

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Monnik Gandin Cavanholi

**CARACTERIZAÇÃO DE HIDROMEL ELABORADO COM DIFERENTES
EXTRATOS AQUOSOS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.)**

Florianópolis

2020

Monnik Gandin Cavanholi

**CARACTERIZAÇÃO DE HIDROMEL ELABORADO COM DIFERENTES
EXTRATOS AQUOSOS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.)**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.
Orientador: Prof. Dr^a. Carlise Beddin Fritzen Freire

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra

Cavanholi, Monnik Gandin
CARACTERIZAÇÃO DE HIDROMEL ELABORADO COM DIFERENTES
EXTRATOS AQUOSOS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St.
Hil.) / Monnik Gandin Cavanholi ; orientador, Carlise
Beddin Fritzen Freire, 2020.
44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos,
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. Hidromel. 3.
Erva-mate. 4. Compostos fenólicos. 5. Atividade
antioxidante. I. Freire, Carlise Beddin Fritzen. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

Monnik Gandin Cavanholi

**CARACTERIZAÇÃO DE HIDROMEL ELABORADO COM DIFERENTES
EXTRATOS AQUOSOS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.)**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Florianópolis, 26 de novembro de 2020.

Prof. Dr^a. Carmen Maria Olivera Müller
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Carlise Beddin Fritzen Freire
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Maria Manuela Camino Feltes
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Itaciara Larroza Nunes
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha mãe e minha irmã, por todo o amor que me proporcionam e por terem me dado todo apoio necessário para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, e por sempre iluminar meus passos para que eu alcance meus objetivos.

Sou grata ao meu guia espiritual, por guiar meus pensamentos e me ajudar nas horas de dificuldades.

Sou muito grata a toda minha família, e agradeço com todo meu coração a minha mãe Marli, uma mulher guerreira que tenho muito orgulho, sem a sua ajuda eu não teria vencido, à minha irmã Débora, pelo seu amor incondicional e pelas palavras de incentivo, ao meu pai Adalberto (in memoriam), enquanto esteve comigo me incentivou a estudar, e ao pai de minha irmã Odilon, que me ajudou com um curso pré-vestibular para que eu chegasse até aqui.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina pela estrutura, ao corpo docente pela qualidade de ensino, e a todos os funcionários que de alguma forma contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Sou muito grata a minha orientadora Carlise Beddin Fritzen Freire, por te me aceitado neste projeto, agradeço sua paciência, seus ensinamentos e dedicação.

Agradeço todos os professores do curso que cruzaram meu caminho durante todo este período, sou grata por me proporcionarem conhecimento neste processo de formação profissional, pelo incentivo, pelos conselhos e pelo amor no que fazem.

Agradeço a todos do Laboratório de Frutas e Hortaliças, pela contribuição para realização deste trabalho, pela disponibilização do espaço para execução das análises. Mas agradeço principalmente a Bruna Rafaela, que me auxiliou do início ao fim deste TCC, obrigada por toda sua ajuda e dedicação.

Agradeço aos Laboratórios de Compostos Bioativos e Bioquímica de Alimentos, por disponibilizarem o espaço para a realização de análises.

Sou muito grata ao Ângelo Paggi Matos, por ter me dado a primeira oportunidade de conhecer mais a fundo o curso com uma iniciação científica, nunca irei esquecer seus ensinamentos e sua generosidade.

As minhas amigas queridas que conheci neste curso maravilhoso, Scheila, Juliana, Fernanda, Gabriela, Dafne, Marilene, Suliana, Flávia, Liandra, Francie, sou muito grata por estarem em minha vida, obrigada pela alegria de sempre, pela parceria e paciência nos estudos, por sempre estarem prontas a ajudar umas às outras, pelas companhias em bar, festas, viagens, realizações de eventos, e por todas as experiências fantásticas que passamos juntas.

Obrigada a todos os meus amigos, Rafaela, Juliane, Kevin, Júlia, Braion, Tayara, Marília, Elaine, pela paciência, pelas vezes que não pude encontrá-los devido aos estudos, mas por estarem sempre comigo, obrigada pela parceria e carinho de sempre.

Obrigada a todos que passaram pelo meu caminho nesta grande jornada que é a faculdade.

Minha eterna gratidão!

RESUMO

O hidromel é uma bebida alcoólica milenar, resultante da fermentação de mel diluído em água, na presença de leveduras. Ao produzir esta bebida, pode-se fazer a adição de ervas, frutas e especiarias. A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma planta nativa da América do Sul, muito apreciada pelo seu preparo como chimarrão (infusão à quente) e como tererê (infusão à frio), sendo amplamente estudada por ser uma excelente fonte de compostos fenólicos e com elevada capacidade antioxidante. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar amostras de hidromel elaboradas com extrato aquoso de erva-mate, obtido por extração à quente e à frio. Foram elaboradas três formulações de hidromel: (HC) controle - sem adição de erva-mate, (HF) com adição de 1% de folhas de erva-mate em pó submetidas à extração aquosa à frio, e (HQ) com adição de 1% de folhas de erva-mate em pó submetidas à extração aquosa à quente. O processo fermentativo ocorreu por 21 dias em uma incubadora a 25°C, e teve acompanhamento dos sólidos solúveis totais, pH e pesagem dos fermentadores (até peso constante). Foram avaliados os mostos e as amostras de hidromel quanto às propriedades físico-químicas (sólidos solúveis totais, pH e acidez), cor (L^* , a^* e b^*), teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. Além disso, foi avaliado o teor alcoólico dos hidroméis. A adição dos extratos de erva mate (quente e frio) contribuiu para o aumento da acidez dos mostos e dos hidroméis. Ao analisar os sólidos solúveis totais, todas as amostras tiveram uma queda significativa após a fermentação, e conseqüentemente um aumento do teor alcoólico, obtendo-se valores de 10,10%, 10,05% e 11,05% para as amostras HC, HF e HQ, respectivamente. Os mostos e os hidroméis apresentaram baixa luminosidade e tendência à cor amarela, com diferenças no parâmetro a^* entre os mostos e os hidroméis. Os valores obtidos para o teor de compostos fenólicos totais e para a atividade antioxidante foram mais elevados para as amostras com extrato de erva-mate, tanto nos mostos quanto nos hidroméis, apesar de ser observada uma redução após o processo fermentativo. Assim, os resultados obtidos neste estudo revelaram que a erva-mate se apresenta como uma alternativa para aumentar o potencial bioativo do hidromel.

Palavras-chave: Hidromel. Erva-mate. Compostos fenólicos. Atividade Antioxidante.

ABSTRACT

Mead is an ancient alcoholic beverage, resulting from fermentation of honey diluted in water, in the presence of yeast. In producing this drink, it is possible to add herbs, fruits and spices. Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) is a South America native plant, much appreciated for its preparation as chimarrão (hot infusion) and as tererê (cold infusion), becoming largely studied for being an excellent source of phenolic compounds and with high antioxidant capacity. Therefore, the objective of this work was to characterize samples of mead made with aqueous extract of yerba mate, obtained by hot and cold extraction. Three mead formulations were prepared: (HC) control - without the addition of yerba mate, (HF) with the addition of 1% powdered yerba mate leaves submitted to cold aqueous infusion, and (HQ) with the addition of 1 % of powdered yerba mate leaves submitted to hot water infusion. The fermentation process lasted 21 days in an incubator at 25°C, and was monitored by the total soluble solids, pH and weighing of the fermenters (until constant weight). Musts and samples were evaluated for physico-chemical properties (total soluble solids, pH and acidity), color (L *, a * and b *), phenolic compounds total content and antioxidant activity. Furthermore, the alcohol content of the meads was evaluated. The addition of yerba mate extracts (hot and cold) contributed to the increase in the acidity of musts and meads. When analyzing the total soluble solids, all samples had a significant drop after fermentation, and consequently an increase in alcohol content, obtaining values of 10.10%, 10.05% and 11.05% for the samples HC, HF and HQ, respectively. The musts and meads showed low luminosity and a yellow tendency, with differences in the parameter a * between the musts and meads. The values obtained for the phenolic compounds total content and antioxidant activity were higher for the samples with yerba mate extract, both in musts and in meads, although a reduction was observed after the fermentation process. Thus, the results obtained in this study revealed that yerba mate presents itself as an alternative to increase the mead's bioactive potential.

Keywords: Mead. Yerba mate. Phenolic compounds. Antioxidant activity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Conversão anaeróbica da glicose em etanol por leveduras do gênero *Saccharomyces*.....21
- Figura 2 – Erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil)23
- Figura 3 – Evolução do teor de sólidos solúveis totais durante o processo de fermentação dos hidroméis: controle (HC), com erva-mate com extração à frio (HF) e com erva-mate com extração à quente (HQ).....29
- Figura 4 – Acompanhamento do pH durante o processo fermentativo dos mostos: controle (HC), com erva-mate com extração à frio (HF) e com erva-mate com extração à quente (HQ).....30
- Figura 5 – Coloração das amostras de mosto (A) e de hidromel (B), controle (MC e HC), com erva-mate com extração à frio (MF e HF) e com erva-mate com extração à quente (MQ e HQ).....35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais tipos de hidromel comercializados em diferentes partes do mundo.....	20
--	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros físico-químicos das amostras de mosto e de hidromel: controle (MC e HC), com erva-mate com extração à frio (MF e HF) e com erva-mate com extração à quente (MQ e HQ).....31
- Tabela 2 – Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros de cor das amostras de mosto e de hidromel: controle (MC e HC), com erva-mate com extração à frio (MF e HF) e com erva-mate com extração à quente (MQ e HQ).....33
- Tabela 3 – Valores médios \pm desvio padrão dos compostos fenólicos totais (CFT) e da atividade antioxidante (métodos ABTS e FRAP) das amostras de mosto e de hidromel: controle (MC e HC), com erva-mate com extração à frio (MF e HF) e com erva-mate com extração à quente (MQ e HQ).....36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivos.....	16
1.1.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>16</i>
1.1.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>16</i>
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Mel.....	18
2.2	Hidromel	20
2.3	Erva-mate.....	22
2.3.1	<i>Métodos de extração dos compostos fenólicos da erva-mate.....</i>	<i>24</i>
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Preparação da erva-mate.....	26
3.2	Preparação do mosto e fermentação do hidromel.....	26
3.3	Análises físico-químicas	27
3.4	Determinação do teor alcoólico	27
3.5	Análise de cor	27
3.6	Análise do teor de compostos fenólicos totais.....	27
3.7	Atividade antioxidante.....	28
3.8	Análise estatística	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1	Avaliação da fermentação dos hidroméis	29
4.2	Avaliação das propriedades físico-químicas dos mostos e dos hidroméis	30
4.3	Análise de teor alcoólico dos hidroméis.....	32
4.4	Avaliação de cor dos mostos e dos hidroméis	33
4.5	Avaliação do teor de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante dos mostos e dos hidroméis	35

5	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

Pesquisas científicas têm sido realizadas com o intuito de avaliar as propriedades benéficas do mel no organismo humano (ALVAREZ-SUAREZ et al., 2012). Os componentes majoritários do mel são os carboidratos, com destaque para os monossacarídeos glicose e frutose, além de outros componentes menores, como proteínas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, vitaminas, minerais, polifenóis e outros fitoquímicos, que podem influenciar na atividade antioxidante do produto (SAKACĀ et al., 2019). Desta forma, o mel pode ser utilizado como matéria prima para a elaboração de derivados, como o hidromel, visando diversificação de produtos à base de mel e a sua agregação de valor.

