



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley

Elaboração de hidroméis adicionados de amora-preta (*Rubus spp.*), feijoa (*Acca sellowiana*) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess): caracterização das frutas, acompanhamento do processo fermentativo e avaliação da composição das bebidas

Florianópolis

2021

Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley

Elaboração de hidroméis adicionados de amora-preta (*Rubus spp.*), feijoa (*Acca sellowiana*) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess): caracterização das frutas, acompanhamento do processo fermentativo e avaliação da composição das bebidas

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos
Orientadora: Profa. Carlise Beddin Fritzen Freire, Dra.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra

Wanderley, Bruna Rafaela da Silva Monteiro

Elaboração de hidroméis adicionados de amora-preta (Rubus spp.), feijoa (Acca sellowiana) e uvaia (Eugenia pyriformis Cambess) : caracterização das frutas, acompanhamento do processo fermentativo e avaliação da composição das bebidas / Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley ; orientadora, Carlise Beddin Fritzen Freire, 2021.

91 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Ciência dos Alimentos. 2. Frutos exóticos. 3. Frutas nativas brasileiras. 4. Hidromel. 5. Melomel. I. Beddin Fritzen Freire, Carlise. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos. III. Título.

Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley

Elaboração de hidroméis adicionados de amora-preta (*Rubus spp.*), feijoa (*Acca sellowiana*) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess): caracterização das frutas, acompanhamento do processo fermentativo e avaliação da composição das bebidas

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Carolina Pretto Panceri, Dr.(a)
Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Urupema

Prof.(a) Vívian Maria Burin, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Renata Dias de Mello Castanho Amboni, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos

Prof.(a) Ana Carolina Maisonnave Arisi, Dr.(a)
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos

Prof.(a) Carlise Beddin Fritzen Freire, Dr.(a)
Orientadora

Florianópolis, 2021.

Este trabalho é dedicado à minha avó Luzia, e ao meu namorado Henrique, por todo o amor envolvido.

AGRADECIMENTOS

A Deus, porque sem Ele nada é possível.

À toda minha família, por todo amor, apoio e incentivo.

Ao meu namorado Henrique, por estar sempre ao meu lado, me apoiando em todos os momentos.

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos (PPGCAL), pela oportunidade de realização do mestrado e disponibilização da infraestrutura necessária.

À minha orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Carlise Beddin Fritzen Freire, por todos os momentos compartilhados, os conhecimentos transmitidos e a confiança depositada para realização deste trabalho.

Aos professores do PPGCAL/UFSC e do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC – Campus Urupema), em especial as professoras Dr^ª. Renata D. M. C. Amboni, Dr^ª. Vívian Maria Burin, Dr^ª. Ana Carolina O. Costa, Dr^ª. Ana Carolina M. S. Aquino e Dr^ª. Carolina Pretto Panceri, por toda ajuda na realização deste trabalho e o conhecimento transmitido.

Aos amigos do Laboratório de Frutas e Hortaliças, em especial à Isabel Haas, por toda a paciência, dedicação, momentos compartilhados e o conhecimento transmitido.

Aos amigos do PPGCAL, em especial ao Adolfo, à Karoline e à Gabriela, que sempre estiveram ao meu lado.

Aos meus amigos de Urupema, Vitor e Nany, por tudo que vivemos juntos.

Aos membros da banca por aceitarem o convite e por suas contribuições.

À Avencal Frutas e ao Apiário Real pela doação de amostras de frutas e mel, respectivamente.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) pela disponibilização de amostras de frutas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por apoiar esta pesquisa (código 001).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro concedido durante a realização deste trabalho.

RESUMO

O hidromel é uma bebida alcoólica fermentada, obtida pela diluição do mel em água. A incorporação de frutas exóticas na produção de hidromel é uma alternativa promissora para a diversificação do produto, visando melhorar a aceitabilidade e as suas propriedades químicas e funcionais. Dentre as frutas exóticas encontradas na região Sul do Brasil, destacam-se a amora-preta (*Rubus* spp.), a feijoa (*Acca sellowiana*) e a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), que são subutilizadas, mas apresentam grande potencial de utilização industrial. Diante deste contexto, esta pesquisa buscou elaborar hidroméis adicionados de amora-preta, feijoa e uvaia, realizando a caracterização das frutas, o acompanhamento do processo fermentativo e a avaliação da composição das bebidas. Inicialmente as polpas das frutas foram caracterizadas através de análises físico-químicas e de cor, determinação dos ácidos orgânicos, dos açúcares e de compostos bioativos. Dentre as três polpas analisadas, a polpa de amora-preta apresentou o maior teor de compostos fenólicos totais e a maior capacidade antioxidante, além de apresentar o maior número de substâncias fenólicas identificadas, através do método empregado. Em relação aos açúcares, foi possível notar que a polpa da feijoa apresentou o maior teor de açúcar total e foi a única a quantificar a sacarose. Por fim, o ácido málico foi o majoritário nas polpas de amora-preta e uvaia, e o cítrico na polpa de feijoa. Na etapa seguinte, foram elaboradas diferentes formulações de hidromel, controle (sem adição de polpa) e três formulações contendo frutas exóticas, sendo HA com 10% (m/v) de polpa de amora-preta; HF com 10% (m/v) polpa de feijoa e HU com 10% (m/v) de polpa de uvaia. Os hidroméis foram avaliados ao longo do processo fermentativo quanto à contagem de células de levedura, pH e sólidos solúveis totais, e à composição de ácidos orgânicos. Após 30 dias de maturação, as amostras foram caracterizadas através de análises físico-químicas e de cor, de ácidos orgânicos e açúcares, bem como avaliação da capacidade antioxidante e de compostos fenólicos totais. Por meio do acompanhamento do processo fermentativo, foi possível observar que as diferentes frutas exóticas influenciaram positivamente as propriedades avaliadas, em especial a atividade da levedura nos primeiros 7 dias, além do pH e os teores de ácidos málico, succínico e láctico. Além disso, durante o processo fermentativo e após a maturação, as bebidas com polpa de frutas apresentaram teores inferiores de ácido acético em relação à amostra controle. Em relação à composição dos hidroméis pode-se observar que a adição das polpas de fruta resultou em bebidas com composições distintas, sendo que as amostras adicionadas de polpas de feijoa e uvaia apresentaram uma forte associação com os ácidos cítrico e glucônico e os açúcares (glicose e frutose), e a amostra contendo polpa de amora-preta destacou-se em relação ao teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante *in vitro*. Desta forma, a utilização das polpas de amora-preta, feijoa e uvaia no processo de elaboração dos hidroméis influenciou positivamente as características químicas dos produtos, sendo uma alternativa de valorização de frutas exóticas da região Sul do Brasil.

Palavras-chaves: Frutas exóticas. Frutas nativas brasileiras. Mel. Melomel. Fermentação alcoólica. Bioativos.

ABSTRACT

Mead is a fermented alcoholic beverage, obtained by diluting honey in water. The incorporation of exotic fruits in the production of mead is a promising alternative for the diversification of the product, aiming to improve the acceptability and its chemical and functional properties. Among the exotic fruits found in the southern region of Brazil, Blackberry (*Rubus* spp.), Feijoa (*Acca sellowiana*) and Uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) stand out, which are underutilized, but have great potential for industrial use. Given this context, this research sought to elaborate mead added with blackberry, feijoa and uvaia, characterizing the fruits, monitoring the fermentation process, and evaluating the composition of the drinks. Initially, the fruit pulps were characterized through physical-chemical and color analysis, determination of organic acids, sugars, and bioactive compounds. Among the three pulps analyzed, the blackberry pulp had the highest content of total phenolic compounds and the highest antioxidant capacity, in addition to presenting the largest number of identified phenolic substances, through the method employed. Regarding sugars, it was possible to notice that the feijoa pulp had the highest total sugar content and was the only one to quantify sucrose. Finally, malic acid was the major component in blackberry and uvaia pulp, and citric in feijoa pulp. In the next stage, different mead formulations were made, control (without adding pulp) and three formulations containing exotic fruits, HA containing 10% (w/v) of blackberry pulp; HF with 10% (w/v) feijoa pulp and HU with 10% (w/v) uvaia pulp. Meads were evaluated throughout the fermentation process for yeast cell counts, pH and total soluble solids, and the composition of organic acids. After 30 days of maturation, the samples were characterized through physical-chemical and color analysis, organic acids and sugars, as well as an evaluation of the antioxidant capacity and total phenolic compounds. Through the monitoring of the fermentation process, it was possible to observe that the different exotic fruits positively influenced the properties evaluated, in particular the yeast activity in the first 7 days, in addition to the pH and the levels of malic, succinic and lactic acids. In addition, during the fermentation process and after maturation, drinks with fruit pulp showed lower levels of acetic acid compared to the control sample. Regarding the composition of meads, it can be seen that the addition of fruit pulps resulted in drinks with distinct compositions, with samples added of feijoa and uvaia pulps showed a strong association with citric and gluconic acids and sugars (glucose and fructose), and the sample containing blackberry pulp stood out in relation to the content of total phenolic compounds and the antioxidant capacity *in vitro*. Thus, the use of blackberry, feijoa and uvaia pulps in the process of preparing meads positively influenced the chemical characteristics of the products, being an alternative for the valorization of exotic fruits from the South region of Brazil.

Keywords: Exotic fruits. Native Brazilian fruits. Honey. Melomel. Alcoholic fermentation. Bioactive.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 1 - | Conversão do piruvato à etanol durante a fermentação alcoólica.... | 23 |
| Figura 2 - | Fruto da uvaia (<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess)..... | 25 |
| Figura 3 - | Fruto da feijoa (<i>Acca sellowiana</i>)..... | 26 |
| Figura 4 - | Frutos da amora-preta (<i>Rubus</i> spp.) da cultivar Tupy..... | 28 |
| Figura 5 - | Estrutura química das principais antocianinas presentes na amora-preta..... | 29 |

CAPÍTULO 2 - PERFIL DE POLIFENÓIS E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS E AÇÚCARES DE FRUTAS EXÓTICAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1 - | Teor de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante <i>in vitro</i> das polpas de frutas exóticas..... | 46 |
| Figura 2 - | Eletroferogramas dos açúcares em: (a) condições experimentais para os padrões de açúcares, (b) polpa de amora-preta, (c) polpa de feijoa e (d) polpa de uvaia..... | 52 |
| Figura 3 - | Análise de componentes principais dos parâmetros de compostos fenólicos individuais, capacidade antioxidante, açúcares e ácidos orgânicos para as polpas de frutas exóticas..... | 53 |

CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE AMORA-PRETA (*Rubus* spp.), FEIJOA (*Acca sellowiana*) E UVAIA (*Eugenia pyriformis* Cambess) NO PROCESSO FERMENTATIVO E NAS CARACTERÍSTICAS DOS HIDROMÉIS

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 1 - | Teores dos ácidos orgânicos alifáticos (mg/L) durante o processo fermentativo dos mostos controle (A), adicionado de amora-preta (B), adicionado de feijoa (C) e adicionado de uvaia (D)..... | 68 |
| Figura 2 - | Coloração das amostras de hidromel após 30 dias de maturação..... | 73 |
| Figura 3 - | Teor de compostos fenólicos totais (A) e capacidade antioxidante (B) dos hidroméis maturados..... | 76 |
| Figura 4 - | Análise dos componentes principais dos hidroméis maturados..... | 78 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

| | | |
|------------|---|----|
| Tabela 1 - | Denominações de hidroméis e suas respectivas matérias-primas..... | 21 |
| Tabela 2 - | Parâmetros legais para a produção de hidromel no Brasil..... | 22 |

CAPÍTULO 2 - PERFIL DE POLIFENÓIS E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS E AÇÚCARES DE FRUTAS EXÓTICAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabela 1 - | Parâmetros físico-químicos e de cor das polpas de frutas exóticas..... | 45 |
| Tabela 2 - | Concentração dos compostos fenólicos individuais das polpas de frutas exóticas..... | 48 |
| Tabela 3 - | Concentração dos ácidos orgânicos (mg/100g base úmida) e açúcares (g/100g base úmida) das polpas de frutas exóticas..... | 50 |

CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE AMORA-PRETA (*Rubus spp.*), FEIJOA (*Acca sellowiana*) E UVAIA (*Eugenia pyriformis* Cambess) NO PROCESSO FERMENTATIVO E NAS CARACTERÍSTICAS DOS HIDROMÉIS

| | | |
|------------|--|----|
| Tabela 1 - | Teor de sólidos solúveis totais (SST, ° Brix), pH e teor de açúcares (g/100g) do mel e das polpas de amora-preta, feijoa e uvaia utilizadas para elaboração do mosto..... | 63 |
| Tabela 2 - | Acompanhamento do pH, teor de sólidos solúveis totais e o percentual de células de leveduras ativas e inativas durante o processo fermentativo das amostras de hidromel..... | 66 |
| Tabela 3 - | Parâmetros físico-químicos e de cor dos hidroméis maturados..... | 71 |
| Tabela 4 - | Teor de ácidos orgânicos alifáticos (mg/L) e de açúcares (g/100mL) nos hidroméis maturados..... | 74 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS Ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazol) 6-ácido sulfônico

CFT Compostos fenólicos totais

EAG Equivalente Ácido Gálico

FRAP Poder antioxidante/redutor do ferro (do inglês "Ferric reducing antioxidant potential")

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

HMF Hidroximetilfurfural

ACP Análise de componentes principais

TEAC Atividade antioxidante equivalente ao Trolox

TPTZ 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina sulfônico

TROLOX 6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico

UV-Vis Ultravioleta-visível

SUMÁRIO

| | | |
|---|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 | OBJETIVOS..... | 15 |
| 1.1.1 | Objetivo geral..... | 15 |
| 1.1.2 | Objetivos específicos..... | 15 |
| CAPÍTULO 1 | | |
| 1 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 18 |
| 1.1 | APICULTURA..... | 18 |
| 1.2 | MEL..... | 18 |
| 1.3 | HIDROMEL..... | 21 |
| 1.4 | UVAIA..... | 24 |
| 1.5 | FEIJOA..... | 26 |
| 1.6 | AMORA-PRETA..... | 27 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 30 |
| CAPÍTULO 2 - PERFIL DE POLIFENÓIS E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS E AÇÚCARES DE FRUTAS EXÓTICAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL | | |
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 40 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 41 |
| 2.1 | REAGENTES QUÍMICOS..... | 41 |
| 2.2 | AMOSTRAS DOS FRUTOS..... | 41 |
| 2.3 | ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE COR..... | 42 |
| 2.4 | DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, INDIVIDUAIS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> | 42 |
| 2.4.1 | Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante <i>in vitro</i> | 43 |
| 2.4.2 | Avaliação dos polifenóis individuais..... | 43 |
| 2.5 | DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS ALIFÁTICOS E DE AÇÚCARES..... | 44 |
| 2.6 | ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 44 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 44 |
| 3.1 | PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E DE COR..... | 44 |
| 3.2 | COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> | 46 |
| 3.3 | POLIFENÓIS INDIVIDUAIS..... | 48 |
| 3.4 | DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS ALIFÁTICOS E DE AÇÚCARES..... | 50 |
| 3.5 | ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS..... | 53 |
| 4 | CONCLUSÃO..... | 54 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 55 |
| CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE AMORA-PRETA (<i>Rubus spp.</i>), FEIJOA (<i>Acca sellowiana</i>) E UVAIA (<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess) NO PROCESSO FERMENTATIVO E NAS CARACTERÍSTICAS DOS HIDROMÉIS | | |
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 61 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 62 |
| 2.1 | REAGENTES QUÍMICOS..... | 62 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.2 | AMOSTRAS DE FRUTOS E DE MEL..... | 63 |
| 2.3 | PROCESSO DE FERMENTAÇÃO..... | 63 |
| 2.4 | AVALIAÇÃO DA CONTAGEM DE CÉLULAS DE LEVEDURA..... | 64 |
| 2.5 | ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE COR..... | 64 |
| 2.6 | DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS ALIFÁTICOS E AÇÚCARES..... | 64 |
| 2.7 | DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE <i>IN VITRO</i> | 65 |
| 2.8 | ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 65 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 65 |
| 3.1 | ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO FERMENTATIVO..... | 65 |
| 3.2 | CARACTERÍSTICAS DOS HIDROMÉIS..... | 71 |
| 3.2.1 | Parâmetros físico-químicos e análise de cor..... | 71 |
| 3.2.2 | Determinação de ácidos orgânicos alifáticos e açúcares..... | 73 |
| 3.2.3 | Determinação dos compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante <i>in vitro</i>..... | 76 |
| 3.2.4 | Análise dos componentes principais..... | 78 |
| 4 | CONCLUSÃO..... | 79 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 80 |
| | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 83 |
| | ANEXO A – Trabalhos apresentados em eventos..... | 84 |

1 INTRODUÇÃO

O mel é um alimento com propriedades adoçantes conhecido desde a antiguidade, sendo o produto apícola mais utilizado pela humanidade (ESCUREDO *et al.*, 2013; YANG *et al.*, 2020). O mel é uma matriz complexa, contendo centenas de compostos químicos (AL-FARSI *et al.*, 2018). Os componentes majoritários são os carboidratos, com destaque para os monossacarídeos glicose e frutose, além de outros componentes em menores concentrações, como proteínas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, vitaminas, minerais, polifenóis e outros fitoquímicos, que podem influenciar na atividade antioxidante do produto (SAKAČ *et al.*, 2019). Alguns destes compostos podem conferir ao mel características potencialmente funcionais, fornecendo benefícios adicionais à saúde, além de suas funções nutricionais básicas (WONG; LAI; CHAN, 2015). Entretanto, a composição química e as propriedades físicas do mel são influenciadas pelas fontes florais, pelo processamento, o armazenamento e as condições climáticas da região apícola (SAJID *et al.*, 2019).

Uma alternativa para diversificar a comercialização de produtos derivados do mel é através da elaboração de hidromel (AMORIM *et al.*, 2018). Essa bebida alcoólica fermentada é obtida pela diluição do mel em água pela ação de leveduras, sendo ainda elaborada de forma artesanal e em pequena escala, na maioria das vezes, pelos próprios apicultores. A qualidade da bebida e a sua composição química estão relacionadas a diferentes fatores, como o tipo de mel, aditivos e cepa de levedura empregados, bem como a composição do mosto e as etapas e condições do processo fermentativo (AKALIN; BAYRAM; ERTAN, 2017; GAGLIO *et al.*, 2017).

Além dos constituintes básicos para a elaboração do hidromel, estudos têm avaliado a adição de cereais, ervas e/ou frutas na bebida, com intuito de variar as suas características fermentativas, sensoriais e químicas (AMORIM *et al.*, 2018; KAWA-RYGIELSKA *et al.*, 2019). Atualmente não há nenhum estudo que relata a adição de frutas exóticas da região Sul do Brasil em hidroméis, desse modo, a utilização de frutas, como a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), a feijoa (*Acca sellowiana*) e a amora-preta (*Rubus* spp.), torna-se uma alternativa de valorização de matérias-primas regionais pouco exploradas, através da diversificação da produção do hidromel. Além disso, esses frutos têm sido reconhecidos pelas suas propriedades nutricionais e bioativas, com destaque para a composição fenólica, que representa elevado potencial de agregação de valor à bebida (BEYHAN; BOZKURT; BOYSAL, 2011; KAUME; HOWARD; DEVAREDDY, 2012; RUFINO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2014).

Este trabalho está estruturado na forma de capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma fundamentação teórica do tema do estudo, e os demais estão apresentados no formato de artigos científicos com os resultados desta pesquisa. No primeiro capítulo está apresentada a revisão bibliográfica, que aborda o cenário da apicultura brasileira, bem como, as características químicas do mel, do hidromel, e das frutas exóticas: amora-preta, feijoa e uvaia. O segundo capítulo apresenta a caracterização das frutas exóticas da região Sul do Brasil, quanto à composição físico-química, fenólica, capacidade antioxidante *in vitro*, de ácidos orgânicos e de açúcares. O terceiro capítulo apresenta a influência da adição das frutas exóticas da região sul do Brasil nas características fermentativas do hidromel, bem como a caracterização das bebidas após o período de maturação de 30 dias, quanto à composição físico-química, de ácidos orgânicos, de açúcares, teor de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro*.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar hidroméis adicionados de amora-preta (*Rubus* spp.), feijoa (*Acca sellowiana*) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), acompanhar o processo fermentativo e avaliar a composição das bebidas, assim como caracterizar a composição química das polpas de frutas.

1.1.2 Objetivos específicos

a) caracterizar as polpas de amora-preta, feijoa e uvaia através de análises físico-químicas (pH, acidez, umidade e sólidos solúveis totais), de cor, de compostos bioativos (compostos fenólicos totais e individuais, capacidade antioxidante *in vitro*), e o teor de ácidos orgânicos e açúcares;

b) elaborar quatro formulações de hidromel: controle (sem adição de polpa) e três formulações adicionadas de 10% (m/v) de polpa de amora-preta, feijoa e uvaia;

c) acompanhar o processo fermentativo dos hidroméis, para avaliar o número de células de levedura, pH, sólidos solúveis totais e composição de ácidos orgânicos;

d) determinar o pH, os sólidos solúveis totais, acidez total, SO₂ livre, teor alcoólico e teor de hidroximetilfurfural das amostras de hidromel após 30 dias de maturação;

e) avaliar os ácidos orgânicos, os açúcares, a cor, os compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante *in vitro* das amostras de hidromel.

CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 APICULTURA

A apicultura está relacionada ao manejo racional de abelhas da espécie *Apis mellifera*, sendo essa atividade conhecida desde a antiguidade, de importância na cultura alimentar e como atividade polinizadora (KOHSAKA; PARK; UCHIYAMA, 2017). Devido a polinização das abelhas, a apicultura é considerada uma atividade essencial para a produção de frutas, vegetais e sementes, bem como para a manutenção da biodiversidade (SPERANDIO *et al.*, 2019).

No Brasil, a apicultura foi introduzida a partir de 1800, quando padres e imigrantes inseriram subespécies da *Apis mellifera* (abelhas com ferrão), que se adaptaram muito bem ao clima do país e a partir de diferentes cruzamentos, resultaram em um poli-híbrido muito difundido com o nome de abelha africanizada (ALMEIDA; REIS, 2017). Além disso, vale ressaltar que atualmente no território brasileiro há dois tipos de manejo de abelhas, a apicultura e a meliponicultura.

A meliponicultura o manejo de abelhas pertencentes à subfamília *Meliponinae*, também conhecidas como abelhas sem ferrão, sendo que ambas as atividades resultam na produção de mel, pólen, própolis, cera de abelha e geleia real (NORDIN *et al.*, 2018), tendo o mel como o principal produto resultante da atividade apícola.

De acordo com os últimos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil no ano de 2019 produziu 45,9 mil toneladas de mel, resultando em um aumento de 7,84% em relação ao ano de 2018, com destaque para a região Sul do Brasil, como a principal produtora de mel em ambos os anos (IBGE, 2021).

1.2 MEL

Segundo a Instrução Normativa N° 11 de 20 de outubro de 2000, “mel é o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos da colmeia” (BRASIL, 2000). Esta legislação também classifica os méis quanto à sua origem em Mel Floral, obtido dos néctares das flores, e em Melato ou Mel de Melato, obtido principalmente a partir

de secreções das partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que se encontram sobre elas.

