



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA**



---

**Centro de Ciências Agrárias  
Depto. De Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos**

**DANIELE CRISTINA SAVOLDI**

**AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ERVA-MATE SOMBREADA E PLENO  
SOL E SUA APLICAÇÃO COMO ANTIOXIDANTE EM HAMBÚRGUERES  
BOVINOS E DE TILÁPIA**

---

Londrina

2024

**DANIELE CRISTINA SAVOLDI**

**AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ERVA-MATE SOMBREADA E PLENO  
SOL E SUA APLICAÇÃO COMO ANTIOXIDANTE EM HAMBÚRGUERES  
BOVINOS E DE TILÁPIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em  
Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de  
Londrina - UEL, como requisito para obtenção do  
título de Doutor em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares

Londrina

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Savoldi, Daniele Cristina.

Avaliação e caracterização da erva-mate sombreada e pleno sol e sua aplicação como antioxidante em hambúrgueres bovinos e de tilápia / Daniele Cristina Savoldi. - Londrina, 2024.  
124 f. : il.

Orientador: Adriana Lourenço Soares.

Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2024.

Inclui bibliografia.

1. Erva-mate - Tese. 2. Antioxidante natural - Tese. 3. Oxidação lipídica - Tese. 4. Hambúrgueres - Tese. I. Soares, Adriana Lourenço. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDU 641.1

**DANIELE CRISTINA SAVOLDI**

**AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ERVA-MATE SOMBREADA E PLENO  
SOL E SUA APLICAÇÃO COMO ANTIOXIDANTE EM HAMBÚRGUERES  
BOVINOS E DE TILÁPIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de  
Londrina – UEL, como requisito para obtenção do  
título de Doutor em Ciência de Alimentos.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dra. Talita Kato  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

---

Prof. Dr. Alexandre Oba  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. André Luiz Buzzo Mori  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Profa. Dra. Sandra Helena Prudencio  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 23 de setembro de 2024.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, proteção, saúde e pelos objetivos alcançados durante todo esse período.

À minha família, especialmente aos meus pais Aliqueu e Maria de Lourdes e meu companheiro e parceiro de vida Josemarque, pelo apoio, compreensão, exemplo, carinho, atenção, ajuda e confiança durante está caminhada.

À minha orientadora Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares, pelo incentivo, auxílio, apoio, paciência, atenção e conhecimento, transmitido ao longo desses anos de pesquisa, além da constante orientação neste trabalho e pela sua amizade.

Ao Programa de Doutorado em Ciências de Alimentos da UEL, pelo crescimento pessoal e acadêmico e condições para o desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa para desenvolvimento desta pesquisa.

Aos pequenos agricultores do município de Bituruna – PR, pelo fornecimento das amostras de erva-mate.

Ao Instituto Federal do Paraná *campus* União da Vitória e a Profa. Dra. Patrícia Bortolini, pela parceria e disponibilização do espaço para o desenvolvimento de parte da pesquisa.

À Profa. Dra. Ivane Benedetti Tonial (*in memoriam*), pelo incentivo, conhecimento e amizade ao longo desses anos.

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Freitas Cardines pelo conhecimento, ajuda e auxílio na secagem dos extratos de erva-mate no *spray dryer*.

Aos membros da banca examinadora pelo conhecimento e tempo dedicado a avaliação desta pesquisa.

Aos amigos, especialmente a Carina, Indira, Nátaíia e Cíntia pelo apoio, ajuda, troca de ideias e incentivo durante a realização dessa pesquisa. Agradeço imensamente pelas suas amizades e momentos de descontração, que foram essenciais.

Aos amigos e colegas, Fernanda, Viviane, Vitor, Fernando e Lycio por todo auxílio e ajuda no desenvolvimento de análises no decorrer do doutorado.

Aos colegas de doutorado e mestrado, ao grupo de carnes, aos funcionários e laboratoristas pela ajuda e apoio, durante o doutorado e realização desta pesquisa.

A todos os professores do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciências de Alimentos, pelos conhecimentos repassados ao longo desses anos.

Aos amigos que a UEL me proporcionou, especialmente, Fernando de Godoy Silva, Francine Fernandes da Silva, Fábio Martins Campos, Caroline Cagnin e Jéssica Menck Curti. Gostaria de agradecer também a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma com a realização deste trabalho.