O hidromel é uma bebida alcoólica fermentada, obtida pela diluição do mel em água com inoculação de leveduras do gênero *Saccharomyces* (MENDES-FERREIRA et al., 2010). A qualidade da bebida e a sua composição química estão relacionadas a diferentes fatores, como o tipo de mel, aditivos, cepa de levedura empregada, bem como a composição do mosto e as etapas e condições do processo fermentativo (AKALIN; BAYRAM; ERTAN, 2017). Além disso, o hidromel apresenta grande potencial para inclusão de diferentes ingredientes, como a adição de cereais, ervas ou frutas (AMORIM et al., 2018), que podem promover a valorização do produto, principalmente devido à incorporação de compostos bioativos provenientes destes vegetais. Neste sentido, a adição de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil) na elaboração de hidromel, torna-se uma alternativa para aumentar o teor de compostos fenólicos da bebida e a sua atividade antioxidante.

A erva-mate é uma planta nativa da América do Sul, muito apreciada no Uruguai, Argentina, Brasil e Paraguai, sendo tradicionalmente empregada para o preparo do chimarrão, por infusão em água quente de suas folhas secas e picadas, e do tererê, que utiliza infusão à frio (THEA et al., 2016). A adição de erva-mate em diferentes bebidas têm sido alvo de pesquisas, principalmente por suas propriedades bioativas. Como exemplo pode-se citar o estudo realizado por Frizon et al. (2018), que desenvolveram uma bebida a base de soja com adição de extrato de erva-mate. Além disso, atualmente a busca por inovação de produtos é crescente, e devido a este fato, comercialmente já são encontrados no mercado produtos adicionados de erva-mate, como a Kombucha, chás, sucos e geleias.

As folhas da erva-mate apresentam uma composição rica em compostos fenólicos (BOAVENTURA et al., 2015; SANTOS et al., 2017), no entanto as concentrações destes compostos estão diretamente relacionadas ao tipo de extração empregada (CORREA et al.,

2017). Assim, devido ao crescente interesse dos consumidores por alimentos com potencial bioativo, o desenvolvimento de hidromel adicionado de extrato aquoso de erva-mate pode-se tornar uma opção inovadora de valorização de matérias-primas regionais, com agregação de valor à bebida.

1.1 Objetivos

1.1.1. *Objetivo geral*

Elaborar e caracterizar hidroméis contendo diferentes extratos aquosos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) quanto às propriedades físico-químicas, de cor, composição fenólica total e atividade antioxidante.

1.1.2. Objetivos específicos

- Elaborar três formulações de hidromel: 1) controle (sem adição de erva-mate); 2) com adição de 1% de folhas de erva-mate em pó submetidas à extração aquosa à frio; e 3) com adição de 1% de folhas de erva-mate em pó submetidas à extração aquosa à quente;
- Determinar o teor de sólidos solúveis totais e o pH ao longo do processo fermentativo das bebidas;
- Avaliar as propriedades físico-químicas (sólidos solúveis totais, pH e acidez) dos mostos (antes do processo fermentativo) e dos hidroméis (após o processo fermentativo);
- Determinar o teor alcoólico nas amostras de hidromel;
- Determinar a cor dos mostos e dos hidroméis;
- Avaliar o teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante dos mostos e dos hidroméis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mel

De acordo com a Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000 o 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).

A composição do mel está relacionada com diferentes fontes florais, espécies de abelhas, condições climáticas e ambientais, bem como o tipo de processamento do produto. Por possuírem uma grande variedade, os méis podem ser classificados em relação a sua origem como, méis florais ou méis de melato. Os florais, mais abundantes, são oriundos de néctares de flores, e são classificados em monofloral, quando oriundos de uma única flor, ou multifloral ou silvestre, quando o néctar é oriundo de diferentes origens florais (BRASIL, 2000).

O mel não se limita apenas como um adoçante, pois é considerado um alimento de alta qualidade nutricional e de grande importância na alimentação humana (CAMARGO et al., 2002). É considerado um alimento com característica viscosa, açucarada, aromática e com diversas colorações, sendo o sabor e o aroma provenientes das plantas que fornecem o néctar (BONTÉ; DESMOULIÈRE, 2013). A composição baseia-se em uma solução saturada de açúcar e água, compreendendo também minerais, proteínas, vitaminas, ácidos orgânicos, flavonoides, ácidos fenólicos e enzimas (BERTONCELJ et al., 2007).

A transformação do néctar em mel compreende alguns métodos complexos, este processo inicia-se pela ação de enzimas no trato digestivo das abelhas, convertendo a sacarose em glicose, frutose, maltose e outros açúcares. Esta transformação tem continuidade na colmeia, onde as abelhas expelem o mel do seu trato gastrointestinal e realizam trocas contínuas com outras abelhas, ou seja, consomem este mel e expelem várias vezes, desta forma, de abelha para abelha o líquido é drenado, o que faz diminuir o teor de água no mel, que é enriquecido com sucos gástricos e substâncias salivares, incluindo enzimas tornando-o rico em enzimas como invertase, amilase e glicose oxidase (KOMATSU; MARCHINI; MORETI, 2002). Dando continuidade no processo do mel, as abelhas realizam a evaporação, que ocorre pelo calor existente na colmeia e pela ação de ventilação, fornecida pelos batimentos das asas de “abelhas

ventiladoras” criando uma corrente dentro da colmeia, desta forma o mel chega a uma composição média de 80% de açúcar e até 20% de água (BONTÉ; DESMOULIÈRE, 2013).

Os carboidratos são os componentes mais abundantes no mel, representados principalmente pelos monossacarídeos glicose e frutose. Mas o mel também apresenta, em quantidades menores, outros açúcares como sacarose, maltose, maltulose, trealose, nigerose, kojibiose, que influenciam na viscosidade, higroscopicidade e granulação do mel (SILVA et al., 2016). Herмосín, Chicón e Cabezudo (2003) relatam que as proteínas e os aminoácidos presentes no mel são provenientes de fontes animais e vegetais, tendo como constituinte majoritário o aminoácido prolina. Além da prolina, os aminoácidos mais comuns nesta matéria-prima são o ácido glutâmico, a alanina, a fenilalanina, a tirosina, a leucina e a isoleucina (GIROLAMO; DAMATO; RIGHETTI, 2012). As proteínas do mel estão em uma pequena porção, com predomínio daquelas com função enzimática (SILVA et al., 2016). Os ácidos orgânicos também fazem parte da composição do mel, e mesmo que em pequena proporção, possuem um papel importante na sua qualidade, sendo utilizados como indicadores de deterioração do produto (SUÁREZ-LUQUE et al., 2002). Dentre os ácidos orgânicos que compõem o mel, o ácido glucônico é o majoritário, mas também podem ser encontrados nesta matriz os ácidos acético, benzóico, cítrico, láctico, málico, oxálico, butírico, piroglutâmico e succínico (BONTÉ; DESMOULIÈRE, 2013).

O mel também apresenta em sua composição outros constituintes menores, como vitaminas, minerais, polifenóis e outros fitoquímicos, que podem influenciar na atividade antioxidante do produto (SAKACĀ 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). A presença de compostos fenólicos está relacionada ao fato de as abelhas transferirem os compostos bioativos coletados do néctar das plantas para o mel. Além disso, estudos correlacionam a capacidade antioxidante e a cor do mel, demonstrando que o mel de cor mais escura apresenta maior teor de fenólicos totais e, conseqüentemente, maior capacidade antioxidante (SILVA et al., 2016). Os flavonoides e os ácidos fenólicos são os compostos fenólicos que predominam no mel e a sua atividade antioxidante está associada à capacidade destes compostos em sequestrar radicais livres, formando moléculas mais estáveis (CIANCIOSI et al., 2018).

De acordo com dados do IBGE, o Brasil alcançou em 2019 valores de produção de mel em torno de 46 mil toneladas, um aumento de 8,5% em relação ao ano de 2018. Além disso, o estado Santa Catarina se destaca por obter premiações dos melhores méis do mundo, e possui

uma produção estimada acima da média nacional, alcançando em 2018/2019 5,8 mil toneladas (CUNHA, 2020; MALISZEWSKI, 2020).

Além do mel, as abelhas fornecem outros produtos como: geleia real, própolis, pólen e cera. No entanto, o mel é o produto mais difundido, e devido à riqueza dos seus constituintes químicos, a aplicação desta matéria-prima na forma de derivados, como o hidromel, é uma forma de diversificar e agregar valor ao produto.

2.2 Hidromel

O hidromel é uma bebida alcoólica fermentada a partir de mosto de mel apropriadamente diluído (KAWA-RYGIELSKA et al., 2019), podendo ser adicionado de ervas, especiarias e frutas (GUPTA; SHARMA, 2009). 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 (quadro1) (IG LESIAS et al., 2014).

Quadro 1 – Principais tipos de hidromel comercializados em diferentes partes do mundo.

Denominação	Ingredientes
<i>Mead</i>	Bebida fermentada de água e mel
<i>Great Mead</i>	Hidromel envelhecido
<i>Melomel</i>	Hidromel com adição de frutas (exceto uvas)
<i>Pyment</i>	Hidromel com adição de uvas (preferencialmente uvas viníferas)
<i>Metheglyn</i>	Hidromel com adição de especiarias, lúpulo ou pétalas de rosas
<i>Braggot</i>	Hidromel com adição de malte
<i>Hippocras</i>	Hidromel com adição de pimentas
<i>Cyser</i>	Hidromel com adição de maçã

Fonte: Adaptado de Venturini Filho (2016).