Gela *et al.* (2021) relatam que o mel é mundialmente conhecido devido sua ampla gama de aplicações, e que a sua origem geográfica, bem como o clima, as condições ambientais e o processamento podem resultar em méis de composições químicas diferenciadas. Em relação à composição química, o mel apresenta mais de 200 compostos químicos, dentre eles carboidratos, em especial monossacarídeos (como a glicose e a frutose), e água, além de outros componentes presentes em pequenas concentrações como proteínas, enzimas, aminoácidos, compostos fenólicos, minerais, vitaminas e ácidos orgânicos (SERAGLIO *et al.*, 2019).

Os parâmetros físico-químicos do mel, como pH, umidade, composição de açúcares, teor de hidroximetilfurfural (HMF), cor, acidez e condutividade específica são bem definidos e representam os indicadores de qualidade que caracterizam cada tipo de mel (BRASIL, 2000; MANZANARES *et al.*, 2011). Segundo Biluca *et al.* (2014), a formação de hidroximetilfurfural pode influenciar o teor de carboidratos presentes no mel. Além disso, pode ser utilizado como indicador de qualidade em alimentos durante o processamento térmico e/ou condições de armazenamento longo e alta temperatura (BESIR *et al.*, 2021).

Dentre as variedades de Mel Floral, os provenientes de flores silvestres destacam-se por sua maior disponibilidade no mercado, devido seu pasto apícola estar disponível às abelhas durante o ano todo. Sua produção ocorre quando o néctar é coletado e transformado pelas abelhas por meio de dois processos básicos, um físico (evaporação da água), e outro bioquímico (enzimático) (KOMATSU; MARCHINI; MORETI, 2002). As enzimas que predominam no mel são a invertase, a amilase e a glicose oxidase, produzidas pelas glândulas hipofaríngeas das abelhas (COUTO, 1996).

O mel apresenta-se como um alimento levemente ácido, o que está relacionado com o seu teor de ácidos orgânicos, derivados de açúcares a partir de enzimas secretadas pelas abelhas quando transformam o néctar em mel (KARABAGIAS *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2016). Os ácidos orgânicos representam uma pequena porção da composição dos méis, entretanto eles influenciam diretamente suas características sensoriais, como o sabor e o aroma, e também na conservação, estabilidade e propriedades físicas e químicas do produto (SERAGLIO *et al.*, 2021). Estudos apontam que em diferentes amostras de mel o principal ácido orgânico detectado é o ácido glucônico (BRUGNEROTTO *et al.*, 2019; SERAGLIO *et al.*, 2021), sendo que ele constitui de 70 a 90% dos ácidos orgânicos do mel, e é produzido a partir da conversão da D-glicose pela ação da enzima D-glicose oxidase (MATO *et al.*, 2003). Além disso, segundo

Brugnerotto *et al.* (2019), outros ácidos orgânicos podem ser identificados em amostras de méis, como por exemplo os ácidos: málico, láctico, cítrico, succínico, fórmico e acético. Além disso, o teor de ácidos orgânicos influencia diretamente o pH dos méis, que pode variar entre 3,8 e 5,3 (SERAGLIO *et al.*, 2019).

Dentre os principais açúcares presentes no mel, destacam-se os monossacarídeos, que representam em torno de 70% da composição, em destaque a frutose e a glicose, seguidos por outros açúcares como dissacarídeos e oligossacarídeos (KAMAL; KLEIN, 2011). Alguns desses açúcares têm sido utilizados para determinar a origem floral do mel (MOREIRA; DE MARIA, 2001). Porém a composição de açúcares varia conforme a origem botânica e geográfica, além das condições de processamento e armazenamento (ESCUREDO *et al.*, 2014). Durante o aquecimento ou armazenamento prolongado do mel, as pentoses e hexoses se decompõem e formam compostos indesejáveis como os furanos, dentre eles, o furfural (derivado das pentoses) e o HMF (derivado das hexoses) (CHERNETSOVA; MORLOCK, 2012; MOREIRA *et al.*, 2010).

O mel muito mais do que um alimento de alta qualidade nutricional, rico em energia, também possui substâncias benéficas ao equilíbrio dos processos biológicos dos seres humanos, com propriedades terapêuticas (ESCUREDO *et al.*, 2013). Segundo Ranneh *et al.* (2021), a presença de polifenóis no mel está relacionada ao fato de as abelhas transferirem os compostos bioativos coletados do néctar das plantas para o mel, sendo que a qualidade e a quantidade dos polifenóis estão relacionados à espécie de abelha, região geográfica e condições climáticas. Com isso, estudos indicam que o perfil de polifenóis do mel pode ser utilizado como marcador floral para verificar a origem botânica dos méis (MANDAL; MANDAL, 2011). Alvarez-Suarez *et al.* (2012) realizaram uma revisão na literatura avaliando méis de diferentes origens florais e encontraram como polifenóis predominantes em mel os flavonoides (quercetina, luteolina, kaempferol, apigenina, crisina, galangina), além de ácidos fenólicos (ácido 4-dimetilaminobenzóico, ácido cafeico, ácido *p*-cumárico, ácido gálico, ácido vanílico, ácido siringíco e ácido clorogênico). Além disso, a composição fenólica do mel influencia as características sensoriais, as características físicas, além da capacidade antioxidante (BILUCA *et al.*, 2017).

Dessa forma, devido à riqueza dos constituintes químicos do mel e o seu potencial funcional, a aplicação desta matéria-prima na forma de derivados, como por exemplo, para a produção de hidromel, torna-se uma alternativa promissora para a diversificação dos produtos à base de mel.

1.3 HIDROMEL

De acordo com o Decreto nº 6871 de 4 de julho de 2009, o hidromel é definido como a bebida com graduação alcoólica de 4 a 14 % em volume, a vinte graus Celsius, obtida pela fermentação alcoólica de solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável (BRASIL, 2009). Estudos também relatam a adição de frutas, ervas e/ou especiarias em sua elaboração (ADAMENKO *et al.*, 2018; GUPTA; SHARMA, 2009; KAWA-RYGIELSKA *et al.*, 2019). Acredita-se que a origem do hidromel venha de países africanos e, que mais tarde, a produção tenha se dissipado por toda a Europa. Esta bebida tem um histórico milenar e mesmo na atualidade é apreciada pelos consumidores, que a conhecem por diferentes nomes, dependendo dos ingredientes e da forma que são produzidas (tabela 1) (IGLESIAS *et al.*, 2014).

Tabela 1 – Denominações de hidroméis e suas respectivas matérias-primas.

| Denominação | Ingredientes |
|--------------------|---|
| Hidromel | Bebida fermentada de água e mel |
| <i>Great mead</i> | Hidromel envelhecido |
| <i>Melomel</i> | Hidromel com adição de frutas (exceto uva e maçã) |
| <i>Pymment</i> | Hidromel com adição de uvas |
| <i>Cyser</i> | Hidromel com adição de maçãs |
| <i>Braggot</i> | Hidromel com adição de malte |

Fonte: Adaptado de Venturini Filho (2016).

A legislação brasileira, através da Instrução Normativa n. 34 de 29 novembro de 2012 (BRASIL, 2012), estabelece os parâmetros legais para o hidromel (Tabela 2). Essa instrução normativa ressalta a proibição do uso de açúcar para a elaboração do mosto, além de classificar a bebida de acordo com o teor de açúcar residual entre seco ou suave. Vale destacar que atualmente a legislação brasileira não especifica sobre a adição de outros ingredientes, como frutas, ervas e especiarias, durante o processo de elaboração de hidroméis.

Tabela 2 – Parâmetros legais para a produção de hidromel no Brasil.

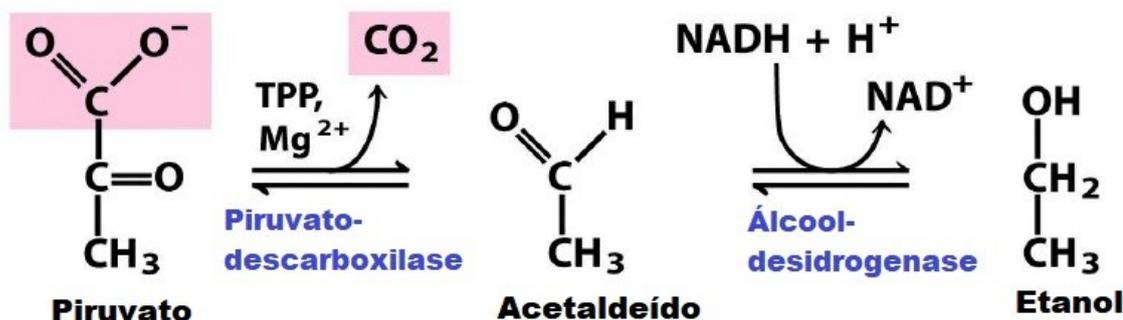
| Parâmetros | Limite mínimo | Limite máximo | Classificação |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Acidez fixa (meq/L) | 30 | --- | --- |
| Acidez total (meq/L) | 50 | 130 | --- |
| Acidez volátil (meq/L) | --- | 20 | --- |
| Anidrido sulfuroso (g/L) | --- | 0,35 | --- |
| Cinzas (g/L) | 1,5 | --- | --- |
| Cloretos totais (g/L) | --- | 0,5 | --- |
| Extrato seco reduzido (g/L) | 7 | --- | --- |
| Gradação alcoólica (%) | 4 | 14 | --- |
| Teor de açúcar (g/L) | --- | ≤ 3 | Seco |
| | >3 | --- | Suave |

Fonte: Adaptada de Brasil (2012).

O processo fermentativo do hidromel é desafiador, pois a alta gravidade específica do mosto e sua baixa capacidade tamponante tornam a fermentação longa. Além disso, durante esta etapa ocorre a formação de ácidos orgânicos e CO₂ dissolvido no mosto, que podem impactar na cinética da fermentação, levando a uma rápida diminuição do pH do meio, retardando ainda mais o processo (CZABAJ *et al.*, 2017).

A fermentação alcoólica inicia-se com a glicólise, que consiste na degradação da glicose a partir de uma série de reações catalisadas por enzimas, gerando duas moléculas de piruvato (VENTURINI FILHO, 2016). Ao término da glicólise, o piruvato é convertido a etanol e dióxido de carbono em um processo de duas etapas, sendo na primeira etapa descarboxilado a acetaldeído, em uma reação irreversível, que envolve a enzima piruvato-descarboxilase, e na segunda etapa o acetaldeído é reduzido a etanol pela ação da álcool-desidrogenase (Figura 1) (NELSON; COX, 2014). Durante a fermentação, os compostos voláteis são formados, conferindo diversos aromas e sabores aos hidroméis. Esses compostos são provenientes do metabolismo secundário das leveduras (PEREIRA *et al.*, 2013).

Figura 1 – Conversão do piruvato à etanol durante a fermentação alcoólica



Fonte: Adaptado de Oliveira (2021).

As cepas da levedura *Saccharomyces cerevisiae* utilizadas na produção de hidromel são as culturas *starter* comumente utilizadas na produção de vinho, cerveja e espumante (SCHULLER; CASAL, 2005). Entretanto, sabe-se que a complexidade sensorial das bebidas pode ser melhorada ao utilizar outras espécies de levedura para a fermentação (LOPES *et al.*, 2020). A taxa de fermentação do hidromel depende, sobretudo, da variedade do mel, da cepa da levedura, da composição do mosto e do pH extracelular. Devido ao elevado teor de açúcares, o processo fermentativo do hidromel é considerado lento, podendo levar em torno de um mês (SROKA; TUSZYŃSKI, 2007). Apesar de apresentar uma alta concentração de açúcares fermentescíveis, o mel apresenta deficiência em nitrogênio e fatores de crescimento necessários para o metabolismo da levedura. Desta forma, recomenda-se a utilização de suplementos nutricionais apropriados e a otimização das condições de fermentação (MENDES-FERREIRA *et al.*, 2010). Assim, a quantidade de açúcar no final da fermentação do hidromel é dependente da tecnologia empregada na fabricação, levando em consideração o tempo e a temperatura do processo fermentativo, quantidade e qualidade do mel utilizado no preparo do mosto, adição de outros ingredientes, a cepa de levedura e o teor alcoólico desejado (MILESKI, 2016).

A composição do hidromel é influenciada pelos diferentes tipos de mel utilizados como matéria-prima durante a elaboração do mosto, influenciando seus parâmetros físicos e químicos característicos, incluindo teor de ácido orgânico, valor de pH, teor de açúcar residual e teor de etanol (STAROWICZ; GRANVOGL, 2020). Estas modificações são bem evidentes na composição dos ácidos orgânicos do hidromel. Em estudo realizado por Švecová *et al.* (2015), utilizando 22 amostras de hidroméis comercializados no Norte Europeu, observou-se o predomínio dos ácidos glucônico, fumárico, acético, láctico, succínico e cítrico, mas com

variações grandes na concentração destes ácidos nas amostras. Segundo estes autores, os ácidos cítrico e acético têm sido utilizados como indicadores de qualidade sensorial da bebida. Em hidroméis adicionados de frutas tem-se o aumento do ácido cítrico na sua composição. Por outro lado, valores elevados de ácido acético são negativos para a qualidade do hidromel, indicando fermentação acética do etanol, devido provavelmente ao metabolismo de bactérias acéticas durante o armazenamento de garrafas fechadas de maneira inadequada (SROKA; SATORA, 2017).

Kawa-Rygielska *et al.* (2019), ao avaliar o teor de compostos fenólicos totais em hidroméis com semente de uva observaram um aumento destes compostos após a fermentação, de 15mg EAG/100mL para 24mg EAG/100mL. Vale ressaltar que os constituintes fenólicos que se destacaram neste estudo foram o ácido gálico e as procianidinas, provenientes das sementes da uva adicionadas ao mosto. Estas informações podem ser interessantes, uma vez que Socha *et al.* (2015) relatam que os polifenóis presentes em bebidas alcoólicas podem apresentar elevada bioacessibilidade, sendo absorvidos mais facilmente pelo intestino.

Neste sentido, pesquisas têm sido realizadas para verificar a influência da adição de frutas na composição química de hidromel (ADAMENKO *et al.*, 2018; AMORIM *et al.*, 2018; KAWA-RYGIELSKA *et al.*, 2019). Dessa forma, a utilização de frutas exóticas, como a uvaia e a feijoa (nativas), e a amora-preta (não nativa), torna-se uma alternativa de diversificação da produção de hidromel e de valorização de matérias-primas pouco exploradas da região Sul do Brasil.

1.4 UVAIA

A uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) é um fruto proveniente de espécie arbórea nativa da região Sul do Brasil, sendo encontrada desde São Paulo até o Rio Grande do Sul e pertencente à família Myrtaceae (RODRIGUES *et al.*, 2021). Esta espécie tem sido encontrada em fragmentos de florestas da Mata Atlântica, em propriedades pequenas, em estações experimentais e em propriedades de colecionadores de frutas (FREITAS, 2017), ou seja cultivos comerciais ainda são escassos no Brasil. Seus frutos são considerados exóticos e possuem um sabor característico, doce e ácido, apresentando um diâmetro médio de 2,2 cm e uma coloração amarelo alaranjada (Figura 2) (KLEIN *et al.*, 2018).

Figura 2 – Fruto da uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess).



Fonte: Bianchini (2020).

Porém, a principal limitação para o consumo da uvaia *in natura* é sua alta perecibilidade (BIANCHINI *et al.*, 2020), sendo uma opção viável o desenvolvimento de produtos adicionados de polpa de uvaia. Segundo Farias *et al.* (2020), devido às suas características sensoriais, é crescente o uso dos frutos de uvaia para elaboração sucos, vinagres, cervejas, licores, geleias, doces, iogurtes e sorvetes.

Dentre os componentes presentes na uvaia, os carboidratos são os mais abundantes na fruta, com destaque para o teor de fibras, sacarose, glicose e frutose. No entanto, segundo estudo realizado por Silva *et al.* (2019) a quantificação desses carboidratos é variável em relação aos diferentes acessos. Estes autores encontraram valores de açúcares solúveis entre 11% e 20% (base úmida) e fibras entre 31% e 44% (base seca) em frutos de diferentes regiões cultivadas em Rio Claro (São Paulo). Neste estudo também foram investigados os ácidos orgânicos, com prevalência dos ácidos succínico e málico. De acordo com Zheng *et al.* (2016), a composição dos ácidos orgânicos é diretamente influenciada pelas espécies e cultivares das frutas, bem como pelo local de cultivo, afetando as suas propriedades sensoriais.

A uvaia possui propriedades potencialmente benéficas à saúde devido ao teor de compostos bioativos, especialmente compostos fenólicos, ácido ascórbico e carotenoides (BRANCO *et al.*, 2016). Segundo Haminiuk *et al.* (2014), a composição de ácidos fenólicos em frutos de uvaia colhidos em Paraibuna/SP apresentou valores em torno de 346 mg/kg de ácido gálico, 5,2 mg/kg de ácido cafeico, 3,4 mg/kg de ácido ferúlico e 1,5 mg/kg de ácido p-cumárico (base úmida). Estes autores também consideraram a uvaia uma fonte de flavonoides destacando-se os valores encontrados para a quercetina (149,7 mg/kg), miricetina (29,5 mg/kg) e o kaempferol (13,4 mg/kg) (base úmida).

1.5 FEIJOA

A feijoa (*Acca sellowiana*) (Figura 3) é um fruto nativo do planalto meridional brasileiro e do nordeste do Uruguai, pertencente à família Myrtaceae, conhecida também por outras denominações como goiaba-serrana, goiaba-do-mato, goiaba-verde ou feijoa. No Sul do Brasil, a espécie é adaptada a condições de clima frio, sendo encontrada com maior frequência em áreas com altitudes superiores a 800 m (KESSIN *et al.*, 2019). Os frutos da feijoa apresentam uma polpa com textura gelatinosa e sabor doce-ácido (ALMEIDA *et al.*, 2020) e exalam um forte e agradável aroma devido à liberação de compostos voláteis, entre eles os benzoatos de metila e etila (BELOUS; OMAROV; OMAROVA, 2014).

Figura 3 – Fruto da feijoa (*Acca sellowiana*).



Fonte: Próprio autor (2019).

Em Santa Catarina a pesquisa do fruto iniciou-se em 1986, pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), em São Joaquim, com o objetivo de selecionar genótipos superiores e desenvolver um sistema de produção para cultivo em escala comercial. Com o resultado foram lançadas, nos anos de 2007 e 2008, as quatro primeiras cultivares comerciais brasileiras de goiaba serrana: Alcântara, Helena, Mattos e Nonante (SIMON; BORCHARDT; BENEZ, 2012).

De acordo com Sganzerla *et al.* (2020), a feijoa é considerada um fruto de elevada qualidade nutricional e fonte de compostos bioativos, apresentando potencial antimicrobiano, antioxidante, e atividade anti-inflamatória. Dentre os componentes presentes no fruto da feijoa, destacam-se os ácidos orgânicos, açúcares e polifenóis.

Um revisão realizada por Parra e Fischer (2013), demonstrou que dentre os ácidos orgânicos presentes na polpa de feijoa, o ácido cítrico, o ácido málico e o ácido succínico são encontrados em maior quantidade e possuem papel crucial na manutenção da qualidade dos frutos, influenciando nos aromas, sabores e no metabolismo pós-colheita. Além disso, dentre os açúcares, os mais abundantes durante o processo de maturação da fruta são a frutose, sacarose e glicose.

Weston (2010) relatou que a feijoa apresenta capacidade antioxidante superior à do kiwi. Este autor também considerou que a maior parte da atividade antioxidante da polpa da fruta está relacionada às proantocianidinas, que geralmente fornecem uma característica mais adstringente e levemente amarga ao fruto. Em um estudo realizado por Monforte *et al.* (2014) avaliou-se a composição fenólica de frutos de feijoa de safras distintas, cultivados na região da Sicília/ Itália. Os autores observaram predominância de catequina, pirocatecol e ácido elágico nos frutos e demonstraram que estes constituintes podem estar associados ao efeito gastroprotetor em ratos.

1.6 AMORA-PRETA

A amora-preta (*Rubus* spp.) é um fruto agregado originário de múltiplos ovários de uma única flor, pertencente à família Rosaceae (GOMES *et al.*, 2019). Seu cultivo iniciou-se na segunda metade do século XIX nos Estados Unidos, onde é conhecida como *blackberry*. No Brasil, as primeiras cultivares foram introduzidas em 1972, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Clima Temperado, localizada em Pelotas/RS (JACQUES; ZAMBIAZI, 2011). Entre as variedades cultivadas no Brasil, a de maior destaque é a Tupy, resultado do cruzamento das cultivares Uruguai e Comanche, realizado pela EMBRAPA Clima Temperado (ZIELINSKI *et al.*, 2015). A cultivar Tupy (Figura 4) apresenta frutos pesando em torno de seis gramas, coloração preta uniforme, com sabor equilibrado em relação à acidez e ao açúcar (ANTUNES, 2002).

Figura 4 – Frutos da amora-preta (*Rubus* spp.) da cultivar Tupy.

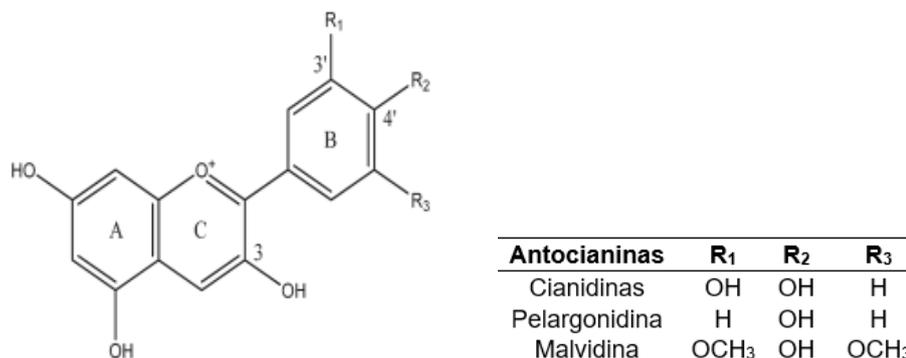


Fonte: Avencal frutas (2019).

A amora-preta *in natura* é altamente nutritiva, pois além dos compostos funcionais, contém carboidratos, minerais e vitaminas essenciais (SCHULZ; CHIM, 2019). A composição química da amora varia de acordo com as cultivares, estágio de maturação e condições de colheita e armazenamento. Os principais açúcares encontrados na amora-preta são a glicose, frutose e sacarose, e os teores desses açúcares aumentam acentuadamente à medida que os frutos amadurecem (ACOSTA-MONTOYA *et al.*, 2010; SCHULZ *et al.*, 2019). Kafkas *et al.* (2006) ao estudar cinco variedades de amora-preta determinaram que o principal ácido orgânico presente nas variedades é o ácido málico, entretanto, diferentes ácidos, como o ácido ascórbico, são detectados nos frutos.

A amora-preta apresenta uma ampla relação de compostos bioativos, sendo uma fonte rica de polifenóis, incluindo antocianinas, flavonóis, e ácidos fenólicos. Dentre os ácidos fenólicos encontrados na amora-preta, destacam-se os ácidos hidroxibenzoicos e os hidroxicinâmicos (SCHULZ *et al.*, 2019). Em relação às antocianinas, as principais são derivadas da cianidina com porções de glicose, rutinose, xilose e arabinose fixadas ao carbono 3 (KAUME; HOWARD; DEVAREDDY, 2012). Na Figura 5 estão identificadas as principais antocianinas da amora-preta.

Figura 5 - Estrutura química das principais antocianinas presentes na amora-preta.



Fonte: Adaptada de Kaume, Howard e Devareddy (2012).

