 2013.

WANG, C. et al. Tea (*Camellia sinensis*): A Review of Nutritional Composition, Potential Applications, and Omics Research. **Applied Sciences**, v. 12, n. 12, p. 5874, 9 jun. 2022.

WILLIAMSON, G. The role of polyphenols in modern nutrition. **Nutrition Bulletin**, v. 42, n. 3, p. 226–235, 1 set. 2017.

WOOTTON-BEARD, P. C.; RYAN, L. Improving public health?: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. **Food Research International**, v. 44, n. 10, p. 3135–3148, 1 dez. 2011.

WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 9, p. 423–428, 1 set. 2005.

ZHAO, T. et al. Green Tea (*Camellia sinensis*): A Review of Its Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology. **Molecules**, v. 27, n. 12, p. 3909, 18 jun. 2022.