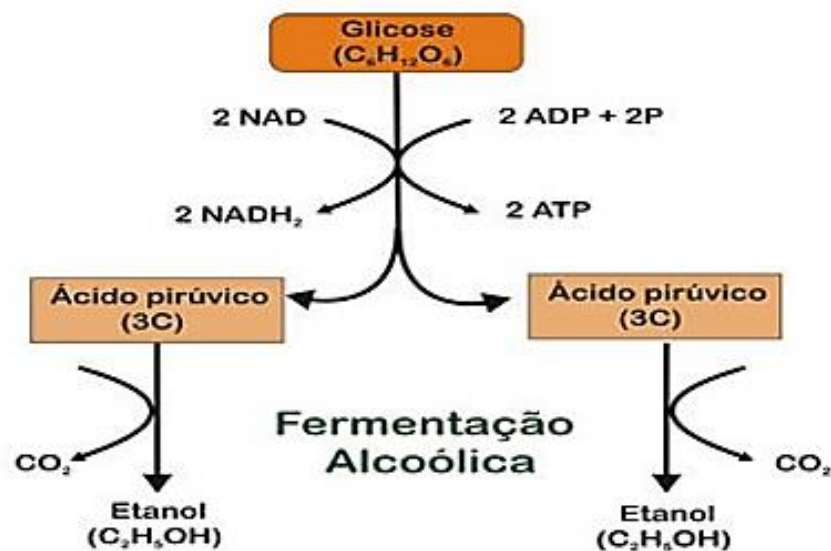
De acordo com o Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, hidromel é a bebida com graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida pela fermentação alcoólica de solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável (BRASIL, 2009). O teor alcoólico do hidromel está diretamente relacionado à quantidade de açúcar no mosto, e isto determinará o tipo de hidromel, podendo ser classificado como: seco,

meio seco ou doce (MORALES; ALCARDE; ANGELIS, 2013). Quanto aos padrões de identidade e qualidade, o hidromel deve seguir a Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012).

Segundo Mendes-Ferreira et al. (2010), em alguns países a fermentação alcoólica ocorre de forma natural por microrganismos selvagens que fazem parte da microbiota do mel, ou que estão presentes em equipamentos utilizados na produção do fermentado. No entanto, a fermentação sem adição de uma cultura específica (*starter*), pode acarretar um produto indesejável, devido à competição de substrato por microrganismos não desejados no meio, diminuindo a produção de etanol e CO₂, podendo ocasionar odor e sabor desagradáveis à bebida.

Dessa forma, as leveduras do gênero *Saccharomyces* são adicionadas ao hidromel pela sua alta capacidade de conversão dos açúcares em etanol. As leveduras desse gênero são microrganismos aeróbios facultativos, dando-lhes a capacidade de suportar condições de aerobiose e anaerobiose. Portanto, as condições do meio irão determinar as vias metabólicas utilizadas. Na fermentação alcoólica, as leveduras produzem etanol com maior eficiência em anaerobiose (Figura 1) (SANTOS et al., 2010).

Figura 1- Conversão anaeróbica da glicose em etanol por leveduras do gênero *Saccharomyces*.



Fonte: Madigan et al. (2010).

Para a conversão de glicose em etanol, é necessário entender duas etapas que ocorrem dentro da célula do microrganismo. Primeiramente, a conversão ocorre com a degradação da glicose por reações enzimáticas, que dará origem ao piruvato, esta primeira etapa é conhecida como glicólise. Na segunda etapa, o piruvato é descarboxilado e convertido em uma molécula intermediária, o acetaldeído, ocorrendo também a liberação de dióxido de carbono. Finalmente, o acetaldeído é convertido em etanol pela ação da enzima álcool-desidrogenase (MALAKAR; PAUL; POU, 2020). A fermentação do hidromel é um processo lento e dependente do tipo de cultura utilizada para o processo de fermentação, bem como a variedade e a composição do mel (MILESKI, 2016).

Durante o período de fermentação, podem ocorrer alguns problemas que comprometem as características sensoriais do hidromel, e por consequência a qualidade do produto. Estes problemas podem estar relacionados à incapacidade das cepas de leveduras em adaptarem-se a condições desfavoráveis de crescimento, como limitações em nutrientes, estresse osmótico, toxicidade e temperatura (ROLDÁN et al., 2011. De acordo com Morales, Alcarde e Angelis (2013), substratos com deficiência de nitrogênio e fósforo podem prolongar a fermentação, e como consequência, pode ocorrer a autólise das leveduras, deixando o hidromel vulnerável à contaminação bacteriana. Diante desses possíveis problemas, é importante que o hidromel tenha condições controladas e nutrientes suficientes, para obtenção de um melhor desempenho na fermentação e um produto de qualidade.

Como o hidromel é uma bebida versátil e de composição variável, diferentes estudos tem investigado o efeito da adição de frutas e ervas, importantes fontes naturais de compostos fenólicos, na fermentação e composição do hidromel (AMORIM et al., 2018; GUPTA; SHARMA, 2009; KAWA-RYGIELSKA et al., 2019). Neste sentido, a utilização de erva-mate na bebida torna-se uma alternativa de diversificação da produção de hidromel e de valorização desta matéria-prima regional.

2.3 Erva-mate

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) pertencente à família Aquifoliaceae, é uma planta nativa da América do Sul, facilmente encontrada nas regiões do sul do Brasil, norte da Argentina, Paraguai e Uruguai (BASTOS et al., 2007; HECK; MEJIA, 2007). A classificação da erva-mate se deu pelo naturalista francês August Saint Hillaire, que em suas

expedições realizou a coleta da erva na região que hoje é conhecida pela cidade de Curitiba, localizada no Paraná, sendo que em 1822 realizou a publicação da erva-mate no Museu de História Natural de Paris (KAEHLER et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2018). De acordo com Horbach et al. (2011), existem cerca de 500 espécies na família Aquifoliaceae. A *Ilex paraguariensis* (Figura 2) é uma árvore subtropical dióica que pode atingir até 15 metros de altura, no entanto, devido á podas constantes em sistemas agrícolas, chegam até 2 metros de altura (OLIVEIRA et al., 2018).

Figura 2- Erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.).



Fonte: Contreras (2007).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2018 a Região do Sul do Brasil foi a maior produtora ervateira nacional, com destaque em primeiro lugar para o estado do Paraná, com 345,09 mil toneladas, seguido no ranking de produção de erva-mate pelos estados do Rio Grande do Sul, com 24,8 mil toneladas e de Santa Catarina, com 23 mil toneladas, respectivamente (IBGE, 2019).

O seu consumo tradicional pode apresentar quatro formas de preparação: chimarrão, tererê, chá mate e mate cozido (BASTOS et al., 2007). A erva-mate também tem sido reconhecida por suas propriedades farmacológicas, com potencial terapêutico de utilização em casos de artrite, constipação, reumatismo, obesidade, fadiga, retenção de líquido, hipertensão, digestão lenta, desordens hepáticas, entre outras (HABTEMARIAM, 2019; JANG et al. 2018).

A erva-mate se destaca por sua composição química, apresentando elevado teor de minerais, como o cálcio, manganês, potássio, alumínio, fósforo e ferro. Além disso, possui vitaminas do tipo A, B1, B2, C e D; proteínas e aminoácidos essenciais; açúcares como: glicose, sacarose, frutose; compostos fenólicos, com predominância dos ácidos fenólicos (MIGOTTO, 2015; MORAIS et al., 2009). Segundo Mejía et al. (2010), devido à presença de componentes

bioativos na erva-mate, a ingestão de bebidas, como o chá de erva-mate, é uma alternativa para prover antioxidantes alimentares, agindo como protetores contra radicais livres e melhorando o sistema de defesa do organismo.

A *Ilex paraguariensis* tem sido amplamente estudada por ser considerada uma boa fonte de compostos fenólicos. Os flavonóides representam um dos grupos fenólicos mais importantes e diversificados entre os produtos de origem vegetal, estando presentes nas folhas da erva-mate, principalmente os compostos rutina, quercetina e campferol (HECK; MEJIA, 2007). Porém, o grupo responsável pela alta concentração fenólica da planta são os ácidos fenólicos, representados, principalmente, pelo ácido caféico e seus derivados: ácido clorogênico, ácido 3,4-dicafeoilquínico, ácido 3,5- dicafeoilquínico e ácido 4,5- dicafeoilquínico (MURAKAMI et al., 2011; SILVEIRA et al., 2016), que elevam a sua capacidade antioxidante (BRAVO; GOYA; LECUMBERRI, 2007). Assim, uma forma de ajudar o organismo a combater o estresse oxidativo é a ingestão de alimentos ricos em antioxidantes, incluindo os compostos fenólicos encontrados na erva-mate (BOAVENTURA et al., 2015).

Vieira et al. (2008), ao avaliarem a adição de resíduos de erva-mate na fabricação de doces, observou aumento considerável da capacidade antioxidante em balas formuladas com 1,2% de erva-mate em pó. Da mesma forma, Boaventura et al. (2015) avaliaram a melhoria dos parâmetros de peroxidação antioxidante e lipídica pelo consumo agudo de infusão crioconcentrada. Estes autores observaram que as infusões melhoraram os níveis de glutathione reduzida (tiol celular que participa de reações redox celulares) no sangue.

2.3.1 Métodos de extração dos compostos fenólicos da erva-mate

O termo extração significa retirar, da forma mais seletiva e completa possível, as substâncias ou frações ativas contidas na matéria-prima vegetal, utilizando para isso, um líquido ou mistura de líquidos tecnologicamente apropriados e seguros, sendo muito empregados os meios: aquosos, alcoólicos ou hidroalcoólicos (SONAGLIO et al., 2007).

Os métodos para extração de compostos fenólicos em vegetais, não possuem um procedimento padronizado, pois cada vegetal apresenta uma característica bioquímica diferente, o que pode influenciar diretamente no processo de extração. Os solventes utilizados, o tamanho das partículas, o tempo e a temperatura empregados, também são fatores relevantes que influenciam na extração dos compostos fenólicos (MURAKAMI et al., 2011; TURKMEN;

SARI; VELIOGLU, 2006). A extração dessas substâncias com solventes orgânicos pode ser eficiente para alguns casos, porém seu uso é limitado, dependendo da toxicidade para o consumo humano e por isso, a água é um dos líquidos extratores mais importantes e com maior aceitabilidade no mercado de alimentos (MURAKAMI et al., 2011).

Estudos têm investigado a utilização de água quente e água fria como solventes para a extração dos compostos fenólicos da *Ilex paraguariensis* (BIXBY et al. 2005; CORREA et al., 2017). No entanto, vários fatores podem influenciar este tipo de extração, como por exemplo: tempo, temperatura e concentração da erva-mate. Por isso, são necessários testes que melhor se adequam à extração dos compostos fenólicos da *Ilex paraguariensis* (MURAKAMI et al., 2011) visando a aplicação destes extratos em alimentos. Vale destacar que os estudos enfatizam a extração aquosa, principalmente pela aplicação tradicional da erva-mate no chimarrão, tererê e chá mate.