As antocianinas são pigmentos coloridos que atuam como antioxidantes e são abundantes em frutos com coloração vermelha, azul e roxa (NILE; PARK, 2014). Na amora-preta são sintetizadas durante o amadurecimento do fruto, resultando no desenvolvimento de uma coloração púrpura escura, além disso, ocorre o aumento acentuado do teor de antocianinas. Outro parâmetro que altera a concentração destes pigmentos é o fator genético (KAUME; HOWARD; DEVAREDDY, 2012). Cho *et al.* (2004) avaliaram o teor de antocianinas totais em seis genótipos de amora-preta e encontraram uma variação entre 114,4 e 241,5 mg/100 g (base úmida), demonstrando a forte influência genética na composição dos frutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-MONTOYA, Ó. *et al.* Phenolic content and antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus* Schldl.) during three edible maturity stages. **Food Chemistry**, v. 119, n. 4, p. 1497–1501, 2010.
- ADAMENKO, K. *et al.* Characteristics of biologically active compounds in *Cornelian cherry* meads. **Molecules**, v. 23, n. 8, p. 1–13, 2018.
- AKALIN, H.; BAYRAM, M.; ERTAN, R. Determination of some individual phenolic compounds and antioxidant capacity of mead produced from different types of honey. **Institute of Brewing & Distilling**, v.123, p. 167-174, 2017.
- ALMEIDA, A. M.; REIS, V. D. A. dos. **Diagnóstico da apicultura e da meliponicultura em comunidades ribeirinhas do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal: Documentos 152, 2017. 37 p.
- 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, n. May 2019, p. 100789, 2020.
- ALVAREZ-SUAREZ, J. M. *et al.* Phenolics from monofloral honeys protect human erythrocyte membranes against oxidative damage. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, n. 5, p. 1508–1516, 2012.
- AL-FARSI, M. *et al.* Quality evaluation of Omani honey. **Food Chemistry**, v. 262, n. April, p. 162–167, 2018.
- AMARANTE, C. V. T. *et al.* Phenolic content and antioxidant activity of fruit of Brazilian genotypes of feijoa. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1223–1230, 2017.
- AMORIM, T. S. *et al.* Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. **LWT - Food Science and Technology**, v. 97, n. October 2017, p. 561–569, 2018.
- ANTUNES, L. E. C. Amora-Preta: Nova Opção De Cultivo No Brasil. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 151–158, 2002.
- AVENCAL FRUTAS. **Avencal Frutas**: Frutas orgânicas congeladas, cultivadas na Serra Catarinense. Disponível em: < <https://www.instagram.com/frutasavencal/> > Acesso em: < 30 set 2019 >.
- BELOUS, O.; OMAROV, M.; OMAROVA, Z. Chemical composition of fruits of a feijoa (*F. sellowiana*) in the conditions of subtropics of Russia. **Scientific Journal for Food Industry**, Nitrianske Hrnčiarovce, v.8, n.1, p. 119-123, 2014.
- BESIR, A. *et al.* A novel spectrophotometric method based on Seliwanoff test to determine 5-(Hydroxymethyl) furfural (HMF) in honey: Development, in house validation and application. **LWT - Food Science and Technology**, v. 139, n. September 2020, p. 110602, 2021.

BEYHAN, O.; BOZKURT, M.A.; BOYSAL, S.C. Determination of macro-micro nutrient contents in dried fruit and leaves and some pomological characteristics of selected feijoa genotypes (*Feijoa sellowiana* Berg) from Sakarya provinces in Turkey. **The Journal of Animal and Plant Science**, v.21, n.2, p.251-255, 2011.

BIANCHINI, C. B. *et al.* Incorporation of uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) pulp in yogurt: A promising application in the lactose-free dairy product market. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 10, p. 1–8, 2020.

BIANCHINI, C. B. **Potencial da polpa de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) como ingrediente com alegação de propriedades funcionais em iogurte sem lactose.** Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, p.78, 2020.

BILUCA, F. C. *et al.* 5-HMF and carbohydrates content in stingless bee honey by CE before and after thermal treatment. **Food Chemistry**, v. 159, p. 244–249, 2014.

BILUCA, F. C. *et al.* Phenolic compounds, antioxidant capacity and bioaccessibility of minerals of stingless bee honey (*Meliponinae*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 63, n. May, p. 89–97, 2017.

BOBIS, O. *et al.* Eucalyptus honey: Quality parameters, chemical composition and health-promoting properties. **Food Chemistry**, v. 325, n. December 2019, p. 126870, 2020.

BRANCO, I. G. *et al.* Drying kinetics and quality of uvaia (*Hexachlamys edulis* (O. Berg)) powder obtained by foam-mat drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 7, p. 1703–1710, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 de outubro de 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto no 6.871, de 04 de junho de 2009. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 jun. 2009.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 34, de 29 de novembro de 2012. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de bebidas fermentas: fermentado de fruta; fermentado de fruta licoroso; fermentado de fruta composto; sidra; hidromel; fermentado de cana; saquê ou sake. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 nov. 2012.

BRUGNEROTTO, P. *et al.* A capillary electrophoresis method to determine aliphatic organic acids in bracatinga honeydew honey and floral honey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 82, n. June, p. 103243, 2019.

CASTELUCCI, A. C. L.; DA SILVA, P. P. M.; SPOTO, M. H. F. Bioactive compounds and in vitro antioxidant activity of pulps from fruits from the Brazilian atlantic forest. **Acta**

Scientiarum - Technology, v. 42, n. 1, p. 1–8, 2020.

CHERNETSOVA, E. S.; MORLOCK, G. E. Assessing the capabilities of direct analysis in real time mass spectrometry for 5-hydroxymethylfurfural quantitation in honey.

International Journal of Mass Spectrometry, v. 314, p. 22–32, 2012.

CHO, M. J. *et al.* Flavonoid glycosides and antioxidant capacity of various blackberry and red grape genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry.

Journal of the Science and Agriculture. v.84, p.1771– 1782, 2004.

COUTO, R. H. N. **Apicultura: manejo e produtos**. Jaboticabal: UNESP, 1996. 154.

CZABAJ, S. *et al.* Effects of mead wort heat treatment on the mead fermentation process and antioxidant activity. **Molecules**, v. 22, n. 5, p. 1–15, 2017.

DANTAS, A. M. *et al.* Bioaccessibility of phenolic compounds in native and exotic frozen pulps explored in Brazil using a digestion model coupled with a simulated intestinal barrier.

Food Chemistry, v. 274, n. May 2018, p. 202–214, 2019.

ESCUREDO, O. *et al.* Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area. **Food Chemistry**, v. 138, p. 851-856, 2013.

ESCUREDO, O. *et al.* Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. **Food Chemistry**, v. 149, p. 84–90, 2014.

FARIAS, D. DE P. *et al.* Distribution of nutrients and functional potential in fractions of *Eugenia pyriformis*: An underutilized native Brazilian fruit. **Food Research International**, v. 137, n. June, p. 109522, 2020.

FREITAS, T. P. DE. **Pós-colheita de uvaia : caracterização de acessos e estádios de maturação**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” , Universidade de São Paulo, São Paulo, p.60, 2017.

GELA, A. *et al.* Physico-chemical characteristics of honey produced by stingless bees (*Meliponula beccarii*) from West Showa zone of Oromia Region, Ethiopia. **Heliyon**, v. 7, n. 1, p. e05875, 2021.

GAGLIO, R. *et al.* Production of the Sicilian distillate "Spiritu re fascitrari" from honey byproducts: An interesting source of yeast diversity. **International Journal of Food Microbiology**, v. 261, p.62-72, 2017.

GOMES, M. G. *et al.* Blackberry juice anthocyanidins limit cisplatin-induced renal pathophysiology in mice. **Pathophysiology**, v. 26, n. 2, p. 137–143, 2019.

GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Review Paper Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines : A review Technology of mead. v. 8, n. 4, p. 345–355, 2009.

HAMINIUK, C. W. I. *et al.* Extraction and quantification of phenolic acids and flavonols

from *Eugenia pyriformis* using different solvents. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 10, p. 2862–2866, 2014.

HORVITZ, S.; CHANAGUANO, D.; AROZARENA, I. Andean blackberries (*Rubus glaucus* Benth) quality as affected by harvest maturity and storage conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 226, n. September, p. 293–301, 2017.

IGLESIAS, A. *et al.* Developments in the fermentation process and quality improvement strategies for mead production. **Molecules**, v. 19, n. 8, p. 12577–12590, 2014.

JACQUES, A. C.; ZAMBIAZI, R. C. Fitoquímicos em amora-preta (*Rubus* spp). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 1720–1725, 2011.

JAWAD, U. M. *et al.* Expression pattern of sugars and organic acids regulatory genes during watermelon fruit development. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p. 109102, 2020.

KAFKAS, E. *et al.* Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. **Food Chemistry**, v.97, n.4, p.732-736, 2006.

KAMAL, M. A.; KLEIN, P. Determination of sugars in honey by liquid chromatography. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 18, n. 1, p. 17–21, 2011.

KAUME, L.; HOWARD, L. R.; DEVAREDDY, L. The blackberry fruit: A review on its composition and chemistry, metabolism and bioavailability, and health benefits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 23, p. 5716–5727, 2012.

KOMATSU, S. S. *et al.* Análises físico-químicas de amostras de méis de flores silvestres, de eucalipto e de laranja, produzidos por *Apis mellifera* no estado de São paulo e conteúdo de açúcares e de proteína. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 22, n. 2, p. 143–146, 2002

IBGE. **Tabela 74 - Produção de origem animal, por tipo de produto**. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/74> > Acesso em: < 05 fev 2021 >

KAWA-RYGIELSKA, J. *et al.* Fruit and herbal meads – Chemical composition and antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 283, n. November 2018, p. 19–27, 2019.

KESSIN, J. P. *et al.* Atividade antioxidante de compostos fenólicos presentes em polpa e casca de goiabeira serrana. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 9, n. 1, p. 141, 2019.

KLEIN, E. J. *et al.* Use of supercritical CO₂ and ultrasound-assisted extractions to obtain A/B-amyrin-rich extracts from uvaia leaves (*Eugenia pyriformis* Cambess.). **Journal of Supercritical Fluids**, v. 137, n. October 2017, p. 1–8, 2018.

KOHSAKA, R.; PARK, M. S.; UCHIYAMA, Y. Beekeeping and honey production in Japan and South Korea: past and present. **Journal of Ethnic Food**. v. 4, n.2, p. 72-79, 2017.

LOPES, A. C. A. *et al.* Impact of *Saccharomyces cerevisiae* single inoculum and mixed inoculum with *Meyerozyma caribbica* on the quality of mead. **European Food Research and Technology**, n. 0123456789, 2020.

MANDAL, M. D.; MANDAL, S. Honey: Its medicinal property and antibacterial activity. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 1, n. 2, p. 154–160, 2011.

MANZANARES, A. B. GARCÍA, Z. H.; RODRÍGUEZ, E. R.; ROMERO, C. D. Differentiation of blossom and honeydew honeys using multivariate analysis on the physicochemical parameters and sugar composition. **Food Chemistry**, v. 126, n. 2, p. 664–672, 2011.

MATO, I. *et al.* Significance of Nonaromatic Organic Acids in Honey. **Journal of Food Protection**, v. 66, n. 12, p. 2371–2376, 2003.

MENDES-FERREIRA, A. *et al.* Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **International Journal of Food Microbiology**, v. 144, n. 1, p. 193–198, 2010.

MILESKI, J. P. F. **Produção e caracterização de hidromel utilizando diferentes cepas de leveduras *Saccharomyces***. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, p.87, 2016.

MONFORTE, M. T. *et al.* *Feijoa sellowiana* Berg Fruit Juice: Anti-Inflammatory Effect and Activity on Superoxide Anion Generation . **Journal of Medicinal Food**, v. 17, n. 4, p. 455–461, 2014.

MOREIRA, R. F. A.; DE MARIA, C. A. B. Sugars in the honey. **Química nova**, v. 24, n. 4, p.516-525, 2001.

MOREIRA, R. F. A. *et al.* Chemical changes in the volatile fractions of Brazilian honeys during storage under tropical conditions. **Food Chemistry**, v. 121, n. 3, p. 697–704, 2010.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1312 p.

NILE, S. H.; PARK, S. W. Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. **Nutrition**, v. 30, n. 2, p. 134–144, 2014.

NORDIN, A. *et al.* Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: A comprehensive review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 73, n. February, p. 91–102, 2018.

OLIVEIRA, L. E. M. **Temas em fisiologia vegetal**. Disponível em: < http://www.ledson.ufla.br/respiracao_plantas/respiracao-anaerobica/ > Acesso em: < 26 fev 2021 >

PARRA, A.; FISCHER, G. Maduración y comportamiento poscosecha de la feijoa (*Acca sellowiana* (O . Berg) Burret). Una revisión Ripening and postharvest behavior in the pineapple guava (*Acca sellowiana* (O . Berg) Burret). A review. **Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas**, v. 7, n. 1, p. 98–110, 2013.

PENG, Y. *et al.* Characterization of phenolic compounds and aroma active compounds in feijoa juice from four New Zealand grown cultivars by LC-MS and HS-SPME-GC-O-MS. **Food Research International**, v. 129, n. November 2019, p. 108873, 2020.

PEREIRA, A. P. *et al.* High-cell-density fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* for the optimisation of mead production. **Food Microbiology**, v. 33, n. 1, p. 114–123, 2013.

RANNEH, Y. *et al.* Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. **BMC complementary medicine and therapies**, v. 21, n. 1, p. 30, 2021.

REVILLA, I. *et al.* Identification of anthocyanin derivatives in grape skin extracts and red wines by liquid chromatography with diode array and mass spectrometric detection. **Journal of Chromatography A**, v. 847, n. 1–2, p. 83–90, 1999.

RODRIGUES, L. M. *et al.* Uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) residue as a source of antioxidants: An approach to ecofriendly extraction. **LWT**, v. 138, n. November 2020, 2021.

RUFINO, M. DO S. M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.

SAJID, M. *et al.* Comparative study of physio-chemical analysis of fresh and branded honeys from Pakistan. **Saudi Journal of Biological Sciences**. v. xx, p.xx (in press), 2019.

SAKAČ, M. B. *et al.* Physicochemical properties and mineral content of honey samples from Vojvodina (Republic of Serbia). **Food Chemistry**, v. 276, p. 15–21, 2019.

SCHULLER, D., CASAL, M. The use of genetically modified *Saccharomyces cerevisiae* strains in the wine industry. **Appl Microbiol Biotechnol**, v. 68, n.3, p.292-304, 2005.

SCHULZ, M. *et al.* Blackberry (*Rubus ulmifolius* Schott): Chemical composition, phenolic compounds and antioxidant capacity in two edible stages. **Food Research International**, v. 122, n. June 2018, p. 627–634, 2019.

SCHULZ, M.; CHIM, J. F. Nutritional and bioactive value of Rubus berries. **Food Bioscience**, v. 31, n. November 2018, p. 100438, 2019.

SERAGLIO, S. K. T. *et al.* An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. **Food Research International**, v. 119, n. December 2018, p. 44–66, 2019.

SERAGLIO, S. K. T. *et al.* Aliphatic organic acids as promising authenticity markers of bracinga honeydew honey. **Food Chemistry**, v. 343, n. July 2020, p. 128449, 2021.

SGANZERLA, W. G. *et al.* Nutritional, physicochemical and antimicrobial properties of uvaia pulp (*Eugenia pyriformis* Cambess). **Communications in Plant Sciences**, v. 8, p. 1–7, 2018.

SGANZERLA, W. G. *et al.* Feijoa [*Acca sellowiana* (Berg) Burret] accessions characterization and discrimination by chemometrics. **Journal of the Science of Food and**

Agriculture, v. 100, n. 15, p. 5373–5384, 2020.

SILVA, N. A. DA *et al.* Phenolic compounds and carotenoids from four fruits native from the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 22, p. 5072–5084, 2014.

SILVA, P. M. DA *et al.* Honey : Chemical composition , stability and authenticity. **Food Chemistry**, v. 196, p. 309–323, 2016.

SILVA, A. P. G. *et al.* Chemical composition, nutritional value and bioactive compounds in six uvaia accessions. **Food Chemistry**, v. 294, n. November 2018, p. 547–556, 2019.

SIMON, Á. A.; BORCHARDT, I.; BENEZ, M. C. **Perspectivas e potencialidades de produção e de mercado dos produtos da sociobiodiversidade de Santa**. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Florianópolis, 2012, 34p.

SOCHA, R. *et al.* Phenolic profile and antioxidant activity of polish meads. **International Journal of Food Properties**, v. 18, n. 12, p. 2713–2725, 2015.

SOETHE, C. *et al.* Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de amoras-pretas “Tupy” e “Guarani” armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 51, n. 8, p. 950–957, 2016.

SPERANDIO, G. *et al.* Beekeeping and honey bee colony health: A review and conceptualization of beekeeping management practices implemented in Europe. **Science of the Total Environment**, v. 696, p. 133795, 2019.

SROKA, P.; SATORA, P. The influence of hydrocolloids on mead wort fermentation. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 233–239, 2017.

SROKA, P.; TUSZYŃSKI, T. Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. **Food Chemistry**, v. 104, n. 3, p. 1250–1257, 2007.

STAROWICZ, M.; GRANVOGL, M. Trends in food science & technology an overview of mead production and the physicochemical, toxicological, and sensory characteristics of mead with a special emphasis on flavor. **Trends in Food Science and Technology**, v. 106, n. September, p. 402–416, 2020.

ŠVECOVÁ, B. *et al.* Analysis of Czech meads: Sugar content, organic acids content and selected phenolic compounds content. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 38, p. 80–88, 2015.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2016. 576 p.

YANG, W. *et al.* The botanical sources, entomological proteome and antibiotic properties of wild honey. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 67, n. August 2020, p. 102589, 2021.

WESTON, R. J. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, *Myrtaceae*): A review. **Food Chemistry**, v.121, n.1, p.923-926, 2010.

WONG, A. Y.; LAI, J. M. C.; CHAN, A. W. Regulations and protection for functional food products in the United States. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 540-551, 2015.

ZAHRANI, N. A. A. L.; EL-SHISHTAWY, R. M.; ASIRI, A. M. Recent developments of gallic acid derivatives and their hybrids in medicinal chemistry: A review. **European Journal of Medicinal Chemistry**, p. 112609, 2020.

ZHENG, H. *et al.* Determination of sugars, organic acids, aroma components, and carotenoids in grapefruit pulps. **Food Chemistry**, v. 205, p. 112–121, 2016.

ZIELINSKI, A. A. F. *et al.* Blackberry (*Rubus spp.*): influence of ripening and processing on levels of phenolic compounds and antioxidant activity of the “Brazos” and “Tupy” varieties grown in Brazil. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 744–749, 2015.

CAPÍTULO 2

PERFIL DE POLIFENÓIS E COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS E AÇÚCARES DE FRUTAS EXÓTICAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL

RESUMO

O Brasil é considerado um dos principais centros de diversidade genética de frutas do mundo, no entanto, inúmeras espécies de frutas nativas e não nativas ainda não foram exploradas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil de polifenóis, bem como a composição de ácidos orgânicos e açúcares das polpas de amora-preta, feijoa e uvaia cultivadas na região Sul do Brasil. Em relação aos compostos bioativos, a polpa de amora-preta apresentou o maior teor de polifenóis totais e a maior capacidade antioxidante pelos métodos utilizados (ABTS e FRAP), além de apresentar o número de substâncias fenólicas identificadas, através do método empregado. Além disso, a polpa da uvaia se destacou pela presença de (+) - catequina. Em relação aos açúcares, a polpa da feijoa apresentou o maior teor de açúcar total e foi a única polpa que continha sacarose. Já as polpas de amora-preta e uvaia tiveram a frutose como o principal açúcar. Dentre os 14 ácidos orgânicos avaliados, as polpas de frutas exóticas apresentaram valores para os ácidos cítrico e málico, sendo o ácido málico o principal nas polpas de amora-preta e uvaia, e o cítrico na polpa de feijoa. Os resultados obtidos neste estudo contribuem para a valorização e conservação das espécies investigadas, representando uma alternativa promissora para a utilização dessas frutas exóticas no desenvolvimento de novos produtos.

Palavras-chaves: *Rubus* spp. *Acca sellowiana*. *Eugenia pyriformis* Cambess. Frutas não convencionais. Compostos fenólicos.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos principais centros de diversidade genética de frutas do mundo, isso se deve principalmente à diversidade geográfica e climática do país (PEREIRA *et al.*, 2012; RUFINO *et al.*, 2010). De acordo com Fernandes *et al.* (2011), a denominação de frutas exóticas inclui uma série de frutas tropicais e subtropicais que ainda não são comumente encontradas nos mercados globais, mas têm potencial para isso em função de seus parâmetros de qualidade. No entanto, inúmeras espécies de frutas nativas e não nativas têm sido subutilizadas pela indústria de alimentos. Essas frutas exóticas apresentam particularidades interessantes em relação à sua composição bioativa, que depende diretamente da região de cultivo (SCHIASSI *et al.*, 2018).

A região Sul do Brasil, em especial as localidades de elevada altitude (900 a 1400 metros), tem demonstrado um grande potencial para a produção de frutas exóticas, pois apresentam clima temperado, com frio rigoroso no inverno, maior disponibilidade solar e maior amplitude térmica (WÜRZ *et al.*, 2019). Os frutos exóticos cultivados em regiões de clima temperado vêm se destacando devido ao seu alto teor de compostos bioativos, além de apresentarem alta produtividade e boa rentabilidade aos produtores rurais (MARSH, 2016).

Dentre as frutas encontradas na região Sul do Brasil, destacam-se as frutas exóticas da família Myrtaceae, especialmente a feijoa (*Acca sellowiana*) e a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) (AMARANTE *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2019), além da amora-preta (*Rubus* spp.), pertencente à família Rosaceae (SOETHE *et al.*, 2016). De maneira geral, frutas exóticas apresentam aspectos nutricionais importantes relacionados à composição de ácidos orgânicos, açúcares, polifenóis, vitaminas e minerais. Portanto, são altamente recomendadas para consumo regular devido à presença, principalmente, de fitoquímicos. Estes compostos são capazes de inativar espécies reativas de oxigênio, o que pode resultar na redução do risco de doenças crônicas cardiovasculares e neurodegenerativas (AMARANTE *et al.*, 2017; SCHULZ *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2019)

Neste sentido, o aumento da demanda mundial por alimentos contendo compostos bioativos, com sabor e aroma diferenciados, tem estimulado a caracterização química de frutos exóticos (CASTELUCCI; DA SILVA; SPOTO, 2020; SCHIASSI *et al.*, 2018) e conseqüentemente o consumo de espécies subexploradas, bem como o desenvolvimento econômico da região produtora. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o perfil polifenólico e a composição de ácidos orgânicos e de açúcares das polpas de amora-preta

(*Rubus* spp.), feijoa (*Acca sellowiana*) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), cultivadas na região Sul do Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 REAGENTES QUÍMICOS

Os padrões analíticos para a análise do perfil de ácidos orgânicos (maleico, malônico, fumárico, tartárico, fórmico, cítrico, málico, glicólico láctico, glucônico, succínico, glutárico, acético e propiônico), assim como o ácido gálico, ácido sórbico, brometo decetiltrimetilamônio, radical ABTS [2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)], TPTZ (2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine), Trolox ((±)-6-Hydroxy-2,5,7,8 tetramethylchromane-2-carboxylic acid), reagente de Folin-Ciocalteu, metanol e acetonitrila foram adquiridos da Sigma-Aldrich (St. Louis, Missouri, E.U.A.). Hidróxido de sódio foi adquirido da Neon Comercial (Suzano, Brasil). Os padrões analíticos dos compostos fenólicos individuais foram adquiridos da Sigma Aldrich (St. Louis, EUA) e da Fluka (Steinheim, Alemanha). Os padrões de glicose, frutose e sacarose, além dos demais solventes cromatográficos foram adquiridos na Merck (Darmstadt, Alemanha). Água ultrapura foi obtida através de um sistema Milli-Q® (Millipore, Bedford, MA, E.U.A.) e utilizada no preparo das soluções.

2.2 AMOSTRAS DOS FRUTOS

Os frutos da amora-preta (variedade Tupy) foram coletados em dezembro de 2018 na cidade de Urubici (Santa Catarina, Brasil) (28°01'645"S 49°60'37.1"W - 918 m de altitude). Para a obtenção da polpa, os frutos foram higienizados com hipoclorito de sódio (100 mg/L) e triturados em um mixer (M-07, Mondial, Conceição do Jacuípe, Brasil) por 1 min. Os frutos da feijoa (variedade Helena) foram coletados em abril de 2019 na cidade de São Joaquim (28°16'28.9"S 49°55'52.0"W - 1415 m altitude), higienizados com hipoclorito de sódio (100 mg/L), despulpados manualmente, sendo as sementes removidas com auxílio de despulpadeira elétrica (Modelo 56B0478, Eletromotores WEG S.A., Jaraguá do Sul, Brasil). Os frutos da uvaia foram coletados em fevereiro de 2019 na cidade de Urupema (Santa Catarina, Brasil) (28°01'27.5"S 49°56'23.6"W - 1248 m de altitude) e higienizados com hipoclorito de sódio (100 mg/L). A retirada da polpa foi realizada em despulpadeira elétrica (modelo DP-50, Tomasi, São

Paulo, Brasil). As amostras de cada fruta foram armazenadas separadamente, em sacos de polietileno e congeladas (-18 °C).

2.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE COR

O pH foi avaliado utilizando um potenciômetro (Tec-7, Tecnal, Piracicaba, Brasil) e o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) com um refratômetro digital (HI96801, Hanna Instruments, Barueri, Brasil). A acidez total (% ácido cítrico) e a umidade (%) foram determinadas de acordo com as metodologias propostas pela AOAC (2005).

A análise de cor das polpas foi determinada através do colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-400, Minolta, Osaka, Japão), ajustado para operar com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, previamente calibrado. As leituras foram realizadas em cubeta de vidro, obtendo-se os parâmetros L*, a*, b*, C* e h*. O parâmetro L* varia de 0 a 100, indicando uma variação de cor do preto ao branco, já o parâmetro a* mostra a variação do verde (-a*) ao vermelho (+a*), enquanto o b* pode variar do azul (-b*) ao amarelo (+b*). O parâmetro C* representa a cromaticidade (saturação da cor) e o ângulo hue (h*) é considerado o ângulo da tonalidade (CANUTO *et al.*, 2010).

2.4 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS, INDIVIDUAIS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO*

Os extratos foram preparados conforme a metodologia proposta por Dantas *et al.* (2019) com modificações, onde 2,5 g de polpa foram homogeneizados com 25 mL de metanol (100%) por 30 minutos em agitador magnético, e por fim centrifugados (Hermle Z200A, Wehingen, Alemanha) a 4000 rpm por 10 minutos, coletando-se o sobrenadante para as análises espectrofotométricas. Para a quantificação dos compostos fenólicos individuais, o sobrenadante foi concentrado em um rotaevaporador (TE-211, Tecnal, Piracicaba, Brasil) a 30°C e em seguida ressuspendido em uma solução metanol:água (1:1 v/v) para posterior injeção no cromatógrafo líquido.

2.4.1 Compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro*

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965) em espectrofotômetro UV-VIS (modelo U-1800, Hitachi, Japão). Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de amostra (base úmida). A capacidade antioxidante foi determinada pelos métodos de atividade de captura do radical livre ABTS⁺ (RE *et al.*, 1999) e pelo potencial antioxidante redutor férrico (FRAP) (BENZIE; STRAIN, 1996). Os resultados dos ensaios de ABTS e FRAP foram expressos em μ M equivalente de Trolox (TEAC) por grama de amostra (base úmida).

2.4.2 Avaliação dos polifenóis individuais

A análise de polifenóis individuais foi realizada de acordo com Burin *et al.* (2014), com modificações. A análise foi realizada em cromatógrafo líquido (Shimazu, Kyoto, Japão) equipado com um desgaseificador a vácuo (DGU-20A), sistema de bomba quaternária (LC-20AT) e detector de arranjo de diodos (SPD-M20A). A separação analítica foi realizada em coluna de fase reversa CLC-ODS C18 (4,6 mm \times 250 mm, 5 μ m) (Shimadzu, Kyoto, Japão). Para a análise de ácidos hidroxibenzóicos a fase móvel foi água ultrapura:ácido acético (98:2 v/v) (A) e acetonitrila:solvente A (80:20 v/v) (B), com fluxo de 1,0 mL/min e detecção a 280 nm. Para a quantificação de ácidos hidroxicinâmicos, flavonóis, flavanóis e *trans*-resveratrol, a fase móvel foi água ultrapura:ácido acético (98:2 v/v) (A) e água ultrapura:ácido acético:acetonitrila (58:2:40 v/v/v) (B), com fluxo de 0,9 mL/min e detecção em 320 nm, 360 nm, 280 nm e 306 nm, respectivamente.

As antocianinas foram quantificadas de acordo com Revilla *et al.* (1999), com fase móvel constituída por água:ácido fórmico (90:10 v/v) como solvente A, e água:metanol:ácido fórmico (45:45:10 v/v/v) como solvente B, taxa de fluxo de 0,8 mL/min com detecção em 520 nm. Para a quantificação dos compostos fenólicos individuais, curvas de calibração foram construídas por adição de padrão. Os resultados foram expressos em mg do composto fenólico identificado por 100 g de amostra (base úmida).

2.5 DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS ALIFÁTICOS E DE AÇÚCARES

Inicialmente as polpas foram homogeneizadas (individualmente) e 1 g de cada amostra foi diluído em 5 mL de água ultrapura Milli-Q® (Millipore, Bedford, MA, E.U.A.). Em seguida as amostras foram submetidas a um banho ultrassom (Unique 1400A, São Paulo, Brasil) por aproximadamente 10 min. O volume final foi transferido para microtubos de polipropileno, centrifugado (MiniSpin® plus) a 9861 g por 10 min. Posterior a centrifugação, alíquotas do sobrenadante foram transferidas para tubos de eppendorf e diluições adequadas foram realizadas para cada amostra.

Para determinação dos ácidos orgânicos alifáticos, a solução resultante foi diluída na proporção 9:1 (v/v) com padrão interno ácido glioxílico (2 mmol/L) para posterior análise, que seguiu o procedimento descrito por Brugnerotto *et al.* (2019). Para determinação dos açúcares, o sobrenadante foi diretamente transferido para tubos tipo *vials* e submetidos a análise que seguiu metodologia descrita por Rizelio *et al.* (2012). Para ambas as análises, foi utilizado um sistema de eletroforese capilar (modelo 7100, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, E.U.A.), equipado com detector de arranjo de diodos e software HP ChemStation® (rev A.06.01) para aquisição e tratamento dos dados. Os resultados dos ácidos orgânicos alifáticos (mg/100 g) e dos açúcares (g/100 g) foram expressos em base úmida.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos como média \pm desvio padrão. As análises de variância (ANOVA), teste de Tukey ($p < 0,05$) e análise de componentes principais (ACP) foram realizadas utilizando o software STATISTICA® versão 10.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, E.U.A.).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E DE COR

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e de cor das polpas de frutas avaliadas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos e de cor das polpas de frutas exóticas.

| Parâmetros | Amora-preta | Feijoa | Uvaia |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| pH | 3,04 ± 0,01 ^c | 3,44 ± 0,00 ^a | 3,18 ± 0,01 ^b |
| SST (°Brix) | 10,07 ± 0,06 ^b | 10,53 ± 0,06 ^a | 5,30 ± 0,10 ^c |
| AT (% citric acid) | 0,84 ± 0,00 ^b | 0,80 ± 0,01 ^c | 1,26 ± 0,02 ^a |
| Umidade (%) | 89,18 ± 0,53 ^c | 90,62 ± 0,03 ^b | 92,12 ± 0,14 ^a |
| L* | 24,00 ± 0,03 ^c | 33,79 ± 0,34 ^b | 43,59 ± 1,29 ^a |
| a* | 12,30 ± 1,60 ^a | 4,39 ± 0,04 ^b | 5,68 ± 0,16 ^b |
| b* | 4,16 ± 0,72 ^c | 9,57 ± 0,17 ^b | 24,45 ± 1,50 ^a |
| C* | 12,98 ± 1,75 ^b | 10,53 ± 0,15 ^b | 25,10 ± 1,47 ^a |
| h* | 18,63 ± 0,72 ^c | 65,35 ± 0,47 ^b | 79,91 ± 0,70 ^a |

Fonte: Próprio autor (2021). SST: Sólidos solúveis totais; AT: Acidez total. Os valores foram expressos como média ± desvio padrão (n = 3). ^{a,b,c} Diferentes letras minúsculas na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras (p < 0,05).

A polpa de feijoa apresentou os maiores (p < 0,05) valores de pH e de SST e o menor valor de acidez total (p < 0,05) entre as polpas analisadas. A polpa de uvaia apresentou o maior (p < 0,05) teor de AT, em comparação as polpas de feijoa e de amora-preta. Em relação à umidade, as polpas apresentaram valores elevados, variando entre 89,18 % (amora-preta) e 92,12 % (uvaia) (p < 0,05).

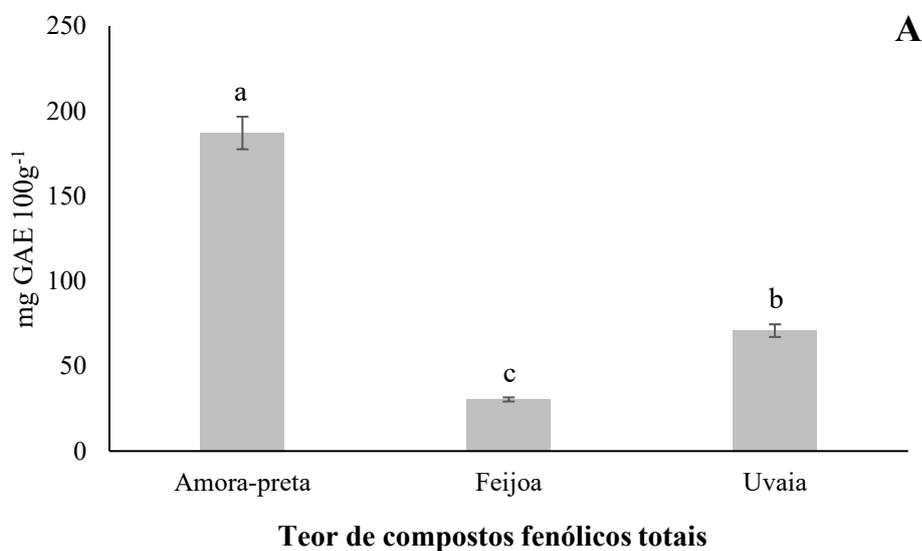
Quanto aos parâmetros de cor, foi possível observar que todas as polpas apresentaram baixos valores de luminosidade (L* < 50), indicando uma coloração mais escura. Todas as polpas apresentaram valores de a* positivos, sendo que a polpa de amora-preta apresentou maior (p < 0,05) tendência à cor vermelha. Para os resultados de b* as amostras tenderam ao amarelo, com valores mais expressivos (p < 0,05) observados na polpa de uvaia. As colorações amarela e laranja em frutas estão relacionadas à presença dos carotenoides, que são terpenos com características lipossolúveis (YAHIA, 2018), além disso, a coloração vermelha pode estar relacionada a presença de carotenoides, como o licopeno, que é precursor do β-caroteno e da vitamina A (GOISSER *et al.*, 2020). Entretanto, colorações vermelha a roxa também podem indicar a presença de antocianinas (RAWDKUEN *et al.*, 2020). Esses compostos são pigmentos naturais que podem ser utilizados pela indústria de alimentos em substituição aos corantes sintéticos, além de promoverem efeitos benéficos à saúde, principalmente pela ação antioxidante (YAHIA, 2018). Os resultados da cromaticidade (C*) variaram entre 10,53 (polpa de feijoa) e 25,10 (polpa de uvaia) nas amostras analisadas, revelando uma maior (p < 0,05) saturação de cor na polpa de uvaia. Segundo Pathare, Opara e Al-Said (2013), a saturação está ligada diretamente à concentração do elemento corante (pigmento) e representa um atributo

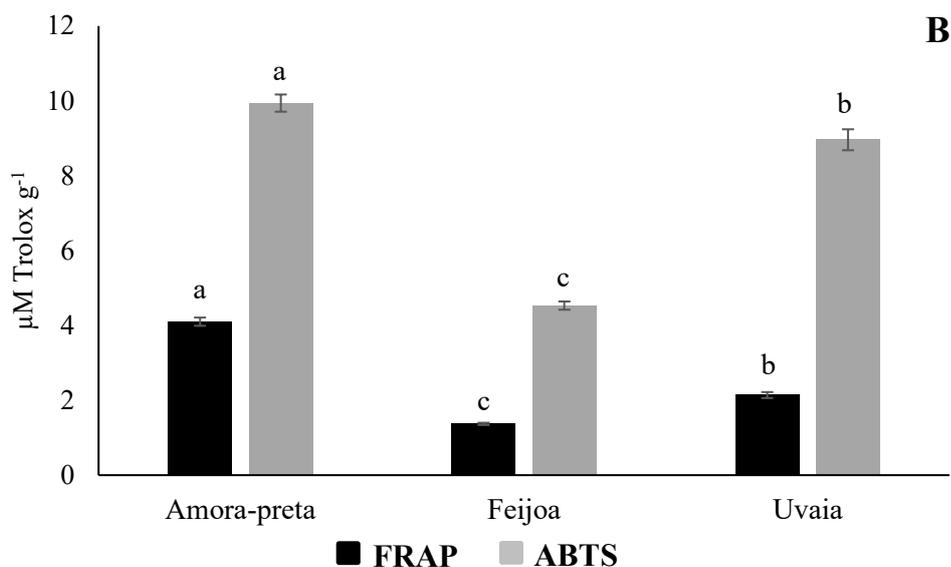
quantitativo para intensidade das cores perceptíveis aos humanos. Por outro lado, o ângulo hue (h^*) é um atributo qualitativo, que tem relação com expressões como avermelhadas, amareladas, azuladas e esverdeadas, sendo mais indicativo da cor do que os parâmetros a^* e b^* (CÖMERT; MOGOL; GÖKMEN, 2020). A partir desses resultados pode-se observar que a polpa de amora-preta tendeu à uma coloração avermelhada, e as polpas de feijoa e uvaia tenderam à uma coloração amarelada. Vale destacar, que a cor das polpas é um fator importante a ser considerado para uma potencial aplicação em diferentes produtos alimentícios.

3.2 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO*

O teor de compostos fenólicos totais (CFT) e a capacidade antioxidante *in vitro* das frutas estão apresentados na Figura 1, sendo observadas diferenças ($p < 0,05$) entre as amostras para os parâmetros avaliados.

Figura 1 – Teor de compostos fenólicos totais (A) e capacidade antioxidante *in vitro* (B) das polpas de frutas exóticas.





Fonte: Próprio autor (2021). Os valores foram expressos em base úmida, como média \pm desvio padrão ($n = 3$). ^{a, b, c} diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$) para o mesmo método.

Os valores de compostos fenólicos totais variaram entre 30,39 e 187,04 (mg EAG/100g) nas amostras. Os resultados deste estudo são superiores aos apresentados para vários frutos exóticos, como bacuri (23,8 mg EAG/100g) (RUFINO *et al.*, 2010), sapoti (13,5 mg EAG/100g), ciruela (55,0 mg EAG/100g) (ALMEIDA *et al.*, 2011) e araçá-boi (116,43 mg EAG/100g) (DE ARAÚJO *et al.*, 2020). Entre os frutos estudados, a amora-preta apresentou maior concentração de compostos fenólicos totais ($187,04 \pm 9,58$ mg EAG/100g) ($p < 0,05$). Por outro lado, o teor de compostos fenólicos totais da polpa de feijoa ($30,39 \pm 1,21$ mg EAG/100g) foi inferior ao relatado por Amarante *et al.* (2017) em polpa de feijoa da variedade Helena ($75,7$ mg EAG/100g), utilizando diferentes agentes extratores. Já a polpa de uvaia apresentou um valor de CFT de $70,82 \pm 3,72$ mg EAG/100g. Sganzerla *et al.* (2018), relataram valores que variaram de 34,70 a 189,41 mg GAE/100g para polpa de uvaia, utilizando diferentes metodologias de extração.

Quanto aos resultados de capacidade antioxidante, dentre as três polpas avaliadas, a de amora-preta destacou-se por apresentar maior potencial antioxidante ($p < 0,05$), independentemente do método utilizado (ABTS⁺, $9,94 \pm 0,23$ µM TEAC/g e FRAP, $4,10 \pm 0,11$ µM TEAC/g). A atividade antioxidante avaliada pelo método ABTS foi superior a relatada por Soethe *et al.* (2016) em amora-preta das variedades Tupy e Guarani. A polpa de feijoa apresentou os menores ($p < 0,05$) valores de capacidade antioxidante (ABTS⁺, $4,53 \pm 0,11$ µM TEAC/g e FRAP, $1,37 \pm 0,03$ µM TEAC/g) entre as frutas avaliadas. De acordo com Castelucci,

Da Silva e Spoto (2020) isto pode estar relacionado com a etapa de processamento dos frutos da feijoa, onde pode-se observar que ocorre a degradação dos compostos bioativos devido ao processo oxidativo promovido por reações enzimáticas, o que influencia diretamente na atividade antioxidante deste fruto. Com relação à capacidade antioxidante da polpa de uvaia (ABTS⁺, $8,96 \pm 0,28 \mu\text{M TEAC/g}$ e FRAP, $2,14 \pm 0,08 \mu\text{M TEAC/g}$), valores mais expressivos foram obtidos neste estudo quando comparados aos resultados de Castelucci, Da Silva e Spoto (2020), em frutos de uvaia coletados na Região Sudeste do Brasil. Segundo Björkman *et al.* (2011) a atividade antioxidante dos frutos é afetada pelo tipo de solo, sistema de produção e condições climáticas.

3.3 POLIFENÓIS INDIVIDUAIS

O perfil fenólico das polpas de amora-preta, feijoa e uvaia estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Concentração dos compostos fenólicos individuais das polpas de frutas exóticas.

| Compostos fenólicos (mg/100g) | Amora-preta | Feijoa | Uvaia |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| <i>Ácidos Hidroxibenzóicos</i> | | | |
| Ácido gálico | $33,54 \pm 0,44^a$ | $<0,08^*$ | $4,26 \pm 0,14^b$ |
| Protocateico | $30,36 \pm 2,14$ | $<0,07^*$ | $<0,07^*$ |
| Vanílico | $1,95 \pm 0,06^a$ | $<0,11^*$ | $0,54 \pm 0,02^b$ |
| Siríntrico | $25,99 \pm 3,62^a$ | $0,27 \pm 0,02^c$ | $1,51 \pm 0,03^b$ |
| Elágico | $9,85 \pm 0,39^a$ | $3,77 \pm 0,11^b$ | $1,63 \pm 0,11^c$ |
| <i>Ácidos Hidroxicinâmicos</i> | | | |
| Trans-caftárico | $0,47 \pm 0,03^a$ | $0,14 \pm 0,01^b$ | $<0,07^*$ |
| Cafeico | $0,97 \pm 0,03^b$ | $1,32 \pm 0,13^a$ | $<1,01^*$ |
| p-cumárico | $0,06 \pm 0,01$ | $<0,42^*$ | $<0,42^*$ |
| Ferúlico | $1,76 \pm 0,02^b$ | $0,41 \pm 0,01^c$ | $2,03 \pm 0,05^a$ |
| <i>Flavonóis</i> | | | |
| (+)-Catequina | $8,23 \pm 0,23^a$ | $3,62 \pm 0,12^c$ | $6,54 \pm 0,39^b$ |
| (-)-Epicatequina | $15,72 \pm 0,16^b$ | $18,29 \pm 0,86^a$ | $4,43 \pm 0,27^c$ |
| Miricetina | $1,00 \pm 0,03$ | $<0,11^*$ | $<0,11^*$ |
| Quercetina | $0,43 \pm 0,01^b$ | $0,98 \pm 0,03^a$ | $0,38 \pm 0,00^c$ |

| | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Campferol | 2,30 ± 0,01 ^c | 2,87 ± 0,03 ^b | 5,63 ± 0,22 ^a |
| <i>Antocianinas</i> | | | |
| Cianidina-3-O-glicosideo | 635,92 ± 19,41 | nd | nd |
| Cianidina-3,5-diglicosideo | <0,05* | nd | nd |
| Delfinidina-3-O-glicosideo | <0,10* | nd | nd |
| Malvidina-3,5-diglicosideos | <0,05* | nd | nd |
| Peonidin-3-O-glicosideo | <0,01* | nd | nd |
| Malvidina-3-O-glicosideo | <0,23* | nd | nd |
| <i>Outros</i> | | | |
| Tirosol | <0,11* | <0,11* | <0,11* |
| Trans-resveratrol | <0,11* | <0,11* | <0,11* |

Fonte: Próprio autor (2021). Os valores foram expressos em base úmida, como média ± desvio padrão (n = 3). ^{a, b, c} diferentes letras minúsculas na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras (p < 0,05). nd: não detectado * Limite de quantificação do método.

Pode-se observar que houve diferença significativa (p < 0,05) na composição fenólica (n=15) das frutas avaliadas. A polpa de amora-preta apresentou, de modo geral, valores mais expressivos, o Ácido Gálico foi o principal ácido fenólico presente na amora-preta, seguido dos ácidos Protocateico, Siríngico, Elágico E Vanílico. Zahrani, El-Shishtawy e Asiri (2020) relataram que o ácido gálico é comumente encontrado em amoras-pretas, e apresenta diversas atividades biológicas, sendo considerada uma substância antioxidante, antibacteriana, antifúngica, antiviral, antiinflamatória e antidiabética. Os teores de Ácido Gálico, Ácido Siríngico, (+)-Catequina, (+)-Epicatequina encontrados foram superiores aos relatados por Schulz *et al.* (2019) ao estudarem a amora-preta (*R. ulmifolius*). Entre as classes das antocianinas, a principal identificada foi a cianidina-3-O-glicosideo. De acordo com Zhou *et al.* (2020), a cianidina-3-O-glucosideo possui alta atividade fisiológica, demonstrando ser um bom inibidor enzimático, com potencial atividade neuroprotetora, antioxidante e antidiabética.

O principal composto quantificado na polpa de feijoa foi a (-)-Epicatequina, seguido do Ácido Elágico, (+)-Catequina, Campferol E Ácido Cafeico. Peng *et al.* (2020) ao avaliarem suco de feijoa da Nova Zelândia identificaram como compostos fenólicos majoritários a Procianidina B1 e a (+)-Catequina, no entanto, não detectaram o Campferol e Ácido Cafeico. Sabe-se que o Campferol é amplamente identificado em frutas e vegetais e o seu consumo promove diversos benefícios a saúde humana, como a redução doenças crônicas, por meio da ação antioxidante contra os radicais livres (CHEN; CHEN, 2013). Por sua vez, o

ácido cafeico é encontrado em diversas plantas, sendo reconhecido por sua atividade antioxidante e pela prevenção de doenças cardiovasculares (KFOURY *et al.*, 2019).