Na literatura, são encontrados diferentes métodos de extração de erva-mate em meio aquoso, com variações no binômio tempo/temperatura. Estudos utilizando extração aquosa à quente são mais comuns e tem apresentado elevados valores para a composição fenólica das folhas da erva-mate (PAGLIOSA et al., 2010; PRUDÊNCIO et al., 2012; ZIELINSKI et al., 2014). Correa et al. (2017) e Silveira et al. (2016) investigaram a composição fenólica e a atividade antioxidante de extratos à quente, simulando o chimarrão, e à frio, simulando o tererê, e observaram valores mais expressivos nas bebidas submetidas à temperatura maiores (90 °C por 5 minutos e 75 °C por 30 segundos, respectivamente), em comparação à extração à frio (10 °C por 5 minutos e 11 °C por 30 segundos, respectivamente).

A adição de extrato aquoso de erva-mate tem sido empregada em diferentes matrizes alimentícias, como por exemplo, em queijo fresco (SARAIVA et al., 2019) e em bebida fermentada probiótica funcional (LIMA et al., 2012). Neste contexto, se faz necessária a ampliação de pesquisas que visem identificar métodos adequados para extração de compostos fenólicos presentes nas folhas de erva-mate, levando em consideração possíveis aplicações em diferentes matrizes, incluindo bebidas alcoólicas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Preparação da erva-mate

As folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil) *in natura* foram obtidas da safra 2017, e fornecidas pela empresa Inovamate, localizada na cidade de Ilópolis – RS. As folhas foram lavadas manualmente em água corrente para retirada das sujidades aparentes e posteriormente submetidas ao processo de inativação enzimática (branqueamento), em que foram submersas em água a 95 ± 2 °C durante 30 segundos, e em seguida resfriadas por imersão em água contendo gelo. Após esta etapa, as folhas passaram pelo processo de pré-secagem em centrífuga manual para retirada do excesso de água, e em seguida, foram secas em estufa com circulação de ar a 45 ± 2 °C durante 24 horas. As folhas secas foram submetidas a moagem em moinho de facas (Marconi, M048, São Paulo, Brasil), até atingir os tamanhos de partículas na faixa de ≤ 245 μm .

As amostras foram identificadas e acondicionadas em embalagens de polietileno metalizadas e levadas para o armazenamento em temperatura de -18 ± 2 °C.

3.2 Preparação do mosto e fermentação do hidromel

Os mostos foram elaborados de acordo com a metodologia proposta por Roldán et al. (2011), com modificações, utilizando mel comercial silvestre (Apiário Real, São Joaquim, Brasil) (*Apis mellifera*), com cerca de 80 °Brix, água mineral (Imperatriz, Santo Amaro da Imperatriz, Brasil). Foram elaboradas três formulações de hidromel: 1) HC – hidromel controle (o mel foi diluído em água mineral a 30 °C até obter um mosto (MC) com cerca de 22°Brix); 2) HF – hidromel com extrato de erva-mate obtido à frio (diluiu-se o mel em água mineral a 30 °C contendo 1% de erva-mate em pó (m/m) até obter um mosto (MF) com cerca de 22°Brix); e 3) HQ – hidromel com extrato de erva-mate obtido à quente (diluiu-se o mel em um extrato aquoso a 30 °C contendo 1% de erva-mate em pó (m/m) até obter um mosto (MQ) com cerca de 22°Brix. Para esta última formulação foi feita uma infusão de erva-mate em pó em água à 90 °C por 5 minutos, com posterior resfriamento a 30 °C. Em todas as formulações foram adicionados metabissulfito de potássio (0,015g/L) (para a inibição de bactérias ácido lácticas), e cultura comercial de *Saccharomyces bayanus* (1g/L) (Red Star Premier Blanc,

Langerbruggekaai, Bélgica). O processo fermentativo foi realizado em fermentadores de vidro com capacidade para 500 ml, em incubadora BOD (TE-371, Tecnal, Piracicaba, Brasil) a 25°C e acompanhado rotineiramente, durante 21 dias, através de medidas de sólidos solúveis totais, pH e pesagem dos fermentadores (até peso constante). Ao final da fermentação os hidroméis foram refrigerados (5°C) por uma semana e na sequência foram filtrados e engarrafados.

3.3 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas nos mostos e nos hidroméis. A determinação do pH foi realizada em potenciômetro (Tec-7, Tecnal, Piracicaba, Brasil), a acidez total (% ácido cítrico) foi determinada de acordo com as metodologias descritas no Manual de Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado em refratômetro digital (HI96801, Hanna Instruments, Barueri, Brasil). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.4 Determinação do teor alcoólico

O teor alcoólico dos hidroméis foi determinado em triplicata, de acordo com a metodologia proposta pela Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2012).

3.5 Análise de cor

A análise da cor dos mostos e dos hidroméis foi determinada através de um colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-400, Osaka, Japão), ajustado para operar com iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, previamente calibrado. A escala de cor CIELab foi usada para medir os parâmetros L*, a*, 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*).

3.6 Análise do teor de compostos fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos totais do mel, dos mostos e dos hidroméis foi determinado em triplicata utilizando o método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI,

1965). Em 7,9 mL de água destilada adicionou-se 0,1 mL de amostra (previamente diluída), 0,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu, e em seguida adicionou-se 1,5mL de carbonato de sódio (Na_2CO_3). Após incubação por 2 hora no abrigo da luz e à temperatura ambiente, realizou-se a leitura da absorbância a 760 nm em espectrofotômetro UV-VIS (modelo U-1800, Hitachi, Japão). A curva de calibração foi preparada com o padrão de ácido gálico e utilizada para expressar os resultados em mg equivalente de ácido gálico (EAG) por litro de amostra.

3.7 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos mostos e dos hidroméis foram determinadas em triplicata utilizando dois métodos distintos, sendo eles: 1) método de geração do cátion radical ABTS (ácido 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina)-6-ácido sulfônico), conforme descrito por Re et al. (1999); e 2) potencial antioxidante redutor férrico (FRAP), conforme método descrito por Benzie e Strain (1996).

No método ABTS, uma alíquota de 0,06 mL de hidromel foi misturada com 2,94 mL de solução ABTS⁺. Após 6 minutos de incubação, a absorbância da mistura foi medida em espectrofotômetro UV-VIS (modelo U-1800, Hitachi, Japão) a 754nm. Os dados foram expressos em μmol equivalente de Trolox da capacidade antioxidante por litro de hidromel (μmol Trolox/ L).

Para o método FRAP, uma alíquota de 0,1mL de amostra foi misturada com 0,1mL de cloreto férrico (FeCl_3) (3mM). A mistura foi incubada a 37°C durante 30 minutos em banho maria. Em seguida adicionou-se 1,8mL de solução de 2,4,6tripiridil-s-triazina (TPTZ). Após repouso de 10 minutos a absorbância da mistura foi medida em espectrofotômetro UV-VIS (modelo U-1800, Hitachi, Japão) a 620nm. Os dados foram expressos em μmol equivalente de Trolox da capacidade antioxidante por litro de hidromel (μmol Trolox/ L).

3.8 Análise estatística

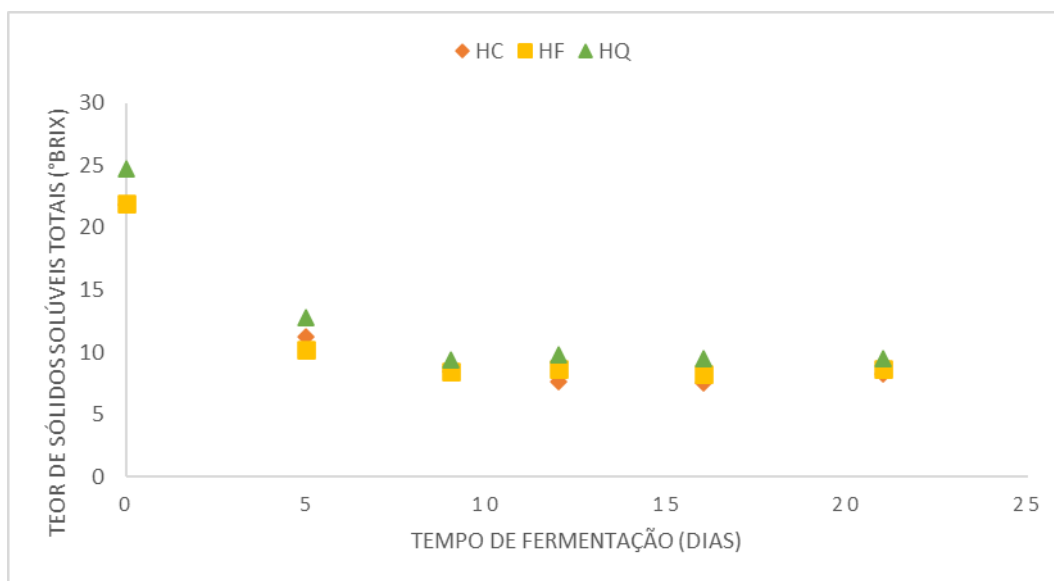
Os dados obtidos foram expressos como média \pm desvio padrão. A análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey com 5% de significância foram empregados para verificar a existência de diferenças significativas entre as amostras. A análise dos dados foi realizada utilizando o software STATISTICA versão 13.3 (TIBCO Inc., Palo Alto, EUA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da fermentação dos hidroméis

O processo fermentativo dos hidroméis teve duração de 21 dias e ao longo deste período foram realizadas análises periódicas do teor de sólidos solúveis totais (SST) e do pH para verificação de consumo do substrato pelas leveduras e da atividade fermentativa, conforme demonstrado nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

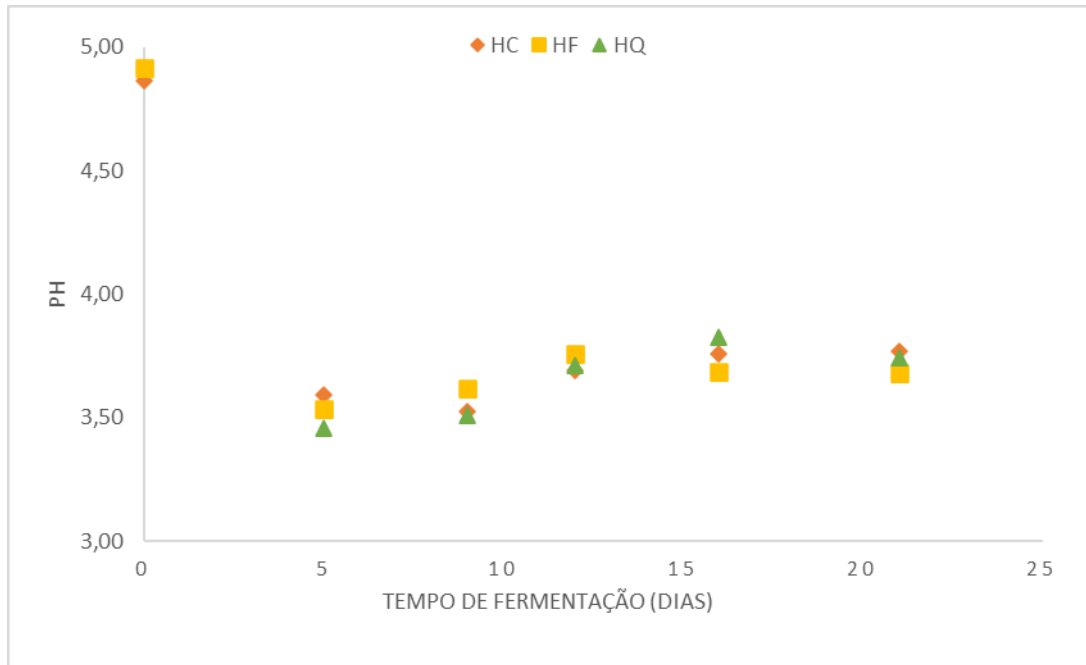
Figura 3 - Evolução do teor de sólidos solúveis totais durante o processo de fermentação dos hidroméis: controle (HC), com erva-mate com extração à frio (HF) e com erva-mate com extração à quente (HQ).