Os compostos fenólicos majoritários encontrados na polpa da uvaia foram a (+)-Catequina, Campferol, (-)-Epicatequina e o Ácido Gálico. Haminiuk *et al.* (2014) relatam que em polpas de uvaia cultivadas na região Sudeste do Brasil, os compostos fenólicos majoritários foram o Ácido Gálico, Ácido Clorogênico, Ácido Cafeico, *p*-cumarico, Ácido Ferúlico, Rutina, Mirecitina, Quercitina e Campferol. Vale destacar que o teor de Campferol encontrado no presente estudo foi superior ao relatado por estes autores.

A (+)-Catequina foi o composto fenólico majoritário na polpa de uvaia, até então não relatada na literatura (HAMINIUK *et al.*, 2014; KARWOWSKI *et al.*, 2013; KFOURY *et al.*, 2019), além disso, este polifenol foi identificado nas polpas de amora-preta e de feijoa. As catequinas são pertencentes à classe dos flavonoides e estudos *in vitro* relatam o potencial benéfico das catequinas em relação à saúde humana, principalmente no controle de doenças degenerativas e cardíacas (GADKARI; BALARAMAN, 2015).

3.4 DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS ALIFÁTICOS E DE AÇÚCARES

Os resultados obtidos para os ácidos orgânicos alifáticos e açúcares nas polpas das frutas exóticas estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Concentração dos ácidos orgânicos (mg/100g) e açúcares (g/100g) das polpas de frutas exóticas.

| Componentes | Amora-preta | Feijoa | Uvaia |
|---------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Ácido cítrico | 21,77 ± 0,76 ^b | 455,60 ± 5,57 ^a | 9,43 ± 0,35 ^c |
| Ácido málico | 267,2 ± 4,67 ^b | 65,36 ± 3,18 ^c | 553,00 ± 10,34 ^a |
| Glicose | 3,70 ± 0,10 ^a | 2,10 ± 0,06 ^b | 1,70 ± 0,01 ^c |
| Frutose | 4,90 ± 0,01 ^a | 2,50 ± 0,05 ^c | 3,10 ± 0,01 ^b |
| Sacarose | < 0,02* | 6,54 ± 0,01 | < 0,07** |

Fonte: Próprio autor (2021). Os valores foram expressos em base úmida, como média ± desvio padrão (n = 3).^{a, b,}

^c diferentes letras minúsculas na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras (p < 0,05).

* Limite de detecção do método. **Limite de quantificação do método.

Dos 14 ácidos orgânicos investigados, apenas os ácidos cítrico e málico foram identificados nas amostras, sendo que, o ácido cítrico foi majoritário (p < 0,05) na polpa de

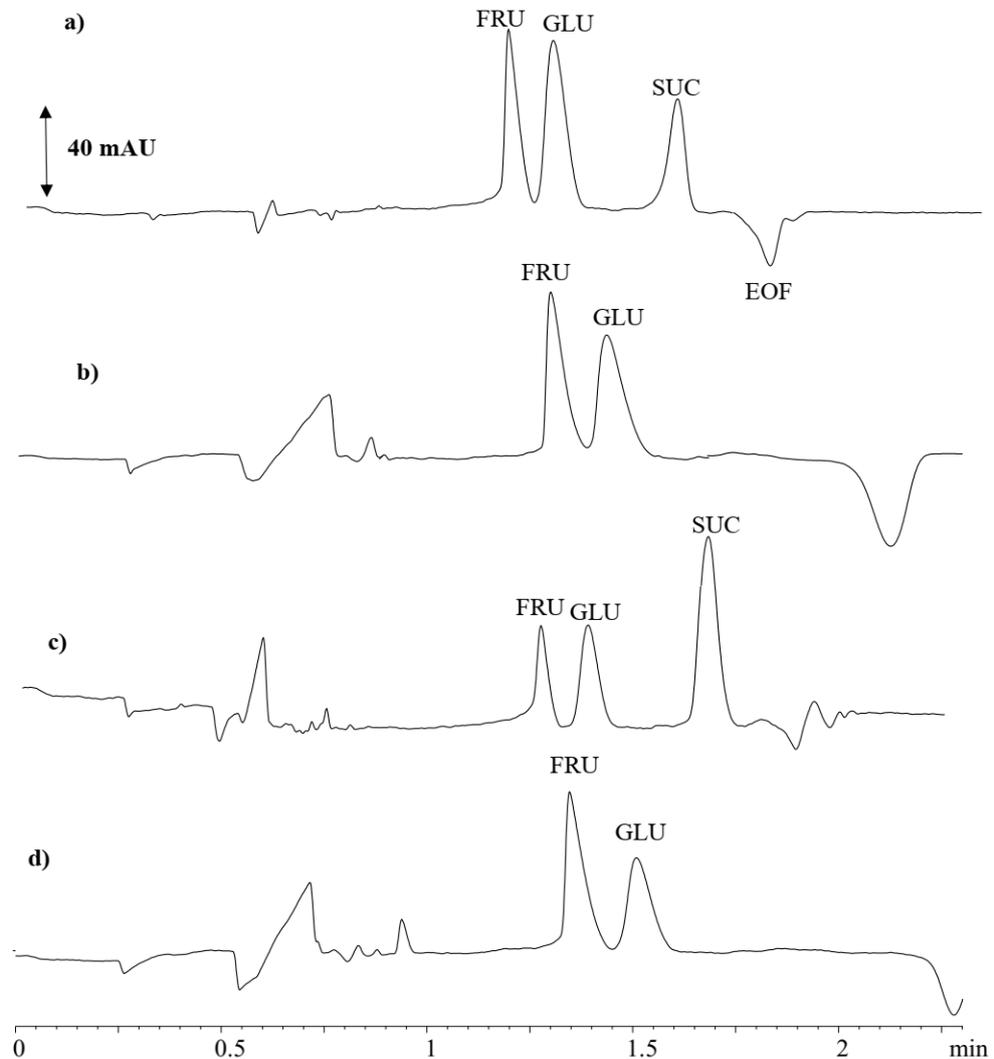
feijoa, enquanto o ácido málico foi predominante ($p < 0,05$) nas polpas de amora-preta e uvaia. Horvitz, Chanaguano e Arozarena (2017), ao avaliarem amoras-pretas andinas, também encontraram os ácidos málico e cítrico (valores médios de 293,71 mg/100g e 1354,97 mg/100g, respectivamente) como os principais ácidos orgânicos nas frutas estudadas. Silva *et al.*, (2019) também identificaram teores significativos de ácido cítrico e ácido málico em polpas de uvaia (valores médios de 39,46 mg/100g e 34,70 mg/100g, respectivamente), sendo que o ácido málico foi o predominante na maioria das variedades estudadas. Os valores encontrados para o ácido málico podem estar relacionados com a maior disponibilidade de incidência solar nas regiões de elevada altitude (MENEGUZZI *et al.*, 2020), o que pode influenciar no aumento de íons de malato nos frutos (JÚNIOR *et al.*, 2014).

Os elevados teores de ácidos orgânicos observados neste estudo podem ser justificados devido ao clima da região de elevada altitude do Sul do Brasil, que apresenta grande amplitude térmica, com noites frias e temperaturas médias anuais de 20 °C, ao contrário de regiões de temperaturas mais elevadas, nas quais, os frutos, durante o processo de maturação, utilizam maiores quantidades de ácidos orgânicos como substratos para a respiração celular (MENEGUZZI *et al.*, 2020).

Com relação aos resultados dos açúcares, as polpas de amora-preta e uvaia apresentaram a frutose como o açúcar predominante, representando 59,98% e 64,58%, respectivamente, da composição de açúcares analisada. No caso da polpa de feijoa o açúcar predominante foi a sacarose, que representou 58,71% da composição de açúcares determinado, sendo a polpa que apresentou o maior teor de açúcares totais (11,14 g/100g). Em estudo de Schulz e Chim (2019) a frutose também foi o açúcar majoritário em diferentes espécies de amoras (*R. ulmifolius Schott*, *R. fruticosus L.*, *R. adenotrichus Schltl.*, *R. glaucus Benth*), porém, observaram uma grande discrepância entre os teores de açúcares presentes nas diferentes espécies (entre 15,5 e 76,1 g/100g). A polpa de uvaia apresentou valores de açúcares inferiores ao relatado por Silva *et al.* (2019) (valores médios de 14,89 g/100g) para as variedades de uvaia Comum, Doce de Patos de Minas, Dura, Pêra, Rugosa e Rugosa Doce.

A figura 2 apresenta os eletroferogramas dos açúcares avaliados para a amora-preta, feijoa e uvaia.

Figura 2 - Eletroferogramas dos açúcares em: (a) condições experimentais para os padrões de açúcares, (b) polpa de amora-preta, (c) polpa de feijoa e (d) polpa de uvaia.



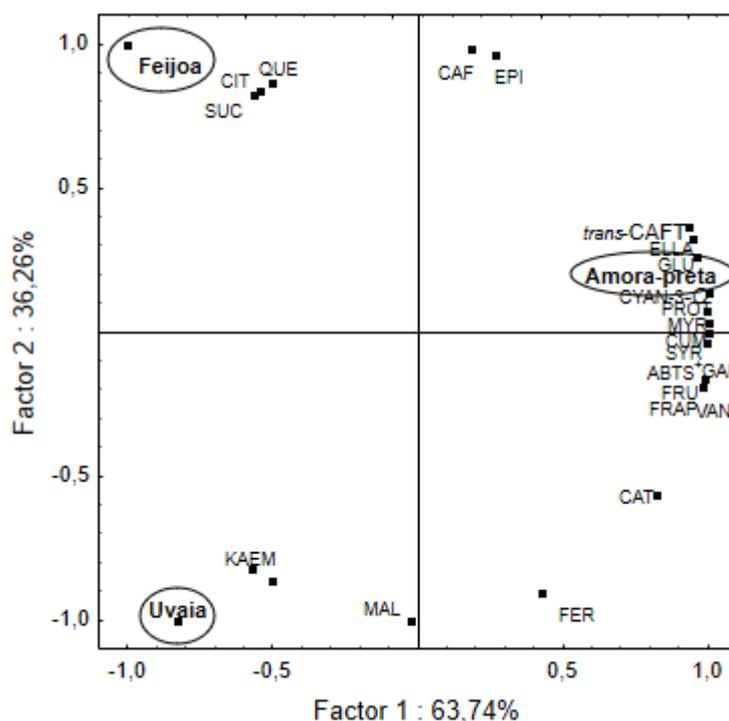
Fonte: Próprio autor (2021). FRU: Frutose; GLU: Glicose; SUC: Sacarose. EOF: fluxo eletro osmótico.

Jawad *et al.* (2020) relatam que a variação dos teores de açúcares, bem como dos ácidos orgânicos em frutas da mesma espécie, pode estar relacionada com os estágios de maturação dos frutos, condições ambientais e fito-hormônios.

3.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Os resultados obtidos neste estudo, demonstram que as polpas de frutas exóticas analisadas apresentam perfis distintos, com isso foi realizada a análise de componentes principais (ACP) a fim de avaliar se as amostras de frutas exóticas apresentam composições distintas. A ACP (Figura 3) foi realizada utilizando dados da capacidade antioxidante, compostos fenólicos individuais, açúcares e ácidos orgânicos que apresentaram diferenças significativas entre as amostras de frutas analisadas ($p < 0,05$).

Figura 3 - Análise de componentes principais dos parâmetros de compostos fenólicos individuais, capacidade antioxidante, açúcares e ácidos orgânicos para as polpas de frutas exóticas.



Fonte: Próprio autor (2021). GAE: Ácido Gálico; PROT: Protocateico; VAN: Vanílico; SYR: Siríngico; ELLA: Elágico; *trans*-CAFT: *Trans*-caftárico; CAF: Cafeico; CUM: *p*-Cumárico; Cyan-3-*O*: Cianidina-3-*O*-glicosídeo; FER: Ferulíco; CAT: (+)-Catequina; EPI: (-)-Epicatequina; MYR: Miricetina; QUE: Quercetina; KAEM: Campferol; GLU: Glicose FRU: Frutose; SUC: Sacarose; CIT: Ácido Cítrico; MAL: Ácido Málico.

A ACP foi constituída de dois componentes principais (PC1 e PC2) que explicaram 100% da variabilidade dos dados, sendo que o PC1 explicou a maior parte da variabilidade dos dados (63,74%) e o PC2 explicou 36,26% da dispersão total. Com base nestes resultados pode-se observar que houve uma separação clara entre as amostras de frutas exóticas analisadas. A maioria dos compostos fenólicos, tais como Ácido Gálico, Vanílico, Elágico, Ferulíco, (+) -

Catequina, Siríngico, Cianidina-3-*O*-Glicosídeo, Cafeíco, (-)-Epicatequina, *Trans*-Caftárico, Protocateico, *p*-Cumárico, Miricetina, capacidade antioxidante (ABTS⁺ e FRAP), glicose e frutose, estão associados com a polpa de amora-preta. A polpa de feijoa apresentou associação com o ácido cítrico, a Quercetina e a sacarose, e a polpa de uvaia apresentou associação com o Campferol e o ácido málico. Vale ressaltar que a amora-preta apresentou maior associação com os compostos fenólicos e os monossacarídeos, glicose e frutose.

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo revelaram que as polpas de amora-preta, feijoa e uvaia apresentam um perfil de polifenóis distintos, sendo que a polpa de uvaia se destacou pela presença de (+)-Catequina, até então não relatada na literatura para esta fruta. Além disso, as polpas avaliadas apresentaram alta capacidade antioxidante. Com relação ao perfil de ácidos orgânicos, o ácido cítrico foi o majoritário na polpa de feijoa enquanto o ácido málico foi encontrado em maiores concentrações nas polpas de uvaia e amora-preta. A polpa de feijoa destacou-se por apresentar elevados teores de glicose, frutose e sacarose, sendo a única, entre as amostras avaliadas, a quantificar valores para esse dissacarídeo. Por fim, através da análise de componentes principais pode-se observar que houve uma separação clara entre as três polpas avaliadas de acordo com a composição química, sendo que a polpa da amora-preta apresentou maior associação com os compostos fenólicos e os monossacarídeos.

A partir deste estudo pôde-se concluir que as polpas analisadas apresentam promissor potencial de utilização no desenvolvimento de novos produtos, visando a valorização e conservação destas espécies, auxiliando em estudos pós-colheita, além de proporcionar novas alternativas de comercialização aos pequenos produtores da região Sul do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. M. B. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155–2159, 2011.
- AMARANTE, C. V. T. *et al.* Phenolic content and antioxidant activity of fruit of Brazilian genotypes of feijoa. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1223–1230, 2017.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 17 ed. Arlington, 2005. v. 2, 474p.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70–76, 1996.
- BJÖRKMAN, M. *et al.* Phytochemicals of *Brassicaceae* in plant protection and human health - Influences of climate, environment and agronomic practice. **Phytochemistry**, v. 72, n. 7, p. 538–556, 2011.
- BRUGNEROTTO, P. *et al.* A capillary electrophoresis method to determine aliphatic organic acids in bracing honeydew honey and floral honey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 82, n. June, p. 103243, 2019.
- BURIN, V. M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: Evaluation of different extraction methods. **Microchemical Journal**, v. 114, p. 155–163, 2014.
- CANUTO, G. A. B. *et al.* Caracterização físico-química de polpas de frutos da amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1196–1205, 2010.
- CASTELUCCI, A. C. L.; DA SILVA, P. P. M.; SPOTO, M. H. F. Bioactive compounds and in vitro antioxidant activity of pulps from fruits from the Brazilian atlantic forest. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 42, n. 1, p. 1–8, 2020.
- CHEN, A. Y.; CHEN, Y. C. A review of the dietary flavonoid, kaempferol on human health and cancer chemoprevention. **Food Chemistry**, v. 138, n. 4, p. 2099–2107, 2013.
- CÖMERT, E. D.; MOGOL, B. A.; GÖKMEN, V. Relationship between color and antioxidant capacity of fruits and vegetables. **Current Research in Food Science**, v. 2, p. 1–10, 2020
- DANTAS, A. M. *et al.* Bioaccessibility of phenolic compounds in native and exotic frozen pulps explored in Brazil using a digestion model coupled with a simulated intestinal barrier. **Food Chemistry**, v. 274, n. May 2018, p. 202–214, 2019.
- DE ARAÚJO, F. F. *et al.* Influence of high-intensity ultrasound on color, chemical composition and antioxidant properties of araçá-boi pulp. **Food Chemistry**, v. online, p. 127747, 2020.

FERNANDES, F. A. N. *et al.* Drying of Exotic Tropical Fruits: A Comprehensive Review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 2, p. 163–185, 2011.

GADKARI, P. V.; BALARAMAN, M. Catechins: Sources, extraction and encapsulation: A review. **Food and Bioproducts Processing**, v. 93, n. August 2013, p. 122–138, 2015.

GOISSER, S. *et al.* Comparison of colorimeter and different portable food-scanners for non-destructive prediction of lycopene content in tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 167, n. March, p. 111232, 2020.

HAMINIUK, C. W. I. *et al.* Extraction and quantification of phenolic acids and flavonols from *Eugenia pyriformis* using different solvents. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 10, p. 2862–2866, 2014.

HORVITZ, S.; CHANAGUANO, D.; AROZARENA, I. Andean blackberries (*Rubus glaucus* Benth) quality as affected by harvest maturity and storage conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 226, n. September, p. 293–301, 2017.

JAWAD, U. M. *et al.* Expression pattern of sugars and organic acids regulatory genes during watermelon fruit development. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p. 109102, 2020.

JÚNIOR, M. J. P. *et al.* Curva de maturação e estimativa do teor de sólidos solúveis e acidez total em função de graus-dia: Uva iac 138-22 “Máximo”. **Bragantia**, v. 73, n. 1, p. 81–85, 2014.

KARWOWSKI, M. *et al.* Characterization of tropical fruits: Rheology, stability and phenolic compounds. **Acta Alimentaria**, v. 42, n. 4, p. 586–598, 2013.

KFOURY, M. *et al.* Effect of cyclodextrin and cosolvent on the solubility and antioxidant activity of caffeic acid. **Food Chemistry**, v. 278, n. August 2018, p. 163–169, 2019.

MARSH, M. **Blueberries: Harvesting methods, antioxidant properties and health effects**. 1. ed. New York: Nova Science Publishers, 2016.

MENEGUZZI, A. *et al.* Fertility of buds and pruning recommendation of different grapevine varieties grown in altitude regions of Santa Catarina State, Brazil. **Revista Ceres**, v. 67, n. 1, p. 30–34, 2020.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 36–60, 2013.

PENG, Y. *et al.* Characterization of phenolic compounds and aroma active compounds in feijoa juice from four New Zealand grown cultivars by LC-MS and HS-SPME-GC-O-MS. **Food Research International**, v. 129, n. November 2019, p. 108873, 2020.

PEREIRA, M. C. *et al.* Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061–3067, 2012.

- RAWDKUEN, S. et al. Application of anthocyanin as a color indicator in gelatin films. **Food Bioscience**, v. 36, n. February 2018, p. 100603, 2020.
- RE, R. et al. Antioxidant Activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231–1237, 1999.
- REVILLA, I. et al. Identification of anthocyanin derivatives in grape skin extracts and red wines by liquid chromatography with diode array and mass spectrometric detection. **Journal of Chromatography A**, v. 847, n. 1–2, p. 83–90, 1999.
- RIZELIO, V. M. et al. Development of a fast capillary electrophoresis method for determination of carbohydrates in honey samples. **Talanta**, v. 93, p. 62–66, 2012.
- RUFINO, M. DO S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.
- SCHIASSI, M. C. E. V. et al. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, v. 245, n. June 2017, p. 305–311, 2018.
- SCHULZ, M. et al. Blackberry (*Rubus ulmifolius* Schott): Chemical composition, phenolic compounds and antioxidant capacity in two edible stages. **Food Research International**, v. 122, n. June 2018, p. 627–634, 2019.
- SCHULZ, M.; CHIM, J. F. Nutritional and bioactive value of *Rubus* berries. **Food Bioscience**, v. 31, n. November 2018, p. 100438, 2019.
- SGANZERLA, W. G. et al. Nutritional, physicochemical and antimicrobial properties of uvaia pulp (*Eugenia pyriformis* Cambess). **Communications in Plant Sciences**, v. 8, p. 1–7, 2018.
- SILVA, A. P. G. et al. Chemical composition, nutritional value and bioactive compounds in six uvaia accessions. **Food Chemistry**, v. 294, n. November 2018, p. 547–556, 2019.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 50, p. 144–158, 1965.
- SOETHE, C. et al. Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de amoras-pretas “Tupy” e “Guarani” armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 8, p. 950–957, 2016.
- WÜRZ, D. A. et al. Evaluation of bud fertility from grapevine varieties cultivated in high altitude region of Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 81–86, 2019.
- YAHIA, E. M. **Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health**. 2. ed. Mexico: Willey Blackwell, 2018.

ZAHRANI, N. A. A. L.; EL-SHISHTAWY, R. M.; ASIRI, A. M. Recent developments of gallic acid derivatives and their hybrids in medicinal chemistry: A review. **European Journal of Medicinal Chemistry**, p. 112609, 2020.

ZHOU, X. J. *et al.* A novel microfluidic aqueous two-phase system with immobilized enzyme enhances cyanidin-3-O-glucoside content in red pigments from mulberry fruits. **Biochemical Engineering Journal**, v. 158, n. February, 2020.

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE AMORA-PRETA (*Rubus spp.*), FEIJOA (*Acca sellowiana*) E UVAIA (*Eugenia pyriformis* Cambess) NO PROCESSO FERMENTATIVO E NAS CARACTERÍSTICAS DOS HIDROMÉIS

RESUMO

O hidromel é uma bebida alcoólica resultante da fermentação do mel diluído em água. Visando diversificar a bebida, frutas podem ser adicionadas ao mosto, influenciando diretamente a composição química do produto. Entretanto, não existem relatos da utilização de frutas exóticas da região Sul do Brasil na elaboração de hidromel, nem os seus efeitos nas propriedades fermentativas e nas características desta bebida. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da adição de polpas de amora-preta (*Rubus spp.*), feijoa (*Acca sellowiana*) e uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) no processo fermentativo de hidromel, além de caracterizar as bebidas maturadas (30 dias) em relação aos parâmetros físico-químicos, composição de ácidos orgânicos alifáticos e de açúcares, teor de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro*. As diferentes frutas exóticas utilizadas neste estudo influenciaram as propriedades fermentativas, em especial a atividade da levedura nos primeiros 7 dias de fermentação. Verificou-se também influência sobre as características químicas de pH e dos teores de ácidos málico, succínico e láctico. Além disso, durante o processo fermentativo e após a maturação, as bebidas com polpa de frutas apresentaram teores inferiores de ácido acético em relação à amostra controle. Em relação às características químicas dos hidroméis pode-se observar que a adição das polpas de fruta resultou em bebidas com propriedades distintas, sendo que as amostras adicionadas de polpas de feijoa e uvaia apresentaram uma forte associação com os ácidos cítrico e glucônico e os açúcares, e a amostra contendo polpa de amora-preta destacou-se em relação ao teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante *in vitro*. Vale destacar que a utilização de frutas exóticas, como a amora-preta, a feijoa e uvaia no processo de elaboração do hidromel influenciou positivamente as características químicas do produto, sendo uma alternativa de valorização de matérias-primas pouco exploradas da região Sul do Brasil.

Palavras-chaves: Bebida fermentada. Frutas exóticas. Mel. Melomel. Fermentação alcoólica.