Fonte: Próprio autor.

Nos primeiros nove dias de fermentação houve uma diminuição ($p < 0,05$) nos valores de sólidos solúveis totais em todas as amostras analisadas, demonstrando um grande potencial na transformação de açúcares em etanol pelas leveduras. Do nono dia até o vigésimo primeiro dia, o processo de fermentação seguiu com um comportamento mais lento, com menor metabolização dos açúcares dos mostos, até os fermentadores apresentarem peso constante de 574,39 g.

Figura 4- Acompanhamento do pH durante o processo fermentativo dos mostos: controle (HC), com erva-mate com extração à frio (HF) e com erva-mate com extração à quente (HQ).



Fonte: Próprio autor.

A figura 4 apresenta uma queda elevada ($p < 0,05$) e constante dos valores de pH para todas as amostras de hidromel até o quinto dia de fermentação. Comportamento semelhante foi observado por Chen et al. (2013), que avaliaram modificações físico-químicas durante a fermentação de hidroméis elaborados com diferentes leveduras. Após o quinto dia de fermentação observou-se uma estabilidade do pH das amostras ($p > 0,05$). De acordo com Pereira et al. (2009), além do etanol, outros compostos são gerados durante a fermentação do hidromel, incluindo os ácidos orgânicos, que podem alterar o pH da bebida. Sroka et al. (2007) demonstraram que os ácidos acéticos e succínico formados durante a fermentação do hidromel diminuíram o pH da bebida.

4.2 Avaliação das propriedades físico-químicas dos mostos e dos hidroméis

A avaliação físico-química dos mostos (antes do processo fermentativo) e dos hidroméis (após o processo fermentativo) foi realizada a partir das análises de sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez e os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 - Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros físico-químicos das amostras de mosto e de hidromel: controle (MC e HC), com erva-mate com extração à frio (MF e HF) e com erva-mate com extração à quente (MQ e HQ).

Tratamentos	SST (°Brix)	pH	Acidez (mEq/L)
MC	21,90 \pm 0,10 ^{aA}	4,86 \pm 0,06 ^{aA}	5,50 \pm 0,50 ^{aA}
MF	21,93 \pm 0,06 ^{aA}	4,92 \pm 0,02 ^{aA}	14,50 \pm 0,50 ^{bA}
MQ	24,73 \pm 0,06 ^{bA}	4,99 \pm 0,04 ^{aA}	15,50 \pm 0,50 ^{bA}
HC	8,30 \pm 0,17 ^{aB}	3,85 \pm 0,02 ^{abB}	49,50 \pm 1,50 ^{aB}
HF	8,83 \pm 0,06 ^{bB}	3,69 \pm 0,03 ^{bB}	60,50 \pm 1,50 ^{bB}
HQ	9,90 \pm 0,26 ^{cB}	3,82 \pm 0,03 ^{aB}	60,00 \pm 0,00 ^{bB}

^{a-c} Diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras para a mesma categoria de amostra (mosto ou hidromel).

^{A-B} Diferentes letras maiúsculas sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos para a mesma amostra.

Os resultados de sólidos solúveis totais obtidos para os mostos demonstram que não houve uma diferença ($p > 0,05$) entre as amostras controle (MC) e com erva-mate com extração à frio (MF). No entanto, o mosto com erva-mate com extração à quente (MQ) apresentou maior ($p < 0,05$) valor de SST do que as demais amostras. Gomes et al. (2013), ao avaliarem o efeito do tratamento térmico na elaboração de hidroméis, perceberam que a utilização de temperaturas elevadas na elaboração das bebidas resultou em um aumento da concentração de açúcares nos mostos. No entanto, neste trabalho, apenas a erva-mate foi submetida ao tratamento térmico, sendo o mel adicionado após o resfriamento do extrato aquoso, indicando uma influência da temperatura e do tempo de extração da erva-mate na concentração dos sólidos solúveis deste mosto. Ao comparar os resultados de sólidos solúveis totais após a fermentação dos hidroméis, verificaram-se diferenças ($p < 0,05$) entre as três amostras, sendo que o hidromel controle (HC) apresentou os menores valores de SST. No entanto, comparando os dados dos mostos e dos hidroméis analisados, observou-se uma grande diminuição ($p < 0,05$) do teor de SST em todas as amostras durante a fermentação, indicando que houve uma conversão eficiente de açúcares em etanol pelas leveduras.

Quanto aos resultados de pH, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre os mostos, com valores variando entre 4,86 e 4,99. De acordo com Lin et al. (2012), a capacidade

de produção de etanol está diretamente relacionada ao pH do mosto. Estes autores consideraram uma faixa ótima de produção de etanol entre pH 4,0 e 5,0, sendo que valores inferiores a 4,0 e superiores a 5,0 tornam o processo mais lento, exigindo maior tempo de incubação para que se possa atingir uma maior concentração do etanol no sistema. Após a fermentação, foi verificada uma diminuição nesse parâmetro ($p < 0,05$) para todas as amostras, sendo que o hidromel controle não apresentou diferença ($p > 0,05$) em relação à amostra HF e HQ. Kawa-Rygielska et al. (2019) avaliaram hidroméis contendo ervas e frutas e observaram diminuição do pH das amostras com o avanço da fermentação. De acordo com estes autores, a diminuição do pH se deve ao processo fermentativo, pois durante esse processo são gerados ácidos orgânicos através do metabolismo das leveduras, que contribuem para a diminuição deste parâmetro.

Ao avaliar os resultados de acidez, percebeu-se uma diferença expressiva ($p < 0,05$) entre o mosto controle e os mostos com extrato de erva-mate (MF e MQ), que apresentaram uma acidez mais elevada. Com isto, os resultados sugerem que a adição de 1% de erva-mate em pó nos mostos de hidromel, independentemente do tratamento térmico, contribuiu para o aumento da acidez nas amostras. Comportamento semelhante foi observado após a fermentação, com um aumento considerável ($p < 0,05$) da acidez total nas amostras de hidromel, sendo mais significativo nas amostras com erva-mate. Sroka et al. (2007) afirmaram que o aumento da acidez total é ocasionado pela síntese de ácidos orgânicos durante a fermentação do hidromel e como consequência o pH do sistema tende a diminuir. Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2012), o valor de acidez total para o hidromel deve estar na faixa entre 50 e 130 mEq/L. Sendo assim, os hidroméis HC, HF e HQ estão de acordo com o exigido pela legislação.

4.3 Análise de teor alcoólico dos hidroméis

O etanol é o metabólito primário que se deseja na fermentação alcoólica, neste sentido, os resultados obtidos para teor alcoólico nos hidroméis HC, HF e HQ foram: $10,10 \pm 0,01\%$, $10,05 \pm 0,00\%$ e $11,05 \pm 0,00\%$, respectivamente. Estes resultados indicaram diferenças ($p < 0,05$) entre as amostras de hidroméis, com um maior teor alcoólico para o hidromel elaborado com erva-mate com extração à quente. Este resultado provavelmente ocorreu devido ao maior teor de SST iniciais desta amostra (mosto antes da fermentação – Tabela 2) decorrente da concentração de açúcares durante a extração à quente, favorecendo uma maior produção de etanol pelas leveduras. De acordo com a Instrução Normativa n° 34 do MAPA, que aprova o

Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade das Bebidas Fermentadas (BRASIL, 2012), o teor alcoólico do hidromel deve apresentar-se entre 4 e 14%. Portanto, o teor alcoólico das amostras de hidromel avaliadas neste estudo encontra-se na faixa estabelecida pela legislação vigente.

4.4 Avaliação de cor dos mostos e dos hidroméis

Os resultados dos parâmetros de cor L^* , a^* e b^* dos mostos (antes do processo fermentativo) e dos hidroméis (após o processo fermentativo) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 2 - Valores médios \pm desvio padrão dos parâmetros de cor das amostras de mosto e de hidromel: controle (MC e HC), com erva-mate com extração à frio (MF e HF) e com erva-mate com extração à quente (MQ e HQ).

Tratamentos	L^*	a^*	b^*
MC	48,11 \pm 0,41 ^{aA}	0,23 \pm 0,04 ^{aA}	20,94 \pm 0,21 ^{aA}
MF	25,35 \pm 0,15 ^{bA}	-3,18 \pm 0,04 ^{bA}	7,09 \pm 0,19 ^{bA}
MQ	26,23 \pm 0,36 ^{bA}	2,81 \pm 0,02 ^{cA}	6,44 \pm 0,26 ^{bA}
HC	34,16 \pm 0,01 ^{aB}	1,71 \pm 0,05 ^{aB}	14,93 \pm 0,02 ^{aB}
HF	40,19 \pm 0,38 ^{bB}	0,75 \pm 0,03 ^{bB}	24,71 \pm 0,11 ^{bB}
HQ	41,23 \pm 0,92 ^{bB}	0,09 \pm 0,11 ^{cB}	23,42 \pm 0,32 ^{cB}

^{a-c} Diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras para a mesma categoria de amostra (mosto ou hidromel).

^{A-B} Diferentes letras maiúsculas sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos para a mesma amostra.

As amostras de mosto e de hidromel apresentaram baixa luminosidade ($L^* \leq 50$), devido à influência das matérias-primas empregadas. De acordo com Saxena, Gautam e Sharma (2010), quando o mel apresenta um $L^* > 50$ são caracterizados como méis claros, enquanto os méis mais escuros possuem um $L^* \leq 50$. No entanto, antes da fermentação, os mostos dos hidroméis contendo os extratos de erva-mate (MF e MQ) apresentaram menor ($p < 0,05$) luminosidade em relação ao mosto controle, indicando que a utilização de 1% de erva-mate em pó exerceu influência neste parâmetro. Por outro lado, após a fermentação a luminosidade diminuiu ($p < 0,05$) no hidromel controle e aumentou ($p < 0,05$) nos hidroméis com erva-mate.