1 INTRODUÇÃO

O hidromel é uma bebida alcoólica resultante da fermentação do mosto do mel diluído em água, sendo que a sua taxa de fermentação pode variar em função do tipo de mel, da cepa de levedura empregada, além do pH, temperatura de fermentação e condições nutricionais do mosto (AKALIN; BAYRAM; ERTAN, 2017). Assim, a composição do hidromel e as características do produto são influenciadas pelos ingredientes utilizados, além do processo fermentativo e dos tratamentos realizados após a fermentação (GUPTA; SHARMA, 2009; KAHOUN; ŘEZKOVÁ; KRÁLOVSKÝ, 2017). Em relação à composição do hidromel, destacam-se os açúcares, ácidos orgânicos, compostos fenólicos e atividade antioxidante (ADAMENKO *et al.*, 2018; ŠVECOVÁ *et al.*, 2015).

Atualmente estudos têm investigado o efeito da adição de frutas, ervas e especiarias na composição do hidromel (AMORIM *et al.*, 2018; KAWA-RYGIELSKA *et al.*, 2019). Entretanto, não existem relatos da utilização de frutas exóticas da região Sul do Brasil na elaboração do hidromel, nem os seus efeitos nas propriedades fermentativas e nas características desta bebida. Dentre as principais frutas exóticas encontradas no Sul do Brasil, destacam-se as frutas nativas, como a feijoa (*Acca sellowiana*) e a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess), e não-nativas, como a amora-preta (*Rubus* spp), que apresentam um grande potencial de aplicação em bebidas alcoólicas. Pesquisas relatam a complexa composição destas frutas, que ainda são subutilizadas pela indústria de alimentos, mas que apresentam diferentes vitaminas, minerais, açúcares, ácidos orgânicos, polifenóis e compostos com atividade antioxidante (CASTELUCCI; DA SILVA; SPOTO, 2020; PEREIRA *et al.*, 2014; SCHULZ *et al.*, 2019).

Diante deste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a influência da adição de polpas de amora-preta, feijoa e uvaia no processo fermentativo de hidromel, além de caracterizar as bebidas maturadas em relação aos parâmetros físico-químicos, composição de ácidos orgânicos e açúcares, teor de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 REAGENTES QUÍMICOS

Os padrões analíticos de ácidos orgânicos (maleico, malônico, fumárico, tartárico, fórmico, cítrico, málico, glicólico láctico, glucônico, succínico, glutárico, acético e propiônico) e açúcares (glicose, frutose e sacarose), além do ácido gálico, ácido sórbico, brometo de cetiltrimetilamônio, radical ABTS [2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)], TPTZ (2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine), Trolox ((±)-6-Hydroxy-2,5,7,8 tetramethylchromane-2-carboxylic acid), reagente de Folin-Ciocalteu e metanol foram adquiridos da Sigma-Aldrich (St. Louis, Missouri, E.U.A.). O hidróxido de sódio foi adquirido da Neon Comercial (Suzano, Brazil). Água ultrapura foi obtida através de um sistema Milli-Q[®] (Millipore, Bedford, MA, E.U.A.) e utilizada no preparo das soluções.

2.2 AMOSTRAS DE FRUTOS E DE MEL

Os frutos da amora-preta (variedade Tupy) foram coletados em dezembro de 2018 na cidade de Urubici (Santa Catarina, Brasil) (28°01'645"S 49°60'37.1"W - 918 m de altitude). Para a obtenção da polpa, os frutos foram higienizados com hipoclorito de sódio (100 mg/L) e triturados em um mixer (M-07, Mondial, Conceição do Jacuípe, Brasil) por 1 min. Os frutos da feijoa (variedade Helena) foram coletados em abril de 2019 na cidade de São Joaquim (28°16'28.9"S 49°55'52.0"W - 1415 m altitude), higienizados com hipoclorito de sódio (100 mg/L), despulpados manualmente, sendo as sementes removidas com auxílio de despulpadeira elétrica (Modelo 56B0478, Eletromotores WEG S.A., Jaraguá do Sul, Brasil). Os frutos da uvaia foram coletados em fevereiro de 2019 na cidade de Urupema (Santa Catarina, Brasil) (28°01'27.5"S 49°56'23.6"W - 1248 m de altitude) e higienizados com hipoclorito de sódio (100 mg/L). A retirada da polpa foi realizada em despulpadeira elétrica (modelo DP-50, Tomasi, São Paulo, Brasil). As amostras de cada fruta foram armazenadas separadamente, em sacos de polietileno e congeladas (-18 °C).

Utilizou-se mel comercial silvestre (Apiário Real, São Joaquim, Brasil) (*Apis mellifera*) para a elaboração dos mostos do hidromel. As características físico-químicas (sólidos solúveis totais, pH e teor de açúcar) das amostras de mel e das polpas de frutas utilizadas para a elaboração dos mostos estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Teor de sólidos solúveis totais (SST, ° Brix), pH e teor de açúcares (g/100g) do mel e das polpas de amora-preta, feijoa e uvaia utilizadas para elaboração do mosto.

| Parâmetros | Mel | Polpa de amora-preta | Polpa de feijoa | Polpa de uvaia |
|-----------------|--------------|----------------------|-----------------|----------------|
| SST | 80,37 ± 0,06 | 10,07 ± 0,06 | 10,53 ± 0,06 | 5,30 ± 0,10 |
| pH | 3,98 ± 0,02 | 3,04 ± 0,01 | 3,44 ± 0,00 | 3,18 ± 0,01 |
| Frutose | 34,61 ± 3,50 | 4,90 ± 0,01 | 2,50 ± 0,05 | 3,10 ± 0,01 |
| Glicose | 26,20 ± 2,40 | 3,70 ± 0,10 | 2,10 ± 0,06 | 1,70 ± 0,01 |
| Sacarose | < 0,07* | < 0,07* | 6,54 ± 0,01 | < 0,07* |

Fonte: Próprio autor (2021). SST: Sólidos solúveis totais *Limite de quantificação do método.

2.3 PROCESSO DE FERMENTAÇÃO

Os mostos foram elaborados de acordo com a metodologia proposta por Roldán *et al.* (2011), com modificações. O mel comercial (*Apis mellifera*) foi diluído em água mineral (Imperatriz, Santo Amaro da Imperatriz, Brasil) até obter-se um mosto com aproximadamente 22 °Brix (amostra controle). Em todos os mostos foram adicionados metabissulfito de potássio (50 mg/L) (Neon Comercial, Suzano Brasil), nutriente (0,3 g/L) (Gesferm Plus, Amazon Group, Bento Gonçalves, Brasil) e cultura comercial de *Saccharomyces bayanus* (Premier Blanc, Red Star, Bélgica) (1 g/L), preparada de acordo com a recomendação do fabricante. Com base em testes preliminares, foram elaboradas quatro formulações de hidromel: uma sem adição de polpa (HC) e três contendo polpas de frutas, adicionadas de 10% (m/v) de polpa de amora-preta (HA), 10% (m/v) de polpa feijoa (HF) e 10% (m/v) de polpa de uvaia (HU).

O processo fermentativo foi realizado em fermentadores de vidro com capacidade para 2000 mL, em incubadora BOD (TE-371, Tecnal, Piracicaba, Brasil) a 22°C e acompanhado durante 19 dias, através de medidas de sólidos solúveis totais e da pesagem dos fermentadores, conforme relatado Sroka e Tuszyński, (2007) em que a diferença do peso dos fermentadores não deveria ser maior que um grama, para finalizar o processo. Ao final da fermentação, os hidroméis foram refrigerados (5 °C), e na sequência filtrados e engarrafados em garrafas de vidro de coloração verde, e vedados com rosca do tipo *screw cap*. A maturação das bebidas foi realizada por 30 dias a 5 °C ao abrigo da luz.

2.4 AVALIAÇÃO DA CONTAGEM DE CÉLULAS DE LEVEDURA

A avaliação da contagem de células da levedura comercial foi realizada periodicamente, a cada quatro dias, nos mostos durante o processo fermentativo, de acordo com a metodologia proposta por Roldán *et al.* (2011), utilizando uma Câmara de Neubauer com visualização em microscópio óptico. Empregou-se uma solução de azul de metileno (2%) para identificar as células ativas, das não ativas.

2.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE COR

O pH e os sólidos solúveis totais foram avaliados a cada quatro dias ao longo da fermentação (19 dias) e após 30 dias de maturação. A determinação do pH foi realizada em potenciômetro (Tec-7, Tecnal, Piracicaba, Brasil) e o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado em refratômetro digital (HI96801, Hanna Instruments, Barueri, Brasil). Após o período de maturação os hidroméis foram avaliados quanto à acidez total (IAL, 2008), SO₂ livre, pelo método Rankine (ZOECKLEIN *et al.*, 1990), teor alcoólico (OIV, 2012) e teor de hidroximetilfurfural (HMF) (BILUCA *et al.*, 2014).

A análise de cor dos hidroméis (após 30 dias de maturação) foi determinada através de colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-400, Minolta, Ozaka, Japão), ajustado para operar com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, previamente calibrado. As leituras foram realizadas em cubeta de vidro, na escala CIELab para os parâmetros L*, a* e b*. Na escala CIELab, o parâmetro L* varia de 0 a 100, indicando uma variação de cor do preto ao branco. Já o parâmetro a* mostra a variação do vermelho (+a*) ao verde (-a*), enquanto o b* pode variar do amarelo (+b*) ao azul (-b*).

2.6 DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS ALIFÁTICOS E AÇÚCARES

Os ácidos orgânicos alifáticos (maleico, malônico, fumárico, tartárico, fórmico, cítrico, málico, glicólico láctico, glucônico, succínico, glutárico, acético e propiônico) foram avaliados a cada quatro dias (durante o processo fermentativo) e após 30 dias de maturação, empregando a metodologia proposta por Brugnerotto *et al.* (2019). Enquanto o teor de açúcares (frutose, glicose e sacarose) foi avaliado após 30 dias de maturação, utilizando a metodologia proposta por Rizelio *et al.* (2012). A determinação destes compostos foi realizada em um

equipamento de eletroforese capilar (modelo 7100, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, E.U.A.), equipado com detector de arranjo de diodos, ajustado em 230 nm (detecção indireta, com referência em 360 nm para inversão de pico). O tratamento dos dados foi realizado no software HP ChemStation® (rev A.06.01). Os resultados dos ácidos orgânicos alifáticos foram expressos em mg/L e dos açúcares em g/100mL.

2.7 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO*

O teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante *in vitro* foram determinados nas amostras de hidromel após 30 dias de maturação. O teor de polifenóis totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). A leitura da absorbância foi realizada a 765 nm em espectrofotômetro UV-VIS (modelo U-1800, Hitachi, Japão) e os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 mL de amostra. A capacidade antioxidante foi determinada pelos métodos de atividade de eliminação de radicais livres ABTS⁺ (RE *et al.*, 1999) e pelo potencial antioxidante redutor férrico (FRAP) (BENZIE; STRAIN, 1996). Os resultados dos ensaios de ABTS e FRAP foram expressos em μ M equivalente de Trolox (TEAC)/ 100mL de amostra.

2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises de variância (ANOVA), teste de Tukey ($p < 0,05$), análise de correlação e análise de componentes principais (ACP) foram realizadas no *software* STATISTICA versão 10.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, E.U.A.). Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em média \pm desvio padrão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO FERMENTATIVO

A Tabela 2 apresenta os dados de acompanhamento do pH, teor de sólidos solúveis totais, além do percentual de células de leveduras ativas e inativas durante o processo fermentativo das amostras de hidromel.

Tabela 2 - Acompanhamento do pH, teor de sólidos solúveis totais (SST) e o percentual de células de leveduras ativas e inativas durante o processo fermentativo das amostras de hidromel.

| Mostos | Dias | pH | SST (° Brix) | Leveduras ativas (%) | Leveduras inativas (%) |
|--------|------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|
| MC | 0 | 4,93 ± 0,02 ^{aA} | 22,20 ± 0,06 ^{aA} | 64,49 | 35,51 |
| | 3 | 3,43 ± 0,03 ^{bA} | 13,60 ± 0,06 ^{bA} | 70,40 | 29,60 |
| | 7 | 3,46 ± 0,03 ^{bA} | 8,40 ± 0,12 ^{cA} | 79,94 | 20,06 |
| | 11 | 3,62 ± 0,05 ^{cdA} | 8,40 ± 0,12 ^{cA} | 58,81 | 41,19 |
| | 15 | 3,59 ± 0,05 ^{cA} | 8,40 ± 0,00 ^{cA} | 12,01 | 87,99 |
| | 19 | 3,69 ± 0,01 ^{dA} | 8,43 ± 0,06 ^{cA} | 7,52 | 92,48 |
| MA | 0 | 3,86 ± 0,01 ^{aB} | 21,20 ± 0,00 ^{aB} | 60,25 | 39,75 |
| | 3 | 3,25 ± 0,01 ^{bB} | 12,10 ± 0,06 ^{bB} | 84,17 | 15,83 |
| | 7 | 3,39 ± 0,02 ^{cB} | 8,10 ± 0,06 ^{cAB} | 79,79 | 20,21 |
| | 11 | 3,49 ± 0,02 ^{cB} | 8,00 ± 0,17 ^{cB} | 57,30 | 42,70 |
| | 15 | 3,52 ± 0,01 ^{cAB} | 8,00 ± 0,10 ^{cB} | 10,25 | 89,75 |
| | 19 | 3,50 ± 0,02 ^{cB} | 7,90 ± 0,44 ^{cB} | 5,04 | 94,96 |
| MF | 0 | 4,13 ± 0,01 ^{aC} | 20,40 ± 0,00 ^{aC} | 64,56 | 35,44 |
| | 3 | 3,36 ± 0,02 ^{bA} | 11,80 ± 0,15 ^{bB} | 78,22 | 21,78 |
| | 7 | 3,38 ± 0,01 ^{bB} | 7,90 ± 0,10 ^{cB} | 83,00 | 17,00 |
| | 11 | 3,57 ± 0,03 ^{cdA} | 7,90 ± 0,10 ^{cB} | 61,16 | 38,84 |
| | 15 | 3,54 ± 0,03 ^{cAB} | 7,90 ± 0,06 ^{cB} | 13,25 | 86,75 |
| | 19 | 3,64 ± 0,03 ^{dAC} | 7,90 ± 0,10 ^{cB} | 5,85 | 94,15 |
| MU | 0 | 4,04 ± 0,01 ^{aD} | 20,70 ± 0,00 ^{aC} | 58,76 | 41,24 |
| | 3 | 3,38 ± 0,03 ^{bA} | 12,10 ± 0,06 ^{bB} | 83,53 | 16,47 |
| | 7 | 3,39 ± 0,05 ^{bB} | 7,70 ± 0,15 ^{cB} | 81,68 | 18,32 |
| | 11 | 3,55 ± 0,04 ^{cAB} | 7,70 ± 0,10 ^{cB} | 52,68 | 47,32 |
| | 15 | 3,64 ± 0,01 ^{dA} | 7,70 ± 0,00 ^{cB} | 9,52 | 90,48 |
| | 19 | 3,57 ± 0,02 ^{cdBC} | 7,70 ± 0,35 ^{cB} | 6,06 | 93,94 |

Fonte: Próprio autor (2021). MC: mosto controle (sem adição de frutas); MA: mosto com adição de 10% (m/v) de amora-preta; MF: mosto com adição de 10% (m/v) de feijoa; MU: mosto com adição de 10% (m/v) de uvaia.

^{a,b,c,d} Diferentes letras minúsculas na mesma coluna indicam diferenças significativas entre os dias de fermentação da mesma amostra ($p < 0,05$). ^{A,B,C,D} Diferentes letras maiúscula na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as amostras no mesmo dia de fermentação ($p < 0,05$).

Foi possível observar que a adição das polpas de fruta promoveu a diminuição ($p < 0,05$) do pH inicial dos mostos, com menor valor observado para o mosto com polpa de amora-preta, que apresentou valores de pH mais baixos até o final da fermentação. Além disso, nos primeiros dias de fermentação houve uma redução do pH ($p < 0,05$) para todas as amostras, devido provavelmente à produção de diferentes ácidos orgânicos (dados mostrados na Figura 2). Além disso, segundo Sroka e Tuszynski (2007), valores de pH abaixo de 4,0 são desejáveis

na fermentação, pois minimizam o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis no sistema. Por outro lado, os mostos adicionados das polpas de fruta apresentaram uma menor redução de pH ao longo da fermentação em comparação ao mosto controle. Vale ressaltar que os valores de pH foram superiores a 3,0 durante todo o processo fermentativo, um aspecto positivo para o metabolismo das leveduras, pois segundo Sroka e Satora (2017), mostos com valores de pH abaixo de 3,0 podem resultar em uma interrupção da fermentação.

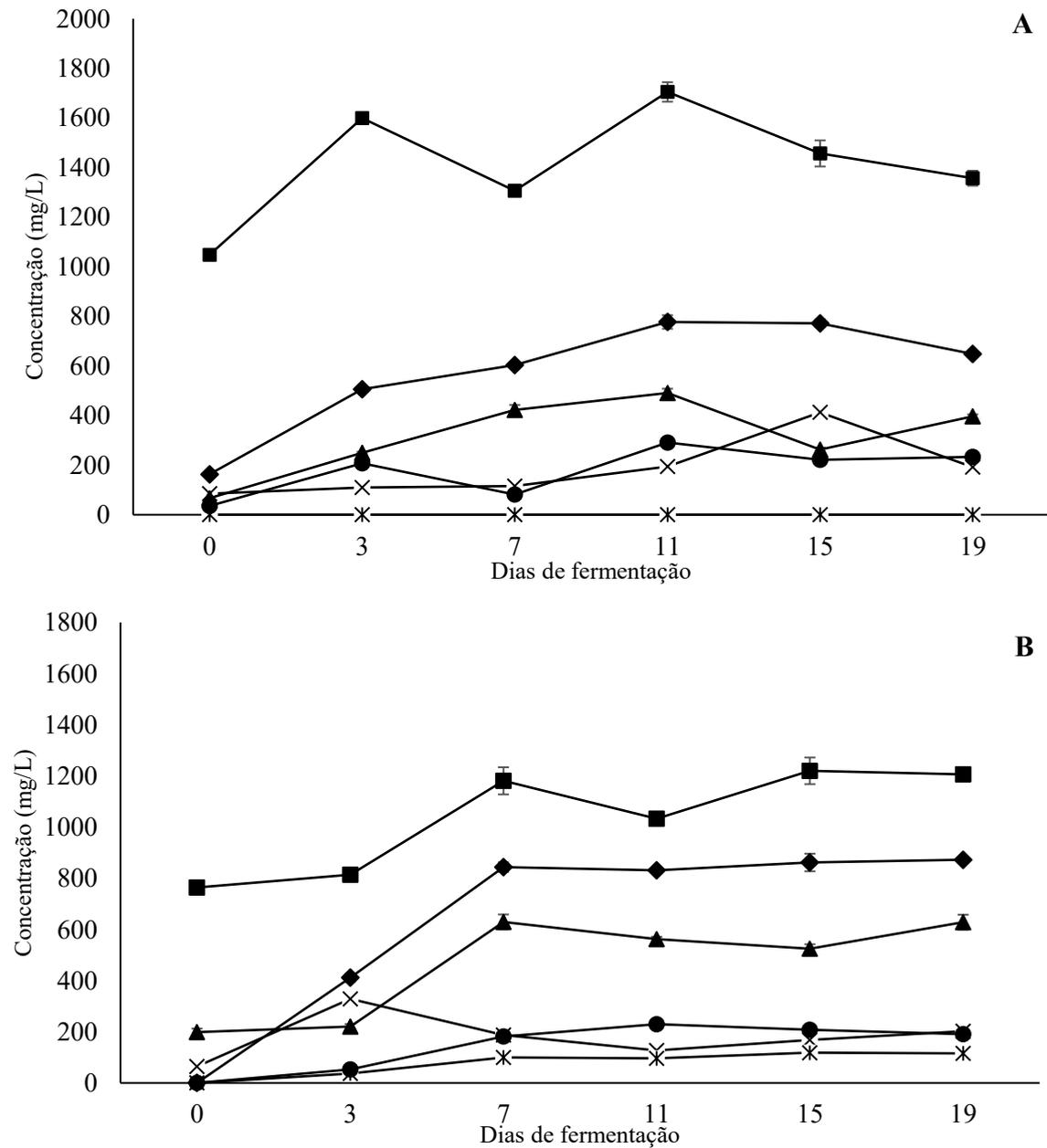
Em relação ao teor de sólidos solúveis totais, os mostos no tempo inicial de fermentação apresentaram uma variação entre 20,40 e 22,20 °Brix, sendo que as amostras adicionadas de polpas de frutas apresentaram os menores teores de SST ($p < 0,05$) em comparação à amostra controle, sendo que após o processo os teores de SST apresentaram uma variação entre 7,70 e 8,43° Brix. No entanto, entre o início da fermentação e o dia 7, houve uma considerável diminuição ($p < 0,05$) nos valores dos sólidos solúveis totais para todas as amostras, e após este período os valores permaneceram estáveis ($p > 0,05$) até o final da fermentação. Os resultados de SST ao final do processo fermentativo foram similares aos relatados por Brunelli, Iamizumi e Filho (2017), que ao avaliarem a fermentação de hidromel elaborado com cinco tipos de leveduras diferentes, observaram valores de SST entre 5,0 e 10,0 °Brix após o processo.

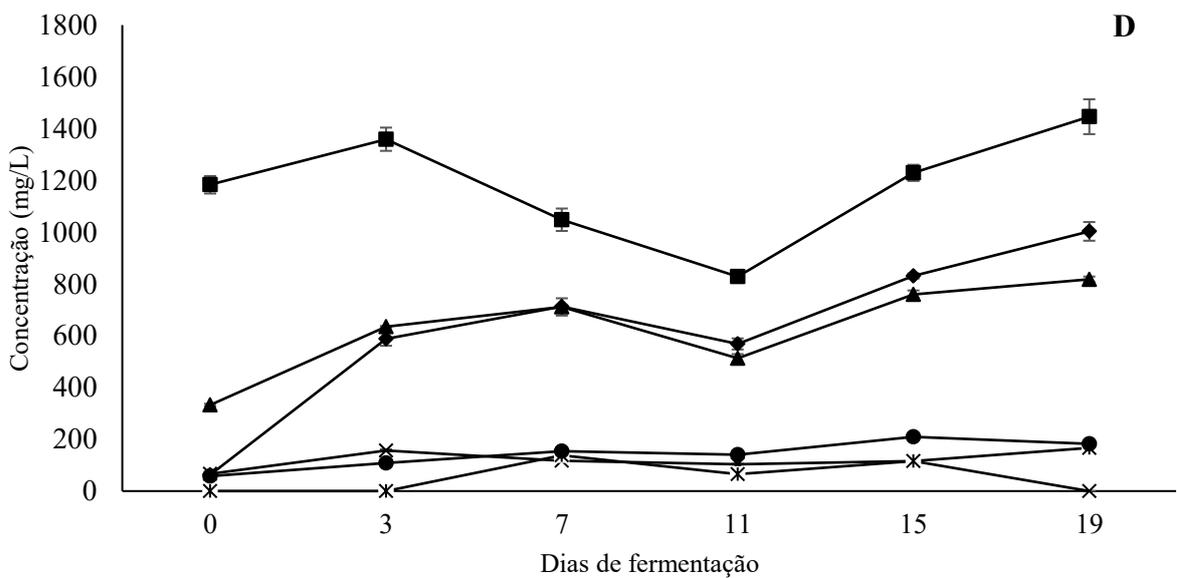
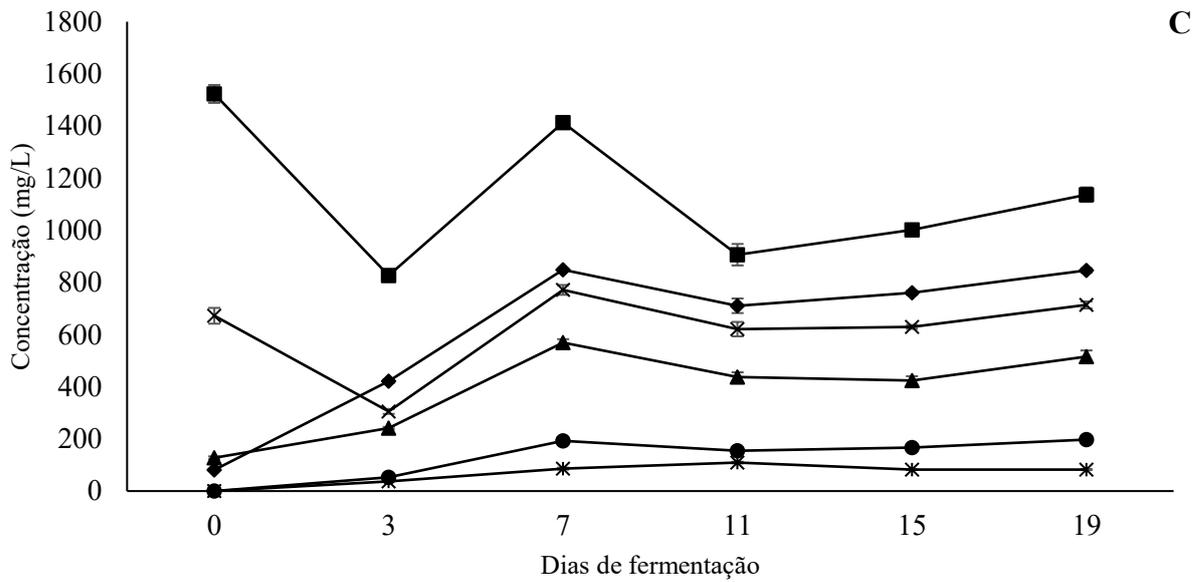
Apesar do alto teor de sólidos solúveis totais nos mostos de hidromel, as células de leveduras utilizadas possuem fácil adaptabilidade à meios com altas concentrações de açúcares e pressão osmótica (SROKA; SATORA, 2017). Segundo Kawa-Rygielska *et al.* (2019), a condição fisiológica e a atividade da levedura são determinadas pela porcentagem de células ativas e inativas. Assim pode-se observar que o percentual de células ativas iniciais variou entre 58,76% e 64,56% nos mostos, com um aumento destes valores até o sétimo dia de fermentação, sendo observado um aumento mais expressivo nas amostras com frutas. Na sequência foi verificado um declínio da atividade das leveduras, com consequente aumento do percentual de células inativas (tabela 2). Desta forma, o processo fermentativo foi finalizado no décimo nono dia, com base na diferença do peso dos fermentadores (em média de 0,37g) e na contagem das leveduras, indicando que elas possivelmente atingiram sua capacidade máxima de tolerância aos níveis de etanol contidos nos fermentados.

Com relação aos resultados dos ácidos orgânicos ao longo da fermentação, dentre os 14 ácidos avaliados, apenas seis foram identificados nos mostos (Figura 1). Durante o processo fermentativo foram observadas oscilações nos teores dos ácidos orgânicos identificados, fato também relatado em um estudo realizado por Sroka e Tuszyński (2007)

durante o processo fermentativo de hidroméis elaborados com mel de trigo sarraceno com diferentes diluições.

Figura 1 - Teores dos ácidos orgânicos alifáticos (mg/L) durante o processo fermentativo dos mostos: controle (A), adicionado de amora-preta (B), adicionado de feijoa (C) e adicionado de uvaia (D).





—×—Cítrico —▲—Málico —*—Láctico —■—Glucônico —◆—Succínico —●—Acético

Fonte: Próprio autor (2021).

A adição das polpas de fruta resultou em teores maiores ($p < 0,05$) de ácido málico e ácido glucônico no início da fermentação, sendo os valores de ácido málico mais expressivos no mosto com polpa de uvaia ($332,5 \pm 4,60$ mg/L), enquanto o ácido glucônico foi maior no mosto com polpa de feijoa ($1523,0 \pm 34,20$ mg/L). Além disso, para ambos os ácidos orgânicos foi observado um aumento significativo ($p < 0,05$) ao longo do processo, sendo que

ao final da fermentação os valores mais expressivos para estes ácidos foram observados no mosto adicionado de polpa de uvaia.

Com relação ao ácido cítrico, o mosto com polpa de feijoa apresentou os maiores valores ao longo da fermentação, apresentando ao final do processo uma concentração de $713,70 \pm 13,50$ mg/L. Segundo Uzhel *et al.* (2021) o ácido cítrico tem sido frequentemente adicionado em bebidas fermentadas com o objetivo de melhorar a ação antioxidante e a retenção de cor. Desta forma, a adição de frutas pode contribuir para melhorar essas características nos hidroméis.

Segundo Robles *et al.* (2019), os ácidos acético, láctico e succínico tendem a aumentar durante o processo de fermentação. Em todos os mostos, no início da fermentação, não foi detectado o ácido láctico. No entanto, observou-se um aumento ($p < 0,05$) de ácido láctico ao longo do processo fermentativo nas amostras adicionadas de polpas de fruta, embora a produção desse ser geralmente controlada pela adição de dióxido de enxofre durante o processo fermentativo (CHIDI; BAUER; ROSSOUW, 2018). Nota-se que os mostos com polpa de uvaia e de amora-preta apresentaram as maiores concentrações de ácido láctico ($166,80 \pm 5,17$ e $115,90 \pm 0,81$ mg/L, respectivamente). Estes dados confirmam o que foi relatado por Dobrowolska-Iwanek (2015), que a presença de ácido láctico em hidroméis pode ser decorrente da adição de frutas na bebida.

Nota-se que ao longo da fermentação, os mostos adicionados das polpas de fruta apresentaram menores teores de ácido acético ($p < 0,05$) quando comparados à amostra controle, que apresentou valores médios de $(232,60 \pm 9,00$ mg/L) para este ácido ao final da fermentação. Contudo, os teores de ácido acético identificados ao final do processo fermentativo para todas as amostras foram inferiores aos relatados por outros autores em amostras de hidromel (GOMES *et al.*, 2015; KAWA-RYGIELSKA *et al.*, 2019). Durante o processo fermentativo é comum que os teores de ácido acético sejam baixos, devido a formação de etanol e suas características de preservação (ŠVECOVÁ *et al.*, 2015).

Em relação ao ácido succínico, observou-se maior concentração na amostra controle ($163,00 \pm 3,10$ mg/L) no início do processo fermentativo. Por outro lado, as amostras com polpa de frutas apresentaram um aumento gradual de ácido succínico ao longo do processo fermentativo. Segundo Sroka e Tuszyński (2007), a presença de ácido succínico durante o processo fermentativo resulta na redução do pH do mosto. Além disso, Dobrowolska-Iwanek (2015) relata que o ácido succínico é um metabólito da fermentação alcoólica. Ao final da

fermentação os maiores teores de ácido succínico foram observados nos mostos adicionados de uvaia e amora-preta, que consequentemente apresentaram os menores valores de pH (tabela 2).

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS HIDROMÉIS

3.2.1 Parâmetros físico-químicos e análise de cor

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados dos parâmetros físico-químicos e de cor das amostras de hidromel após 30 dias de maturação. Com relação ao teor de sólidos solúveis totais não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as amostras. O pH das amostras maturadas variou entre 3,53 e 3,77, apresentando perfil semelhante ao observado no tempo final de fermentação.

Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos e de cor dos hidroméis maturados.

| Análises | Amostras de hidromel | | | |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | HC | HA | HF | HU |
| pH | 3,77 ± 0,01 ^a | 3,53 ± 0,01 ^c | 3,64 ± 0,03 ^b | 3,68 ± 0,04 ^b |
| SST (°Brix) | 8,00 ± 0,00 ^a | 8,00 ± 0,12 ^a | 7,9 ± 0,10 ^a | 7,8 ± 0,00 ^a |
| Acidez total (mEq/L) | 52,67 ± 1,52 ^d | 64,00 ± 1,00 ^a | 58,33 ± 1,55 ^b | 55,33 ± 1,53 ^{bc} |
| SO ₂ livre (mg/L) | 5,12 ± 0,02 ^a | 5,10 ± 0,02 ^a | 5,13 ± 0,01 ^a | 5,13 ± 0,00 ^a |
| Teor alcoólico (%) | 12,3 ± 0,85 ^a | 11,7 ± 0,57 ^a | 11,7 ± 0,00 ^a | 11,6 ± 0,57 ^a |
| HMF-5 | <0,09* | <0,09* | <0,09* | <0,09* |
| L* | 49,48 ± 0,28 ^b | 45,32 ± 0,05 ^c | 54,64 ± 0,24 ^a | 54,47 ± 0,04 ^a |
| a* | -0,50 ± 0,07 ^b | 13,66 ± 0,09 ^a | -2,14 ± 0,06 ^c | -2,53 ± 0,31 ^c |
| b* | 23,35 ± 0,04 ^a | 23,50 ± 0,05 ^a | 22,45 ± 0,13 ^b | 19,69 ± 0,05 ^c |

Fonte: Próprio autor (2021). HC: hidromel controle (sem adição de frutas); HA: hidromel com adição de 10% de polpa de amora-preta; HF: Hidromel com adição de 10% de polpa de feijoa; HU: hidromel com adição de 10% de polpa de uvaia. ^{a,b,c} Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$). * limite de detecção do método.

Os resultados da análise de acidez total indicaram que a adição das polpas de fruta contribuiu para o aumento deste parâmetro nos hidroméis maturados, sendo maior ($p < 0,05$) para o hidromel com polpa de amora-preta, seguida pelos hidroméis com polpas de feijoa e de uvaia. Os valores de acidez observados neste estudo são superiores aos relatados por Fey *et al.*

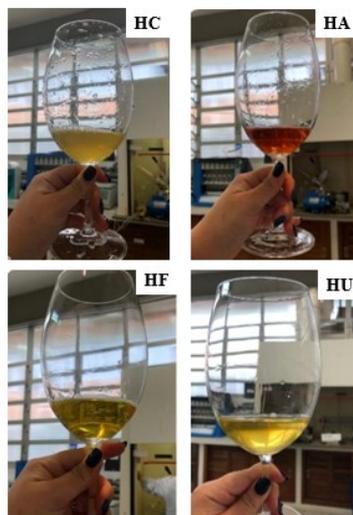
(2020), em amostras de hidromel envelhecidas em diferentes tipos de madeira (valores médios de 39,84 mEq L⁻¹). Segundo Sroka e Satora (2017), a acidez formada ao longo da fermentação e maturação dos hidroméis contribui positivamente para as características sensoriais do produto.

Em relação ao teor de SO₂ livre e ao teor alcoólico, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre as amostras. Os hidroméis apresentaram teor alcoólico variando entre 11,6% e 12,3 %. Vale ressaltar que os parâmetros avaliados nas amostras de hidromel estão de acordo com a legislação brasileira, sendo que o Decreto n. 6871, de 4 de julho de 2009 determina que o hidromel deve apresentar uma graduação alcoólica entre 4 e 14 % em volume, a vinte graus Celsius (BRASIL, 2012).

O teor de HMF-5 nos hidroméis apresentou-se abaixo do limite de detecção do método (0,09 mg/L). A formação deste composto pode ocorrer durante o tratamento térmico dos hidroméis em decorrência da desidratação de açúcares como glicose e frutose (AKALIN; BAYRAM; ERTAN, 2017). Vale ressaltar que os hidroméis elaborados no presente estudo não foram submetidos à tratamento térmico, empregando-se apenas o metabissulfito de potássio como agente de conservação.

Quanto aos parâmetros de cor, todas as amostras apresentaram uma luminosidade (L*) intermediária e uma tendência à cor amarela (b* positivo). O hidromel com polpa de amora-preta apresentou valores de a* positivo, demonstrando tendência à cor vermelha, enquanto as amostras de hidromel controle, com polpa de feijoa e de uvaia apresentaram valores de a* negativos, indicando uma tendência à cor verde. A cor das amostras de hidromel maturadas podem ser visualizadas na Figura 2.

Figura 2 – Coloração das amostras de hidromel após 30 dias de maturação.



Fonte: Próprio autor (2020). HC: hidromel controle (sem adição de frutas); HA: hidromel com adição de 10% (m/v) de polpa de amora-preta; HF: Hidromel com adição de 10% (m/v) de polpa de feijoa; HU: hidromel com adição de 10% (m/v) de polpa de uvaia

3.2.2 Determinação de ácidos orgânicos alifáticos e açúcares

A tabela 4 apresenta os valores obtidos para os ácidos orgânicos alifáticos e os açúcares nos hidroméis, após 30 dias de maturação. Segundo Uzhel *et al.* (2021), a determinação de ácidos orgânicos por eletroforese capilar apresenta diversas vantagens, como boa resolução, simplicidade, alta velocidade, baixo consumo de produtos químicos e procedimento de preparação de amostra reduzido.

Com relação aos resultados dos ácidos orgânicos, o ácido glucônico foi o majoritário nos hidroméis maturados, apresentando concentrações entre 1036 e 1159 mg/L. Švecová *et al.* (2015) ao estudarem hidroméis da República Tcheca encontraram valores superiores de ácido glucônico, com teores entre 14270 – 49510 mg/L. O ácido glucônico é o ácido orgânico majoritário em amostras de mel e segundo Pal, Kumar e Banerjee (2016), este ácido é facilmente sintetizado a partir da oxidação microbiana da glicose em fermentações alcoólicas. Os teores de ácido málico nas amostras adicionadas de polpas de fruta foram superiores à amostra controle ($p < 0,05$), com destaque para o hidromel adicionado de polpa de uvaia. Em relação ao ácido cítrico, o hidromel adicionado de polpa de feijoa apresentou as maiores concentrações ($p < 0,05$) em comparação ao hidromel adicionado de amora-preta e uvaia.

Tabela 4 - Teor de ácidos orgânicos alifáticos (mg/L) e de açúcares (g/100mL) nos hidroméis maturados.

| Parâmetros | Amostras de hidromel | | | |
|-----------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | HC | HA | HF | HU |
| Ácido glucônico | 1146,00 ± 56,46 ^a | 1036,00 ± 26,65 ^b | 1120,00 ± 26,11 ^{ab} | 1159,0 ± 45,21 ^a |
| Ácido cítrico | 130,1 ± 29,59 ^b | 149,9 ± 5,48 ^b | 673,1 ± 29,59 ^a | 170,19 ± 6,48 ^b |
| Ácido málico | 379,4 ± 7,53 ^d | 535,4 ± 18,34 ^b | 486,6 ± 24,45 ^c | 612,4 ± 6,61 ^a |
| Ácido acético | 279,2 ± 2,58 ^a | 165,2 ± 6,35 ^d | 224,7 ± 6,76 ^b | 182,6 ± 7,15 ^c |
| Ácido láctico | 209,9 ± 8,81 ^a | 129,8 ± 2,00 ^b | 164 ± 2,50 ^c | 139,0 ± 5,72 ^b |
| Ácido succínico | 682,2 ± 8,13 ^c | 749,1 ± 38,1 ^b | 916,8 ± 35,34 ^a | 766,8 ± 20,6 ^b |
| Frutose | 2,33 ± 0,08 ^a | 1,34 ± 0,03 ^b | 2,30 ± 0,06 ^a | 2,30 ± 0,06 ^a |
| Glicose | 1,63 ± 0,04 ^a | 0,83 ± 0,03 ^c | 1,40 ± 0,07 ^b | 1,40 ± 0,02 ^b |
| Sacarose | < 0,02* | < 0,02* | < 0,02* | < 0,02* |

Fonte: Próprio autor (2021). HC: hidromel controle (sem adição de frutas); HA: hidromel com adição de 10% (m/v) de amora-preta; HF: Hidromel com adição de 10% (m/v) de feijoa; HU: hidromel com adição de 10% (m/v) de uvaia. * Limite de detecção do método. ^{a,b,c,d} Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$).

Segundo Venturini Filho (2016), ácidos como o málico e o cítrico podem ser provenientes das frutas, porém durante o processo fermentativo, através do metabolismo microbiano podem ser originados outros ácidos, incluindo o láctico, o acético e o succínico.

O teor de ácido acético foi menor ($p < 0,05$) para as amostras maturadas adicionadas de polpas de frutas. Czabaj *et al.* (2017) relataram valores superiores (1050 a 1740 mg/L) para este ácido em amostras de hidromel submetidas à diferentes tratamentos térmicos. Segundo Gamboa *et al.* (2019), a presença de ácido acético em bebidas fermentadas pode ser utilizada como indicador de deterioração, e com isso, valores mais baixos indicam produtos de melhor qualidade.

Em relação ao teor de ácido láctico, a amostra controle apresentou o maior teor (209,9 ± 8,81 mg/L) em comparação as demais amostras avaliadas. Entretanto, os valores obtidos para todas as amostras foram bem inferiores aos relatado por Švecová *et al.* (2015), que ao estudarem 22 amostras de hidromel da República Tcheca encontraram valores médios de 2640 mg/L de ácido láctico. Além disso, segundo Hernández, Serrato e Quicazan, (2015), o ácido láctico pode ser produzido em pequenas quantidades pela levedura, mas a sua presença em maiores quantidades na bebida pode ser decorrente da conversão malolática pela ação de bactérias de

ácido lácticas no meio. Aquarone *et al.*, (2001), relatam que em vinhos é comum em uma fermentação alcoólica sadia a produção em torno de 200 a 400mg/L de ácido láctico.

A adição das polpas de fruta influenciou o teor de ácido succínico nas amostras avaliadas, sendo que o hidromel com adição de feijoa apresentou a maior concentração deste ácido ($916,8 \pm 35,34$) ($p < 0,05$). De acordo com Sroka e Tuszyński (2007), o ácido succínico é um dos principais responsáveis pela acidez dos hidroméis. Estes autores obtiveram valores inferiores (93 – 351 mg/L) de ácido succínico ao avaliar o teor de ácidos orgânicos em amostras de hidromel de diferentes diluições (1:2 e 1:3 mel:água).

De acordo com Dobrowolska-Iwanek (2015), os ácidos orgânicos desempenham um papel fundamental, tanto na taxa de fermentação, quanto na estabilidade microbiológica e nas características sensoriais do hidromel. Por meio da determinação desses ácidos nas amostras de hidromel avaliadas foi possível observar que a adição de amora-preta, feijoa e uvaia influenciou positivamente o perfil de ácidos orgânicos presentes no hidromel.

Com relação ao teor de açúcares, a frutose foi o açúcar predominante nos hidroméis, com menores ($p < 0,05$) valores observados na amostra contendo polpa de amora-preta. Švecová *et al.* (2015) relatam que o teor de frutose é comumente superior ao teor de glicose em hidroméis devido ao consumo maior de glicose no processo de fermentação. Além disso, os valores de glicose variaram entre 0,83 e 1,63 g/100mL nas amostras avaliadas, observando-se menores ($p < 0,05$) valores para os hidroméis com polpas de fruta. Contudo, esses resultados foram superiores aos relatados por Lopes *et al.* (2020), em hidroméis elaborados com diferentes leveduras. Estes autores observaram valores médios de 0,11 g/100mL para glicose e 0,41 g/100mL para a frutose. Vale ressaltar, que não houve a detecção da sacarose em nenhuma das amostras avaliadas. Segundo Švecová *et al.* (2015), o perfil de açúcares do hidromel pode ser influenciado por diferentes fatores relacionados aos processos tecnológicos, tais como fermentação, tipo de mel, tratamento térmico e armazenamento, sendo que no presente estudo o perfil de açúcares dos hidroméis avaliados foi influenciado pela adição de frutas ao mosto.

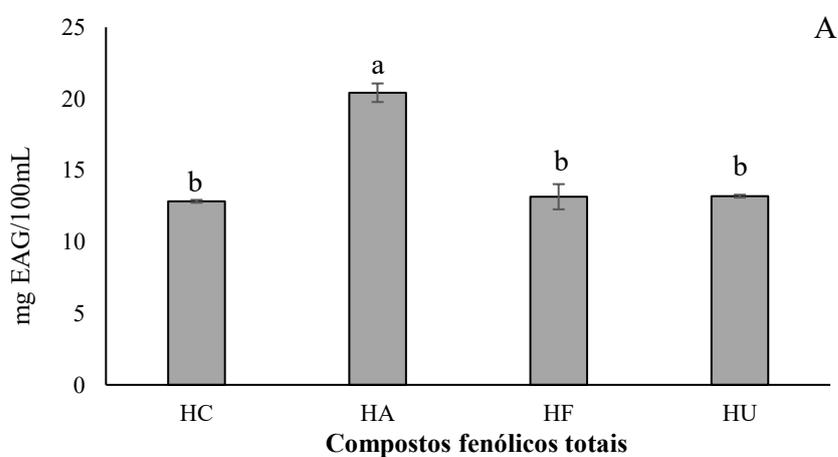
Considerando o teor de açúcar residual das amostras de hidroméis deste estudo e seguindo p que determina a legislação brasileira, apenas o hidromel com amora-preta foi considerado seco ($< 3,0$ g/L), sendo que os demais foram considerados suaves por apresentarem um teor de açúcar residual maior que 3,0 g/L (BRASIL, 2012).

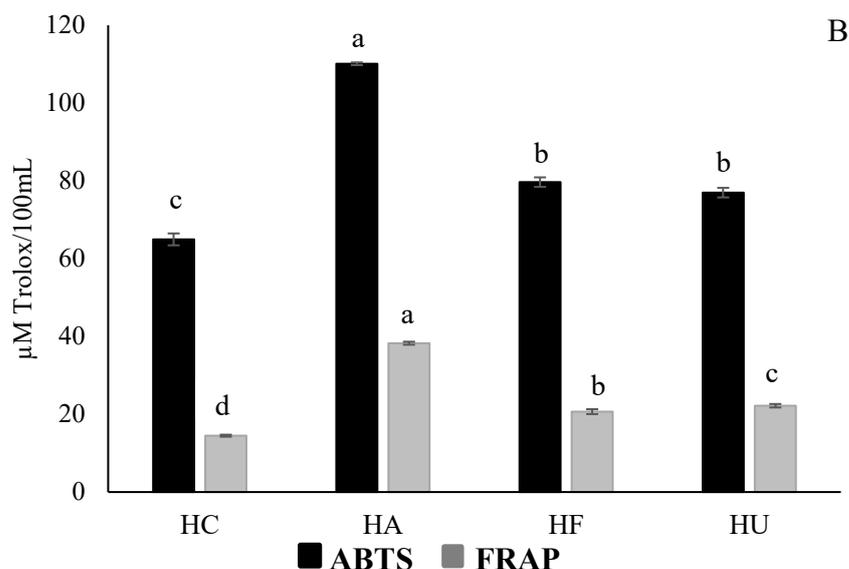
3.2.3 Determinação dos compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro*

O teor de compostos fenólicos totais (CFT) e a capacidade antioxidante *in vitro* dos hidroméis maturados estão apresentados na Figura 3.