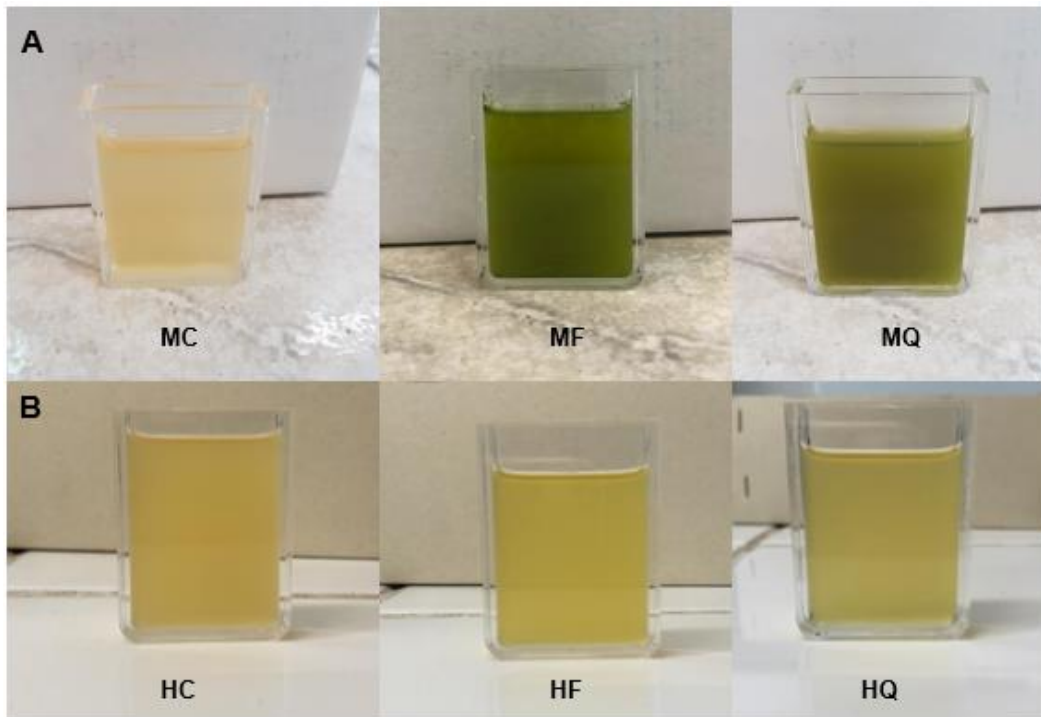
Este aumento na luminosidade pode ser decorrente do processo de filtração que as amostras foram submetidas.

O parâmetro a^* indica a variação do verde (-) ao vermelho (+) (SAXENA; GAUTAM; SHARMA, 2010). Assim, observou-se que os mostos diferiram entre si ($p < 0,05$) neste parâmetro, com as amostras MC e MQ apresentando uma tendência à cor vermelha, enquanto a amostra MF apresentou uma tendência à cor verde. Este comportamento pode estar relacionado à preservação dos pigmentos verdes da erva-mate na amostra que não foi submetida à extração à quente. De acordo com Andrés-Bello et al. (2013), a estabilidade da clorofila é comprometida quando submetida a uma temperatura superior a 50°C , alterando a coloração do alimento. Após a fermentação, observou-se que todas as amostras apresentaram tendência ao vermelho, com diferentes intensidades ($p < 0,05$). De acordo com Schmalko et al. (2005), quando a clorofila sofre degradação, a coordenada a^* é afetada, apresentando tendência ao vermelho. No entanto, a amostra HQ apresentou diminuição do valor de a^* após a fermentação, provavelmente devido ao processo de filtração da bebida.

Quanto aos resultados do parâmetro b^* , todos os mostos e hidroméis apresentaram uma tendência à cor amarela, com maiores ($p < 0,05$) valores para o mosto controle, antes da fermentação. No entanto, após o processo fermentativo, observaram-se maiores ($p < 0,05$) valores de b^* para os hidroméis com erva-mate, revelando transformações químicas nos compostos de cor destas amostras. De acordo com Tijssens, Barringer e Biekman (2001), o pH exerce grande influência na coloração de alimentos que apresentam o pigmento clorofila. Estes autores sugerem que o íon Mg^{2+} , presente na estrutura da clorofila, pode ser facilmente removido por reação com ácidos fracos e aquecimento, resultando na feofitina, que apresenta coloração tendendo ao marrom oliva. Assim, essas reações bioquímicas podem ter influenciado os resultados do parâmetro b^* dos hidroméis HF e HQ.

As alterações no perfil de cor das amostras de mostos e hidroméis podem ser visualizadas na Figura 5.

Figura 5 – Coloração das amostras de mosto (A) e de hidromel (B), controle (MC e HC), com erva-mate com extração à frio (MF e HF) e com erva-mate com extração à quente (MQ e HQ), respectivamente.



Fonte: Próprio autor

4.5 Avaliação do teor de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante dos mostos e dos hidroméis

Os resultados dos compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante para as amostras de mosto e de hidromel, estão apresentados na tabela 4.

Tabela 3- Valores médios \pm desvio padrão dos compostos fenólicos totais (CFT) e da atividade antioxidante (métodos ABTS e FRAP) das amostras de mosto e de hidromel: controle (MC e HC), com erva-mate com extração à frio (MF e HF) e com erva-mate com extração à quente (MQ e HQ).

Tratamentos	CFT	ABTS	FRAP
MC	107,52 \pm 3,70 ^{aA}	140,80 \pm 1,95 ^{aA}	470,03 \pm 44,21 ^{aA}
MF	919,09 \pm 31,82 ^{bA}	2896,85 \pm 46,26 ^{bA}	5244,40 \pm 522,90 ^{bA}
MQ	1002,42 \pm 64,50 ^{bA}	3257,96 \pm 37,82 ^{cA}	6042,78 \pm 266,00 ^{cA}
HC	156,30 \pm 1,84 ^{aA}	222,46 \pm 1,16 ^{aB}	1885,73 \pm 272,46 ^{aB}
HF	526,67 \pm 11,44 ^{bB}	2478,98 \pm 35,17 ^{bB}	3138,55 \pm 70,14 ^{bB}
HQ	597,88 \pm 35,31 ^{bB}	2437,31 \pm 163,07 ^{bB}	3222,37 \pm 89,47 ^{bB}

CFT: mg EAG/L / ABTS: μ m Trolox/L /FRAP: μ m Trolox/L ^{a-c}Diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras para a mesma categoria de amostra (mosto ou hidromel).

^{A-B} Diferentes letras maiúsculas sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos para a mesma amostra.

Os resultados dos compostos fenólicos totais dos mostos demonstram que a amostra controle apresentou menores valores ($p < 0,05$) em relação aos mostos adicionados de erva-mate. Perfil semelhante também foi observado nos hidroméis. No entanto, após a fermentação observou-se uma redução ($p < 0,05$) nos teores de CFT das amostras HF e HQ em comparação aos respectivos mostos (MF e MQ), mas sem diferenças ($p > 0,05$) entre si, indicando que o tipo de extração realizada não interferiu na quantificação desses compostos. Apesar dessa diminuição, os hidroméis contendo erva-mate apresentaram uma quantidade mais expressiva ($p < 0,05$) de compostos fenólicos totais em comparação ao hidromel controle. Ribeiro et al. (2019), ao investigarem o potencial de bioadsorção de compostos fenólicos de erva-mate na biomassa de *S. cerevisiae*, verificaram uma queda significativa dos CFT do extrato bruto de erva-mate após a bioadsorção pelas leveduras. Segundo estes autores, o composto fenólico com maior retenção nas células de *S. cerevisiae* foi o ácido clorogênico, principal composto fenólico da erva-mate. Assim, sugere-se que as leveduras empregadas para a fermentação dos hidroméis podem ter retido em suas células uma parte dos compostos fenólicos dos extratos de erva-mate.

Os resultados para atividade antioxidante indicaram que a adição de erva-mate nos mostos influenciou positivamente ($p < 0,05$) este parâmetro, com resultados mais expressivos ($p < 0,05$) para a amostra contendo o extrato de erva-mate com extração à quente (MQ). Ribeiro

et al. (2019) ao avaliarem o extrato da erva-mate obtido à quente, observaram resultados semelhante aos obtidos neste estudo, tanto para o método ABTS, quanto FRAP. Da mesma forma, Rodrigues et al. (2015) também obtiveram resultados próximos aos deste estudo em extratos de erva-mate obtidos à frio, ao testarem o método ABTS. Após a fermentação, os resultados expressaram um aumento ($p < 0,05$) da atividade antioxidante para o hidromel controle e uma diminuição ($p < 0,05$) para os hidroméis adicionados de erva-mate. No entanto, mesmo ocorrendo uma diminuição da atividade antioxidante após o processo fermentativo, as amostras de hidromel HF e HQ mostraram valores bem superiores ($p < 0,05$) em comparação ao hidromel controle. Além disso, os resultados dos hidroméis com erva-mate (HF e HQ) também foram superiores aos observados por Kawa-Rygielska et al. (2019) em hidroméis adicionados de sementes de uva (ABTS - 1180,0 $\mu\text{m/L}$ e FRAP - 1170 $\mu\text{m/L}$), revelando o potencial antioxidante da erva-mate em bebidas fermentadas.

Apesar dos resultados promissores, deve ser considerado que, para a análise dos mostos (MF e MQ), contendo o pó de erva-mate, não foi realizado um processo de filtração, ou seja, continham partículas do pó em suspensão, e apesar de serem submetidos à diluições, estas partículas podem ter influenciado na leitura de absorvância, e conseqüentemente no resultado final dos compostos fenólicos totais e atividade antioxidante para as amostras MF e MQ.

5 CONCLUSÃO

A realização deste trabalho demonstrou que a elaboração de hidromel com adição de extratos de erva-mate pode ser uma alternativa viável para produção de um fermentado alcoólico com elevado potencial bioativo.

As amostras de hidromel apresentaram parâmetros físico-químicos de acordo com a legislação vigente, além de uma baixa luminosidade e tendência à cor amarela. Também foi possível notar que a adição de erva-mate aumentou o teor de compostos fenólicos totais das bebidas e potencializou a sua atividade antioxidante, sem diferenças entre as bebidas preparadas com extratos aquosos de erva-mate, obtidos à frio e à quente. Este foi um estudo pioneiro empregando diferentes extratos de erva-mate para produção de hidromel, que revelou resultados promissores, sugerindo novos estudos em busca de uma caracterização mais completa do produto.

REFERÊNCIAS

- AKALĐN, Hüsne; BAYRAM, Mustafa; ANLđ, Rahmi Ertan. Determination of some individual phenolic compounds and antioxidant capacity of mead produced from different types of honey. **Journal Of The Institute Of Brewing**, [S.L.], v. 123, n. 1, p. 167-174, jan. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jib.396>.
- ALVAREZ-SUAREZ, José M.; GIAMPIERI, Francesca; GONZÁLEZ-PARAMÁS, Ana M.; DAMIANI, Elisabetta; ASTOLFI, Paola; MARTINEZ-SANCHEZ, Gregorio; BOMPADRE, Stefano; QUILES, José L.; SANTOS-BUELGA, Celestino; BATTINO, Maurizio. Phenolics from monofloral honeys protect human erythrocyte membranes against oxidative damage. **Food And Chemical Toxicology**, [S.L.], v. 50, n. 5, p. 1508-1516, maio 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2012.01.042>.
- AMORIM, Thaíse Souza; LOPES, Solimar de Brito; BISPO, Jose Ailton Conceição; BONAFE, Carlos Francisco Sampaio; CARVALHO, Giovani Brandão Mafra de; MARTÍNEZ, Ernesto Acosta. Influence of acerola pulp concentration on mead production by *Saccharomyces cerevisiae* AWRI 796. **Lwt**, [S.L.], v. 97, p. 561-569, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.009>.
- ANDRÉS-BELLO, A.; BARRETO-PALACIOS, V.; GARCÍA-SEGOVIA, P.; MIR-BEL, J.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.. Effect of pH on Color and Texture of Food Products. **Food Engineering Reviews**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 158-170, 9 maio 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12393-013-9067-2>.
- BASTOS, D. H. M. et al. Yerba maté: Pharmacological Properties, Research and Biotechnology. **Medicinal And Aromatic Plant Science And Biotechnology**, São Paulo, v. 1, p.37-46, 2007.
- 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.
- BERTONCELJ, J; DOBERSEK, U; JAMNIK, M; GOLOB, T. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 105, n. 2, p. 822-828, 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.060>.
- BIXBY, Mindy; SPIELER, Lauren; MENINI, Teresita; GUGLIUCCI, Alejandro. Ilex paraguariensis extracts are potent inhibitors of nitrosative stress: a comparative study with green tea and wines using a protein nitration model and mammalian cell cytotoxicity. **Life Sciences**, [S.L.], v. 77, n. 3, p. 345-358, jun. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lfs.2004.11.030>.
- BOAVENTURA, Brunna Cristina Bremer; SILVA, Edson Luiz da; LIU, Rui Hai; PRUDÊNPIO, Elane Schwinden; PIETRO, Patricia Faria di; BECKER, Aline Minuzzi; AMBONI, Renata Dias de Mello Castanho. Effect of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) infusion obtained by freeze concentration technology on antioxidant status of healthy individuals. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 62, n. 2, p. 948-954, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.028>.

BONTÉ, Frédéric; DESMOULIÈRE, Alexis. Le miel : origine et composition. **Actualités Pharmaceutiques**, [S.L.], v. 52, n. 531, p. 18-21, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpha.2013.10.004>.

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 nº 34, de 9 de novembro de 2012. Complementa os padrões de identidade e qualidade para as bebidas fermentadas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 nov. 2012.

CUNHA, Rodrigo Durieux da. **Produção de mel em Santa Catarina**. 2020. Governo do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <https://www.sc.gov.br/noticias/temas/agricultura-e-pesca/conheca-as-variedades-e-beneficios-do-mel-produzido-em-santa-catarina>. Acesso em: 05 dez. 2020.

BRAVO, Laura; GOYA, Luis; LECUMBERRI, Elena. LC/MS characterization of phenolic constituents of mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.) and its antioxidant activity compared to commonly consumed beverages. **Food Research International**, [S.L.], v. 40, n. 3, p. 393-405, abr. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.016>.

CAMARGO, Ricardo Costa Rodrigues de; PEREIRA, Fábria de Mello; LOPES, Maria Teresa do Rêgo. **Produção de Mel**. Teresina: Embrapa, 2002.

CHEN, Chien-Hao; WU, Yi-Lin; LO, Diana; WU, Ming-Chang. Physicochemical property changes during the fermentation of longan (*Dimocarpus longan*) mead and its aroma composition using multiple yeast inoculations. **Journal Of The Institute Of Brewing**, [S.L.], v. 119, n. 4, p. 303-308, 24 out. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jib.95>.

CIANCIOSI, Danila; FORBES-HERNÁNDEZ, Tamara; AFRIN, Sadia; GASPARRINI, Massimiliano; REBOREDO-RODRIGUEZ, Patricia; MANNA, Piera; ZHANG, Jiaojiao; LAMAS, Leire Bravo; FLÓREZ, Susana Martínez; TOYOS, Pablo Agudo. Phenolic Compounds in Honey and Their Associated Health Benefits: a review. **Molecules**, [S.L.], v. 23, n. 9, p. 1-20, 11 set. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules23092322>.

CORREA, Vanesa G.; GONÇALVES, Geferson A.; SÁ-NAKANISHI, Anacharis B. de; FERREIRA, Isabel C.F.R.; BARROS, Lillian; DIAS, Maria I.; KOEHNLEIN, Eloá A.; SOUZA, Cristina G.M. de; BRACHT, Adelar; PERALTA, Rosane M.. Effects of in vitro digestion and in vitro colonic fermentation on stability and functional properties of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) beverages. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 237, p. 453-460, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.125>.

FRIZON, Cátia; PERUSSELLO, Camila; STURION, José; HOFFMANN-RIBANI, Rosemary. Novel Beverages of Yerba-Mate and Soy: bioactive compounds and functional properties. **Beverages**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 21-32, 6 mar. 2018. MDPI AG.

GOMES, Teresa; BARRADAS, Carla; DIAS, Teresa; VERDIAL, João; MORAIS, Jorge Sá; RAMALHOSA, Elsa; ESTEVINHO, Leticia M.. Optimization of mead production using Response Surface Methodology. **Food And Chemical Toxicology**, [S.L.], v. 59, p. 680-686, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.06.034>.

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.

HABTEMARIAM, Solomon. The chemical and pharmacological basis of yerba maté (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) as potential therapy for type 2 diabetes and metabolic syndrome. **Medicinal Foods As Potential Therapies For Type-2 Diabetes And Associated Diseases**, [S.L.], p. 943-983, 2019. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-102922-0.00024-9>.

HECK, C.I.; MEJIA, E.G. de. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. **Journal Of Food Science**, [S.L.], v. 72, n. 9, p. 138-151, nov. 2007. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00535.x>.

HERMOSÍN, Isidro; CHICÓN, Rosa M.; CABEZUDO, M. Dolores. Free amino acid composition and botanical origin of honey. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 83, n. 2, p. 263-268, nov. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0308-8146\(03\)00089-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0308-8146(03)00089-x).

HORBACH, Micheli Angélica; BISOGNIN, Dilson Antônio; KIELSE, Paula; QUADROS, Kenia Michele de; FICK, Tiago Antonio. Micropropagação de plântulas de erva-mate obtidas de embriões zigóticos. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 41, n. 1, p. 113-119, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782011000100018>.

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

IBGE. Agência IBGE Notícias: Pevs 2018: **produção da silvicultura e da extração vegetal chega a R\$ 20,6 bilhões e cresce 8,0% em relação a 2017**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25437-pevs-2018-producao-da-silvicultura-e-da-extracao-vegetal-chega-a-r-20-6-bilhoes-e-cresce-8-0-em-relacao-a-2017>. Acesso em: 22 jan. 2020.

IGLESIAS, Antonio; PASCOAL, Ananias; CHOUPINA, Altino; CARVALHO, Carlos; FEÁS, Xesús; ESTEVINHO, Leticia. Developments in the Fermentation Process and Quality Improvement Strategies for Mead Production. **Molecules**, [S.L.], v. 19, n. 8, p. 12577-12590, 19 ago. 2014. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules190812577>.

JANG, Seung-Hee., HOSSAIN, Md. Akil, LEE, Jong Suk., REZA, Md. Ahsanur, LEE, Sam-Pin, KANG, Jeong Woo, & PARK, Seung-Chun. Hepatoprotective effects of *Ilex paraguariensis* St. Hilaire (Yerba mate) extract in rats. **Indian Journal of Traditional Knowledge**. p. 707-715, 2018.

KAEHLER, Miriam; GOLDENBERG, Renato; EVANGELISTA, Paulo Henrique Labiak; RIBAS, Osmar dos Santos; VIEIRA, Ana Odete Santos; HATSCHBACH, Gerdt Guenther. **Plantas vasculares do Paraná**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014.

KAWA-RYGIELSKA, Joanna; ADAMENKO, Kinga; KUCHARSKA, Alicja Z.; SZATKOWSKA, Kamila. Fruit and herbal meads – Chemical composition and antioxidant properties. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 283, p. 19-27, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.040>.

KOMATSU, Sonia S.; MARCHINI, Luís Carlos; MORETI, Augusta C. de C. C.. Análises físico-químicas de amostras de méis de flores silvestres, de eucalipto e de laranjeira, produzidos por *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera, Apidae) no Estado de São Paulo. 2. Conteúdo de açúcares e de proteína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 1-5, ago. 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612002000200007>.

LIMA, Isabela Ferrari Pereira; LINDNER, Juliano de Dea; SOCCOL, Vanete Thomaz; PARADA, José Luiz; SOCCOL, Carlos Ricardo. Development of an Innovative Nutraceutical Fermented Beverage from Herbal Mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) Extract. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 788-800, 13 jan. 2012. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms13010788>.

LIN, Yan; ZHANG, Wei; LI, Chunjie; SAKAKIBARA, Kei; TANAKA, Shuzo; KONG, Hainan. Factors affecting ethanol fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* BY4742. **Biomass And Bioenergy**, [S.L.], v. 47, p. 395-401, dez. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.09.019>.

MADIGAN, Michael T.; MARTINKO, John M.; DUNLAP, Paul V.; CLARK, David P.. **MICROBIOLOGIA DE BROCK**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 1160 p.

MALAKAR, S.; PAUL, S. K.; POU, J. Biotechnological Interventions in Beverage Production. **Biotechnological Progress And Beverage Consumption**, [s.l.], p.1-37, 2020.

MALISZEWSKI, Eliza. Produção de mel no Brasil cresceu 8,5% em 2019. 2020. **Associação Brasileira de Estudos das Abelhas**. Disponível em: <https://abelha.org.br/producao-de-mel-no-brasil-cresceu-85-em-2019/>. Acesso em: 06 dez. 2020.

MEJÍA, Elvira González de; SONG, Young Soo; HECK, Caleb I.; RAMÍREZ-MARES, Marcovinicio. Yerba mate tea (*Ilex paraguariensis*): phenolics, antioxidant capacity and in vitro inhibition of colon cancer cell proliferation. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 23-34, jan. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2009.12.003>.

MENDES-FERREIRA, A.; COSME, F.; BARBOSA, C.; FALCO, V.; INÊS, A.; MENDES-FAIA, A.. Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. **International Journal Of Food**

Microbiology, [S.L.], v. 144, n. 1, p. 193-198, 15 nov. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.09.016>.