Os valores dos compostos fenólicos totais variaram entre 12,78 e 20,42 (mg EAG/100mL), com o maior ($p < 0,05$) valor observado para o hidromel com amora-preta. Este resultado já era esperado, uma vez que a amora-preta é considerada uma importante fonte de compostos bioativos, em especial os compostos fenólicos (MORAES *et al.*, 2020). Não foram observadas diferenças entre o hidromel controle (12,78 \pm 0,10 mg EAG/100mL) e os adicionados de polpa de feijoa (13,15 \pm 0,88 mg EAG/100mL) e uvaia (13,19 \pm 0,10 mg EAG/100mL). Os valores de CFT obtidos neste estudo foram superiores aos relatados por Socha *et al.* (2015) em hidroméis comerciais poloneses, que apresentaram valores entre 1,53 e 7,08 mg EAG/100mL.

Figura 3 - Teor de compostos fenólicos totais (A) e capacidade antioxidante (B) dos hidroméis maturados.





Fonte: Próprio autor (2021). HC: hidromel controle (sem adição de frutas); HA: hidromel com adição de 10% (m/v) de amora-preta; HF: Hidromel com adição de 10% (m/v) de feijoa; HU: hidromel com adição de 10% (m/v) de uvaia. ^{a,b,c} Diferentes letras indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$) para o mesmo método .

A adição das polpas de amora-preta, feijoa e uvaia influenciou positivamente ($p < 0,05$) a capacidade antioxidante dos hidroméis, independente dos métodos empregados (ABTS e FRAP). O hidromel adicionado de polpa de amora-preta destacou-se por apresentar o maior potencial antioxidante ($p < 0,05$), (ABTS: $110,11 \pm 0,35 \mu\text{M Trolox}/100\text{mL}$ e FRAP: $38,26 \pm 0,39 \mu\text{M Trolox}/100\text{mL}$), seguido dos hidroméis adicionados de polpas de feijoa (ABTS, $79,68 \pm 1,23 \mu\text{M Trolox}/100\text{mL}$ e FRAP, $20,67 \pm 0,63 \mu\text{M Trolox}/100\text{mL}$) e de uvaia (ABTS, $76,98 \pm 1,23 \mu\text{M Trolox}/100\text{mL}$ e FRAP, $22,19 \pm 0,45 \mu\text{M Trolox}/100\text{mL}$). Adamenko *et al.* (2018), também observaram um elevado aumento na capacidade antioxidante de hidroméis adicionados da fruta cereja-cornélica, pelos métodos ABTS e FRAP, em comparação ao hidromel sem esta cereja.

Uma correlação positiva entre a capacidade antioxidante (métodos ABTS e FRAP) e o teor de polifenóis totais foi encontrada. Os métodos ABTS ($r=0,70$; $r=0,82$; $r=0,55$; $r=0,86$) e FRAP ($r=0,90$; $r=0,77$; $r=0,56$; $r=0,99$) apresentaram correlação com o teor fenólico total para os hidroméis controle, com polpa de amora-preta, com polpa de feijoa e com polpa de uvaia, respectivamente.

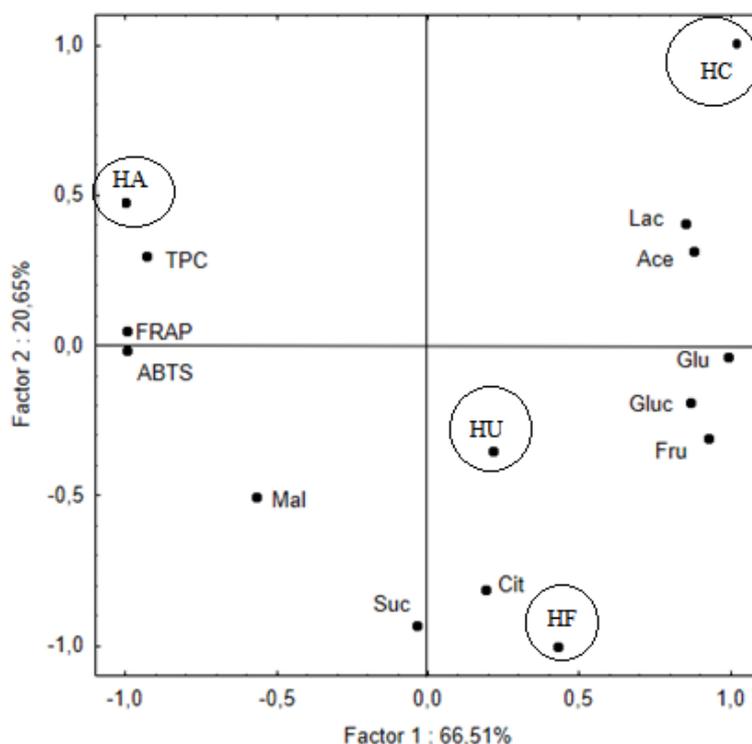
Vale ressaltar, que o teor de CFT e a capacidade antioxidante dos hidroméis estão diretamente relacionados com a espécie floral e a origem geográfica do mel, bem como

com os processos de elaboração, adição de adjuntos, fermentação, maturação e armazenamento do produto (LOPES *et al.*, 2020).

3.2.4 Análise de componentes principais

Através dos resultados obtidos neste estudo, foi possível observar que os hidroméis analisados (HC, HA, HF e HU) apresentaram características químicas distintas. Com isso realizou-se a análise de componentes principais (ACP) a fim de destacar as principais diferenças das amostras. A ACP (Figura 4) foi realizada com base na capacidade antioxidante (ABTS e FRAP), teor de polifenóis totais, teor de açúcares (glicose e frutose) e perfil de ácidos orgânicos (ácidos cítrico, málico, láctico, glucônico, acético e succínico) que apresentaram diferenças significativas entre as amostras de hidroméis analisadas ($p < 0,05$).

Figura 4 - Análise dos componentes principais dos hidroméis maturados.



Fonte: Próprio autor (2021). HC: hidromel controle (sem adição de frutas); HA: hidromel com adição de 10% (m/v) de amora-preta; HF: Hidromel com adição de 10% (m/v) de feijoa; HU: hidromel com adição de 10% (m/v) de uvaia CFT: Compostos fenólicos totais; Ace: Ácido acético; Cit: Ácido cítrico; Fru: Frutose; Glu: Glicose; Gluc: Ácido glucônico; Lac: Ácido láctico; Mal: Ácido málico; Suc: Ácido succínico

A ACP foi constituída de dois componentes principais (PC1 e PC2) que explicaram 87,16% da variabilidade dos dados, sendo que o PC1 explicou a maior parte da

variabilidade dos dados (66,51 %) e o PC2 explicou 20,65% da dispersão total. Com base nestes resultados pode-se observar que ocorreu uma separação entre a amostra controle e as amostras adicionadas de polpa de frutas. De acordo com o PC1, a amostra HC apresentou uma forte associação com os ácidos láctico e acético, entretanto as amostras HF e HU apresentaram uma forte associação com os ácidos cítrico e glucônico e com os açúcares (glicose e frutose). Por fim, de acordo com PC2 a amostra HA apresentou associação com os polifenóis totais e a capacidade antioxidante, além do ácido málico e succínico.

4 CONCLUSÃO

As polpas de frutas exóticas da região Sul do Brasil, como a amora-preta, feijoa e uvaia, influenciaram positivamente as propriedades fermentativas dos hidroméis, bem como sua composição química. A composição de ácidos orgânicos e açúcares dos hidroméis analisados apresentaram comportamentos distintos conforme a espécie de fruta exótica adicionada, sendo que as amostras com polpas de feijoa e de uvaia apresentaram uma forte associação com estes compostos. Além disso, a amostra de hidromel adicionada de polpa de amora-preta destacou-se em relação ao teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante *in vitro*. O resultado das propriedades físico-químicas dos hidroméis após o processo de maturação confirma um processo fermentativo efetivo, sendo que os dados dos ácidos orgânicos demonstram que as polpas de frutas exóticas contribuíram para características de conservação do produto e propriedades potencialmente bioativas. Com isso, vale destacar que a utilização de frutas exóticas da região Sul do Brasil, como a amora-preta, a feijoa e a uvaia, no processo de elaboração do hidromel influenciou positivamente as características químicas do produto, promovendo a valorização destas matérias-primas pouco exploradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMENKO, K. *et al.* Characteristics of biologically active compounds in Cornelian cherry meads. **Molecules**, v. 23, n. 8, p. 1–13, 2018.
- AKALIN, H.; BAYRAM, M.; ERTAN, R. Determination of some individual phenolic compounds and antioxidant capacity of mead produced from different types of honey. **Institute of Brewing & Distilling**, n. September 2016, 2017.
- AMORIM, T. S. *et al.* Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. **LWT - Food Science and Technology**, v. 97, n. October 2017, p. 561–569, 2018.
- AQUARONE, E. *et al.* **Biotecnologia industrial: Biotecnologia na produção de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2001. 523 p. v. 4.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70–76, 1996.
- BILUCA, F. C. *et al.* 5-HMF and carbohydrates content in stingless bee honey by CE before and after thermal treatment. **Food Chemistry**, v. 159, p. 244–249, 2014.
- BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 34, de 29 de novembro de 2012. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de bebidas fermentas: fermentado de fruta; fermentado de fruta licoroso; fermentado de fruta composto; sidra; hidromel; fermentado de cana; saquê ou sake. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 nov. 2012.
- BRUGNEROTTO, P. *et al.* A capillary electrophoresis method to determine aliphatic organic acids in bracatinga honeydew honey and floral honey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 82, n. April, p. 103243, 2019.
- BRUNELLI, L. T.; IAMIZUMI, V. M.; FILHO, W. G. V. Caracterização físico-química, energética e sensorial de hidromel produzido a partir de cinco tipos de leveduras alcoólica. **Revista Energia na Agricultura**, v. 32, n. 2, p. 200–208, 2017.
- CASTELUCCI, A. C. L.; DA SILVA, P. P. M.; SPOTO, M. H. F. Bioactive compounds and in vitro antioxidant activity of pulps from fruits from the Brazilian atlantic forest. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 42, n. 1, p. 1–8, 2020.
- CHIDI, B.S.; BAUER, F.F.; ROSSOUW, D.. Organic Acid Metabolism and the Impact of Fermentation Practices on Wine Acidity: A Review. **S. Afr. J. Enol. Vitic.**, v. 39, n. 2, p. 1–15, 2018 .
- CZABAJ, S. *et al.* Effects of mead wort heat treatment on the mead fermentation process and antioxidant activity. **Molecules**, v. 22, n. 5, p. 1–15, 2017.

DOBROWOLSKA-IWANIEK, J. Simple Method for Determination of Short-Chain Organic Acid in Mead. **Food Analytical Methods**, v. 8, n. 9, p. 2356–2359, 2015.

FEY, G. G. *et al.* Characterization and volatile compounds of fresh and aged mead in different types of wood. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 25812–25826, 2020.

GAMBOA, J. C. R. *et al.* Wine quality rapid detection using a compact electronic nose system: Application focused on spoilage thresholds by acetic acid. **Lwt**, v. 108, n. April, p. 377–384, 2019.

GOMES, T. *et al.* Influence of sweetness and ethanol content on mead acceptability. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 65, n. 2, p. 137–142, 2015.

GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Review Paper Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines : A review Technology of mead. **Natural Product Radiance**, v. 8, n. 4, p. 345–355, 2009.

HERNÁNDEZ, C. Y.; SERRATO, J. C.; QUICAZAN, M. C. Evaluation of physicochemical and sensory aspects of mead, produced by different nitrogen sources and commercial yeast. **Chemical Engineering Transactions**, v. 43, p. 1–6, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4. ed., Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, 2008. 1020 p.

INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE (OIV). **Compendium of international methods of wine and must analysis**. Edition 2012., OIV Paris, França, 2012. 655 p.

KAHOUN, D.; ŘEZKOVÁ, S.; KRÁLOVSKÝ, J. Effect of heat treatment and storage conditions on mead composition. **Food Chemistry**, v. 219, p. 357–363, 2017.

KAWA-RYGIELSKA, J. *et al.* Fruit and herbal meads – Chemical composition and antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 283, n. November 2018, p. 19–27, 2019.

LOPES, A. C. A. *et al.* Impact of *Saccharomyces cerevisiae* single inoculum and mixed inoculum with *Meyerozyma caribbica* on the quality of mead. **European Food Research and Technology**, n. 0123456789, 2020.

MORAES, D. P. *et al.* Characterization of a new blackberry cultivar BRS Xingu: Chemical composition, phenolic compounds, and antioxidant capacity in vitro and in vivo. **Food Chemistry**, v. 322, n. August 2019, p. 126783, 2020.

PAL, P.; KUMAR, R.; BANERJEE, S. Manufacture of gluconic acid: A review towards process intensification for green production. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 104, p. 160–171, 2016.

PEREIRA, M. C. *et al.* Mineral characterization of native fruits from the southern region of

Brazil. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 34, n. 2, p. 258–266, 2014.

RE, R. *et al.* Antioxidant Activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231–1237, 1999.

RIZELIO, V. M. *et al.* Development of a fast capillary electrophoresis method for determination of carbohydrates in honey samples. **Talanta**, v. 93, p. 62–66, 2012.

ROBLES, A. *et al.* Determination and identification of organic acids in wine samples. Problems and challenges. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, v. 120, 2019.

ROLDÁN, A. *et al.* Influence of pollen addition on mead elaboration: Physicochemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, v. 126, n. 2, p. 574–582, 2011.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 50, p. 144–158, 1965.

SCHULZ, M. *et al.* Blackberry (*Rubus ulmifolius* Schott): Chemical composition, phenolic compounds and antioxidant capacity in two edible stages. **Food Research International**, v. 122, n. June 2018, p. 627–634, 2019.

SOCHA, R. *et al.* Phenolic profile and antioxidant activity of polish meads. **International Journal of Food Properties**, v. 18, n. 12, p. 2713–2725, 2015.

SROKA, P.; SATORA, P. The influence of hydrocolloids on mead wort fermentation. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 233–239, 2017.

SROKA, P.; TUSZYŃSKI, T. Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. **Food Chemistry**, v. 104, n. 3, p. 1250–1257, 2007.

ŠVECOVÁ, B. *et al.* Analysis of Czech meads: Sugar content, organic acids content and selected phenolic compounds content. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 38, p. 80–88, 2015.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2016. 576 p.

UZHEL, A. S. *et al.* Determination of full organic acid profiles in fruit juices and alcoholic beverages using novel chemically derivatized hyperbranched anion exchanger. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 95, n. September 2020, p. 103674, 2021.

ZOECKLEIN, B. W. *et al.* **Production Wine Analysis**. 1 ed ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os resultados encontrados neste estudo demonstram que as polpas de amora-preta, feijoa e uvaia da região Sul do Brasil apresentam-se como uma alternativa para aplicação em diversos produtos, com potencial para influenciar as características químicas e bioativas destes alimentos. Além disso, a adição de frutas ao hidromel resultou em bebidas com diferentes composições químicas, sendo que estudos como este podem ser utilizados como base para criação e aprimoramento dos instrumentos legais com relação ao hidromel, visando fortalecer este setor e dar maior credibilidade/entendimento aos consumidores sobre a bebida.
- Em relação à composição bioativa das polpas de frutas analisadas, a polpa de amora-preta apresentou o maior teor de compostos fenólicos totais e a maior capacidade antioxidante, além de apresentar a maior concentração de compostos fenólicos individuais.
- A adição das polpas de frutas exóticas ao mosto dos hidroméis influenciou o processo fermentativo, em especial a atividade da levedura nos primeiros 7 dias, além do pH e os teores de ácidos málico, succínico e láctico.
- Após o período de maturação dos hidroméis, foi possível observar que as polpas de frutas exóticas influenciaram a composição química dos hidroméis, sendo que as amostras contendo as polpas de feijoa e uvaia apresentaram uma forte associação com os ácidos cítrico e glucônico e com os açúcares. Já a amostra com polpa de amora-preta destacou-se em relação ao teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante *in vitro*.
- Este estudo apresenta resultados inéditos em relação aos processos de elaboração de hidroméis com frutas exóticas do Sul do Brasil, proporcionando inovação na área de bebidas alcoólicas, além da valorização destas espécies de frutas. Entretanto, mais estudos são necessários para elucidar as propriedades sensoriais das bebidas e a bioacessibilidade dos compostos bioativos no organismo humano.
- O projeto inicial desta dissertação de mestrado contemplava a avaliação das propriedades sensoriais dos hidroméis, entretanto devido a suspensão das atividades presenciais na UFSC em decorrência da pandemia do Covid-19, não foi possível realizar esta etapa do trabalho.

ANEXO A – Trabalhos apresentados em eventos



VIII SEMANA ACADÊMICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
"TECNOLOGIA E SOCIEDADE: OS DESAFIOS DA CIÊNCIA DOS ALIMENTOS."
09 A 13 DE SETEMBRO DE 2019
FLORIANÓPOLIS/SC

Certificado

Certificamos que o trabalho ESTUDO PROSPECTIVO DE PATENTES REFERENTES À ELABORAÇÃO DE HIDROMEL, de autoria de Bruna Rafaela S. M. Wanderley, Carlise B. F. Freire e Itaciara L. Nunes, foi apresentado na *forma oral* durante a VIII Semana Acadêmica de Ciência e Tecnologia de Alimentos, realizada de 09 a 13 de setembro de 2019, no Auditório da Epagri, em Florianópolis/SC - Brasil.

Florianópolis, 13 de setembro de 2019.

Marília Miotto
Prof.^a Dr.^a Marília Miotto
Coordenadora da VIII SACTA

REALIZAÇÃO



PGCAL
PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

APOIO



CCA
centro de
ciências agrárias





VIII SEMANA ACADÊMICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
"TECNOLOGIA E SOCIEDADE: OS DESAFIOS DA CIÊNCIA DOS ALIMENTOS."
09 A 13 DE SETEMBRO DE 2019
FLORIANÓPOLIS/SC

Certificado

Certificamos que o trabalho INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE POLPA DE GOIABA SERRANA (Acca sellowiana) NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DE COR DE HIDROMEL de autoria de SCHEILA M. P. AVILA; BRUNA RAFAELA S. M. WANDERLEY; CARLEN B. BIANCHINI; RENATA D. M. C. AMBONI; CARLISE B. F. FREIRE foi apresentado na forma de e-pôster, durante a VIII Semana Acadêmica de Ciência e Tecnologia de Alimentos, realizada de 09 a 13 de setembro de 2019, no Auditório da Epagri, em Florianópolis/SC - Brasil.

Florianópolis, 13 de setembro de 2019.

Marília Miotto
Prof.^a Dr.^a Marília Miotto
Coordenadora da VIII SACTA

REALIZAÇÃO



PGCAL
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

APOIO



CCA
35^{os} ANOS
CENTRO DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS





ON LINE

27 A 29 DE OUTUBRO DE 2020

**7º Simpósio de
Segurança Alimentar**
Inovação com sustentabilidade

REALIZAÇÃO



Certificamos que o trabalho intitulado:

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE POLPA DE UVAIA (EUGENIA PYRIFORMIS
CAMBESS) NO PROCESSO FERMENTATIVO DE HIDROMEL**

De autoria de:

Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley; Isabel Cristina da Silva Haas ;
Michelly Pontes Tavares Vieira ; Ana Carolina Moura de Seno Aquino;
Renata Dias de Mello Castanho Amboni; Carlise Beddin Fritzen-Freire

foi apresentado no formato Pôster Digital no 7º
Simpósio de Segurança Alimentar, realizado,
online, de 27 a 29 de outubro de 2020.

Porto Alegre, 29 de outubro de 2020.

Roberta Thys

Roberta Thys

Presidente do SSA7



ON LINE

27 A 29 DE OUTUBRO DE 2020

**7º Simpósio de
Segurança Alimentar**
Inovação com sustentabilidade

REALIZAÇÃO



Certificamos que o trabalho intitulado:

**EFEITO DA ADIÇÃO DE POLPA DE GOIABA SERRANA (ACCA
SELLOWIANA) NA COMPOSIÇÃO FENÓLICA E NA ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE DE HIDROMEL**

De autoria de:

Scheila Macedo Pinto Avila; Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley;
Carlen Bettim Bianchini ; Michelly Pontes Tavares Vieira ; Renata Dias de
Mello Castanho Amboni; Carlise Beddin Fritzen Freire

foi apresentado no formato Pôster Digital no 7º
Simpósio de Segurança Alimentar, realizado,
online, de 27 a 29 de outubro de 2020.

Porto Alegre, 29 de outubro de 2020.

Roberta Thys

Roberta Thys

Presidente do SSA7



Certificamos que o trabalho intitulado:

INFLUÊNCIA DA EXTRAÇÃO ENZIMÁTICA ASSISTIDA POR ULTRASSOM NO TEOR DE POLIFENÓIS TOTAIS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE POLPAS DE FEIJOA (Acca sellowiana) E UVAIA (Eugenia pyriformis Cambess) □

De autoria de

Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley, Isabel Cristina da Silva Haas, Ana Carolina Moura de Sena Aquino, Renata Dias de Mello Castanho Amboni, Carlise Beddin Fritzen-Freire

foi apresentado no formato Pôster no evento Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, que ocorreu de 2 a 4 de dezembro de 2020.

Adriano Gomes da Cruz

PROF. ADRIANO GOMES DA CRUZ
DIRETOR DE PUBLICAÇÕES SBCTA

Lucia Maria Jaeger de Carvalho

PROFA. DRA. LUCIA MARIA JAEGER
DE CARVALHO
PRESIDENTE SBCTA

Etick Almeida Esmerino

PROF. ERICK ALMEIDA ESMERINO
SECRETÁRIO SBCTA DO
RIO DE JANEIRO

Certification by Galoá





Certificamos que o trabalho intitulado:

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DA POLPA DE FEIJOA (Acça sellowiana) NA COMPOSIÇÃO DE AÇÚCARES DO HIDROMEL

De autoria de

Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley, Isabel Cristina da Silva Haas, Carlen Bettim Bianchini, Michelly Pontes Tavares Vieira, Fabiola Carina Biluca, Patricia Brugnerotto, Ana Carolina de Oliveira Costa, Renata Dias de Mello Castanho Amboni, Carlise Beddin Fritzen Freire

foi apresentado no formato Pôster no evento Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, que ocorreu de 2 a 4 de dezembro de 2020.

Adriano Gomes da Cruz

PROF. ADRIANO GOMES DA CRUZ
DIRETOR DE PUBLICAÇÕES SBCTA

Lucia Maria Jaeger de Carvalho

PROFA. DRA. LUCIA MARIA JAEGER
DE CARVALHO
PRESIDENTE SBCTA

Erick Almeida Esmerino

PROF. ERICK ALMEIDA ESMERINO
SECRETÁRIO SBCTA DO
RIO DE JANEIRO

Certification by Galbá





CBCTA'20

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
2 a 4 de dezembro de 2020

CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho intitulado:

EFEITO DA ADIÇÃO DA POLPA DE UVAIA (Eugenia pyriformis Cambess) NO TEOR DE POLIFENÓIS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE IN VITRO DE HIDROMEL

De autoria de

Bruna Rafaela da Silva Monteiro Wanderley, Isabel Cristina da Silva Haas, Michelly Pontes Tavares Vieira, Ana Carolina Moura de Sena Aquino, Renata Dias de Mello Castanho Amboni, Carlise Beddin Fritzen Freire

foi apresentado no formato Pôster no evento Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, que ocorreu de 2 a 4 de dezembro de 2020.

Adriano Gomes da Cruz

PROF. ADRIANO GOMES DA CRUZ
DIRETOR DE PUBLICAÇÕES SBCTA

Lucia Maria Jaeger de Carvalho

PROFA. DRA. LUCIA MARIA JAEGER
DE CARVALHO
PRESIDENTE SBCTA

Erick Almeida Esmerino

PROF. ERICK ALMEIDA ESMERINO
SECRETÁRIO SBCTA DO
RIO DE JANEIRO

Certification by Galbã