MIGOTTO, D. L. Desempenho e digestibilidade de nutrientes para frangos de corte alimentados com rações contendo extrato de erva mate (*Ilex paraguariensis*). 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina Veterinária, **Universidade de Brasília**, Brasília, 2015.

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

MORAIS, Elayne C. de; STEFANUTO, Aliny; KLEIN, Graziela A.; BOAVENTURA, Brunna C. B.; ANDRADE, Fernanda de; WAZLAWIK, Elisabeth; PIETRO, Patrícia F. di; MARASCHIN, Marcelo; SILVA, Edson L. da. Consumption of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) Improves Serum Lipid Parameters in Healthy Dyslipidemic Subjects and Provides an Additional LDL-Cholesterol Reduction in Individuals on Statin Therapy. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [S.L.], v. 57, n. 18, p. 8316-8324, 23 set. 2009. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jf901660g>.

MORALES, Eduardo Marin; ALCARDE, Valmir Eduardo; ANGELIS, Dejanira de Franceschi de. Mead features fermented by *Saccharomyces cerevisiae* (lalvin k1-1116). **African Journal Of Biotechnology**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 199-204, 9 jan. 2013. Academic Journals. <http://dx.doi.org/10.5897/ajb12.2147>.

MURAKAMI, Aureanna Nairne Negrão; AMBONI, Renata Dias de Mello Castanho; PRUDÊNCIO, Elane Schwinden; AMANTE, Edna Regina; ZANOTTA, Laura de Moraes; MARASCHIN, Marcelo; PETRUS, José Carlos Cunha; TEÓFILO, Reinaldo Francisco. Concentration of phenolic compounds in aqueous mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil) extract through nanofiltration. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 44, n. 10, p. 2211-2216, dez. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.002>.

OIV. International Organisation of Vine and Wine. (2012). **Compendium of international methods of wine and must analysis**. Edition 2012. OIV 18, Rue d'Aguesseau - 75008, Paris.

OLIVEIRA, Nayara Melquiades de; ALFAYA, Alberto da Silva. **Avaliação da erva-mate como bioissorvente**. Londrina: Eduel, 2018. 110 p.

PAGLIOSA, Cristiane Manfé; VIEIRA, Manoela Alano; PODESTÁ, Rossana; MARASCHIN, Marcelo; ZENI, Ana Lúcia Bertello; AMANTE, Edna Regina; AMBONI, Renata Dias de Mello Castanho. Methylxanthines, phenolic composition, and antioxidant activity of bark from residues from mate tree harvesting (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.). **Food Chemistry**, [S.L.], v. 122, n. 1, p. 173-178, set. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.040>.

PEREIRA, Ana Paula; DIAS, Teresa; ANDRADE, João; RAMALHOSA, Elsa; ESTEVINHO, Letícia M.. Mead production: selection and characterization assays of *saccharomyces cerevisiae* strains. **Food And Chemical Toxicology**, [S.L.], v. 47, n. 8, p. 2057-2063, ago. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2009.05.028>

PRUDÊNCIO, Ana P. Aguiar; PRUDÊNCIO, Elane Schwinden; AMBONI, Renata D.M. Castanho; MURAKAMI, Aureanna N. Negrão; MARASCHIN, Marcelo; PETRUS, José C. Cunha; OGLIARI, Paulo José; LEITE, Rodrigo Santos. Phenolic composition and antioxidant activity of the aqueous extract of bark from residues from mate tree (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) bark harvesting concentrated by nanofiltration. **Food And Bioproducts Processing**, [S.L.], v. 90, n. 3, p. 399-405, jul. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2011.12.003>.

RIBEIRO, Valéria Rampazzo; MACIEL, Giselle Maria; FACHI, Mariana Millan; PONTAROLO, Roberto; FERNANDES, Isabela de Andrade Arruda; STAFUSSA, Ana Paula; HAMINIUK, Charles Windson Isidoro. Improvement of phenolic compound bioaccessibility from yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extracts after biosorption on *Saccharomyces cerevisiae*. **Food Research International**, [S.L.], v. 126, p. 1-10, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108623>.

RODRIGUES, Vanessa de Carvalho; SILVA, Marcos V. da; SANTOS, Adriele R. dos; ZIELINSKI, Acácio A. F.; HAMINIUK, Charles W. I. Evaluation of hot and cold extraction of bioactive compounds in teas. **International Journal Of Food Science & Technology**, [S.L.], v. 50, n. 9, p. 2038-2045, 20 jun. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12858>.

ROLDÁN, A.; VAN MUISWINKEL, G.C.J.; LASANTA, C.; PALACIOS, V.; CARO, I. Influence of pollen addition on mead elaboration: physicochemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 126, n. 2, p. 574-582, maio 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.045>.

SAKAČ, Marijana B.; JOVANOVIĆ, Pavle T.; MARIĆ, Aleksandar Z.; PEZO, Lato L.; KEVRELAN, Žarko S.; NOVAKOVIĆ, Aleksandra R.; NEDELJKOVIĆ, Nataša M. Physicochemical properties and mineral content of honey samples from Vojvodina (Republic of Serbia). **Food Chemistry**, [S.L.], v. 276, p. 15-21, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.149>.

SANTOS, J.R.A.; GUSMÃO, N.B.; GOUVEIA, E.R.. SELEÇÃO DE LINHAGEM INDUSTRIAL DE *Saccharomyces cerevisiae* COM POTENCIAL DESEMPENHO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL EM CONDIÇÕES ADVERSAS DE TEMPERATURA E DE AGITAÇÃO. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 75-80, 30 jun. 2010. Revista Brasileira de Productos Agroindustriais. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v12n1p75-80>.

SANTOS, Larissa Probst dos; CAON, Thiago; BATTISTI, Mariana Alves; SILVA, Carlos Henrique Blum da; SIMÕES, Cláudia Maria Oliveira; REGINATTO, Flávio Henrique; CAMPOS, Angela Machado de. Antioxidant polymeric nanoparticles containing standardized extract of *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. for topical use. **Industrial Crops And Products**, [S.L.], v. 108, p. 738-747, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.035>.

SARAIVA, Bianka Rocha; VITAL, Ana Carolina Pelaes; ANJO, Fernando Antônio; RIBAS, Jessyca Caroline Rocha; PINTRO, Paula Toshimi Matumoto. Effect of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) addition on the functional and technological characteristics of fresh cheese. **Journal Of Food Science And Technology**, [S.L.], v. 56, n. 3, p. 1256-1265, 18 fev.

2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-019-03589-w>.

SAXENA, Sudhanshu; GAUTAM, Satyendra; SHARMA, Arun. Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 118, n. 2, p. 391-397, jan. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.001>.

SCHMALKO, M. E.; SCIPIONI, P. G.; FERREYRA, D. J.. Effect of Water Activity and Temperature in Color and Chlorophylls Changes in Yerba Mate Leaves. **International Journal Of Food Properties**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 313-322, 1 maio 2005. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1081/jfp-200060250>.

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.

SILVA, Priscila Missio da; GAUCHE, Cony; GONZAGA, Luciano Valdemiro; COSTA, Ana Carolina Oliveira; FETT, Roseane. Honey: chemical composition, stability and authenticity. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 196, p. 309-323, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>.

SILVA, Samira Maria Peixoto Cavalcante da; CARVALHO, Carlos Alfredo Lopes de; SODRÉ, Geni da Silva; ESTEVINHO, Leticia M.. Production and characterization of mead from the honey of *Melipona scutellaris* stingless bees. **Journal Of The Institute Of Brewing**, [S.L.], v. 124, n. 2, p. 194-200, 4 mar. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jib.485>.

SILVEIRA, Tayse Ferreira Ferreira da; MEINHART, Adriana Dillenburg; SOUZA, Thais Cristina Lima de; TEIXEIRA FILHO, José; GODOY, Helena Teixeira. Phenolic compounds from yerba mate based beverages – A multivariate optimisation. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 190, p. 1159-1167, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.031>.

SONAGLIO, D. et al. Desenvolvimento tecnológico e produção de fitoterápicos. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia – da Planta ao Medicamento**. Porto Alegre: Editora da UFRG/Editora da UFSC, 2007. p. 289-326.

SROKA, Paweł; TUSZYŃSKI, Tadeusz. Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 104, n. 3, p. 1250-1257, jan. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.046>.

SUÁREZ-LUQUE, Silvia; MATO, Inés; HUIDOBRO, José F; SIMAL-LOZANO, Jesús; SANCHO, M^a Teresa. Rapid determination of minority organic acids in honey by high-performance liquid chromatography. **Journal Of Chromatography A**, [S.L.], v. 955, n. 2, p. 207-214, maio 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0021-9673\(02\)00248-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0021-9673(02)00248-0).

THEA, Ana Eugenia; FERREIRA, Darío; BRUMOVSKY, Luis Alberto; SCHMALKO, Miguel Eduardo. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in yerba maté (*Ilex paraguariensis* St. Hil) traditional infusions (mate and tereré). **Food Control**, [S.L.], v. 60, p. 215-220, fev. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.07.046>.

TIJSKENS, L.M.M; BARRINGER, S.A; BIEKMAN, E.s.A. Modelling the effect of pH on the colour degradation of blanched broccoli. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 315-322, dez. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1466-8564\(01\)00048-0](http://dx.doi.org/10.1016/s1466-8564(01)00048-0).

TURKMEN, Nihal; SARI, Ferda; VELIOGLU, Y. Sedat. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin–Ciocalteu methods. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 99, n. 4, p. 835-841, jan. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.034>.

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Bebidas alcoólicas Ciência e Tecnologia: HIDROEML**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

VIEIRA, Manoela A.; ROVARIS, Ângela A.; MARASCHIN, Marcelo; SIMAS, Karina N. de; PAGLIOSA, Cristiane M.; PODESTÁ, Rossana; AMBONI, Renata D. M. C.; BARRETO, Pedro L. M.; AMANTE, Edna R.. Chemical Characterization of Candy Made of Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) Residue. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [S.L.], v. 56, n. 12, p. 4637-4642, jun. 2008. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jf8011085>.

WONG, Alice Yuen-Ting; LAI, Julie Ming Chu; CHAN, Albert Wai-Kit. Regulations and protection for functional food products in the United States. **Journal Of Functional Foods**, [S.L.], v. 17, p. 540-551, ago. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.05.038>.

ZIELINSKI, Acácio Antonio Ferreira; HAMINIUK, Charles Windson Isidoro; ALBERTI, Aline; NOGUEIRA, Alessandro; DEMIATE, Ivo Mottin; GRANATO, Daniel. A comparative study of the phenolic compounds and the in vitro antioxidant activity of different Brazilian teas using multivariate statistical techniques. **Food Research International**, [S.L.], v. 60, p. 246-254, jun. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.09.010>.