**A todos, MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO GERAL

SAVOLDI, Daniele Cristina. **Avaliação e caracterização da erva-mate sombreada e pleno sol e sua aplicação como antioxidante em hambúrgueres bovinos e de tilápia.** 2024. 124 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) é uma planta cujas folhas apresentam diferentes compostos bioativos como fenólicos e flavonoides, que permitem ampliar o seu uso além do tradicional preparo do tererê, chá-mate e chimarrão. Os produtos cárneos são propensos a sofrerem oxidação lipídica durante o armazenamento, o que afeta cor, sabor, textura e valor nutricional, influenciando no tempo de vida útil. O uso dos antioxidantes sintéticos tem sido discutido devido a potenciais riscos à saúde humana e vem sendo substituídos por antioxidantes naturais. O objetivo dessa pesquisa foi caracterizar a erva-mate sombreada e pleno sol e investigar a sua aplicação como antioxidante natural em hambúrgueres de tilápia e bovino. As amostras de erva-mate sombreada e pleno sol foram obtidas do cultivo na região do município de Bituruna – PR e as amostras de erva-mate comerciais adquiridas no comércio local na cidade de União da Vitória - PR. As amostras de erva-mate foram avaliadas quanto a composição química, pH, acidez, atividade de água e cor. Foram preparados extratos contendo 5% das ervas-mate de diferentes maneiras: solução hidroalcolica 70%, em infusão com água quente e infusão com água fria. Os extratos foram avaliados quanto a atividade antioxidante e quantificação de compostos bioativos. Foram preparados extratos secos por *spray dryer* da erva-mate sombreada (em infusão com água quente) para aplicação nos hambúrgueres. Foram preparadas 4 formulações de hambúrgueres de tilápia e bovino: F1(sem antioxidante), F2 (0,25% de eritorbato de sódio), F3 (1,25% de extrato de erva-mate) e F4 (2,5% de extrato de erva mate). O extrato seco de erva-mate foi avaliado quanto a atividade antioxidante pelos métodos de Folin-Ciocalteu, DPPH, FRAP e ABTS e estabilidade durante armazenamento por 45 dias a -18°C. Os hambúrgueres foram avaliados quanto ao pH, atividade de água, oxidação lipídica, cor, perfil de textura, rendimento, encolhimento, capacidade de retenção de água (CRA) e perda de peso por cocção. O tipo de cultivo da erva-mate exerceu pouca influência na composição química, no entanto, influenciou na atividade antioxidante. A extração hidroalcolica apresentou melhor resultado para atividade antioxidante, independentemente do tipo de erva-mate. Foram identificados nos extratos, ácido clorogênico, teobromina, cafeína e rutina. O extrato a quente foi tão eficiente quando o hidroalcolico para extração dos compostos bioativos, entre os tipos de erva-mate. O extrato de erva-mate sombreada seco em *spray dryer* apresentou alta atividade antioxidante (209,25 mg EAG g<sup>-1</sup> de extrato para capacidade redutora, 2,61 mmol Trolox g<sup>-1</sup> de extrato para método de FRAP e 1,29 mmol Trolox g<sup>-1</sup> de extrato para ABTS e 30,33 g extrato g<sup>-1</sup> DPPH), não foram observadas perdas significativas para capacidade redutora e para os métodos FRAP e DPPH durante armazenamento. Em relação aos resultados dos hambúrgueres de tilápia, foi observado que a adição do extrato de erva-mate não alterou os parâmetros de proteínas e cinzas, atividade de água, encolhimento, rendimento, perda de peso por cocção e os parâmetros de dureza e coesividade. Em relação a oxidação lipídica, destaca-se que aos 90 dias de armazenamento a formulação F3 não diferiu da F2 e da F4. Em relação aos resultados dos hambúrgueres bovino, verificou-se que as formulações não diferiram entre si para proteínas. A formulação F4 apresentou o menor valor de L\* e maior valor de b\* aos 90 dias de armazenamento. Em relação a oxidação lipídica, a formulação F4 apresentou a maior oxidação lipídica nos tempos de 1, 6 e 15 dias, seguida das formulações F1, F2 e F3 que não diferiram entre si. Aos 45, 60 e 90 dias de armazenamento a formulação F2 foi a que se apresentou menos oxidada, seguida da formulação F3, F4 e F1, no entanto F1 e F4, não diferiram entre si. O extrato de erva-mate sombreada seco por *spray dryer* apresentou elevada

atividade antioxidante com boa estabilidade durante armazenamento, demonstrando potencial para ser utilizado como antioxidante natural. A adição de 1,25% de extrato de erva-mate mostrou-se tão eficiente quanto a adição de eritorbato de sódio, sem comprometer parâmetros de qualidade dos hambúrgueres de tilápia e bovino.

**Palavras-chave:** Extrato de erva-mate; Antioxidantes naturais; Oxidação lipídica; Hambúrgueres.

## GENERAL ABSTRACT

SAVOLDI, Daniele Cristina. **Evaluation and characterization of shaded and full sun yerba mate and its application as an antioxidant in beef and tilapia burgers**. 2024. 124 pp. Thesis (Doctorate degree in Food Science) – State University of Londrina, Londrina, 2024.

Yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) is a plant whose leaves contain different bioactive compounds, such as phenolics and flavonoids, which allow its use beyond the traditional preparation of tererê, mate tea and chimarrão. Meat products are prone to lipid oxidation during storage, which affects color, flavor, texture and nutritional value, influencing shelf life. The use of synthetic antioxidants has been discussed due to potential risks to human health and has been replaced by natural antioxidants. The objective of this research was to characterize yerba mate grown in shade and full sun and investigate its application as a natural antioxidant in tilapia and beef burgers. The samples of yerba mate grown in shade and full sun were obtained from cultivation in the region of the municipality of Bituruna - PR and the samples of commercial yerba mate were purchased from local stores in the city of União da Vitória - PR. The yerba mate samples were evaluated for chemical composition, pH, acidity, water activity and color. Extracts containing 5% of yerba mate were prepared in different ways: 70% hydroalcoholic solution, infusion with hot water and infusion with cold water. The extracts were evaluated for antioxidant activity and quantification of bioactive compounds. Spray-dried extracts of shaded yerba mate (infusion with hot water) were prepared for application in hamburgers. Four formulations of tilapia and beef hamburgers were prepared: F1 (without antioxidant), F2 (0.25% sodium erythorbate), F3 (1.25% yerba mate extract) and F4 (2.5% yerba mate extract). The yerba mate dry extract was evaluated for antioxidant activity by the Folin-Ciocalteu, DPPH, FRAP and ABTS methods and storage stability for 45 days at -18°C. The burgers were evaluated for pH, water activity, lipid oxidation, color, texture profile, yield, shrinkage, water retention capacity (WRC) and weight loss due to cooking. The type of yerba mate cultivation had little influence on the chemical composition, however, it influenced the antioxidant activity. The hydroalcoholic extraction showed the best result for antioxidant activity, regardless of the type of yerba mate. Chlorogenic acid, theobromine, caffeine and rutin were identified in the extracts. The hot extract was as efficient as the hydroalcoholic extract for the extraction of bioactive compounds, among the types of yerba mate. The spray-dried yerba mate extract showed high antioxidant activity (209.25 mg EAG g<sup>-1</sup> extract for reducing capacity, 2.61 mmol Trolox g<sup>-1</sup> extract for FRAP method and 1.29 mmol Trolox g<sup>-1</sup> extract for ABTS and 30.33 g extract g<sup>-1</sup> DPPH). No significant losses were observed for reducing capacity and for the FRAP method during storage, a loss of 14.74% was found for the DPPH method. Regarding the results of the tilapia burgers, it was observed that the addition of yerba mate extract did not alter the parameters of protein and ash, water activity, shrinkage, yield, weight loss due to cooking and the parameters of hardness and cohesiveness. Regarding lipid oxidation, it is noteworthy that after 90 days of storage, formulation F3 did not differ from F2 and F4. Regarding the results of the beef burgers, it was found that the formulations did not differ from each other for proteins. Formulation F4 presented the lowest L\* value and the highest b\* value at 90 days of storage. Regarding lipid oxidation, formulation F4 presented the highest lipid oxidation at 1, 6 and 15 days, followed by formulations F1, F2 and F3, which did not differ from each other. At 45, 60 and 90 days of storage, formulation F2 was the least oxidized, followed by formulations F3, F4 and F1. However, F1 and F4 did not differ from each other. The spray-dried yerba mate extract showed high antioxidant activity with good stability during storage, demonstrating potential to be used as a natural antioxidant. The addition of 1.25% yerba mate extract was as efficient as the addition of sodium erythorbate, without compromising the quality parameters of the tilapia and beef burgers.

**Keywords:** Yerba mate extract; Natural antioxidants; Lipid oxidation; Hamburgers.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Oxidação induzida pela luz (fotoxidação).....	21
<b>Figura 2</b> - Mecanismo de ação da lipoxigenase para formação de hidroperóxidos.....	21
<b>Figura 3</b> – Mecanismo geral da autoxidação lipídica.....	23
<b>Figura 4</b> – Estado de oxidação da mioglobina e cor da carne .....	25
<b>Figura 5</b> – Mecanismo geral de ação de um antioxidante .....	27
<b>Figura 6</b> – (A) <i>Ilex paraguariensis</i> e (B) Flores e Frutos da <i>Ilex paraguariensis</i> .....	33
<b>Figura 7</b> – (A) Erva-mate sombreada e (B) Erva-mate em pleno sol.....	34

### ARTIGO CIENTÍFICO 3

<b>Figura 1.</b> Avaliação da capacidade redutora (A) pelo método Folin-Ciocalteu e atividade antioxidante pelos métodos de FRAP (B) e DPPH (C) do extrato seco de erva-mate durante 45 dias de armazenamento a -18°C.....	15
--	----

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO CIENTÍFICO 1

<b>Tabela 1</b> Composição química, valor energético e perfil de minerais das erva-mate sombreada, pleno sol e comercial. ....	22
<b>Tabela 2</b> Avaliação de pH, acidez, atividade de água e de cor (L*: luminosidade, a*: componente vermelho-verde e b*: componente amarelo-azul) de amostras de erva-mate sombreada, pleno sol e comercial.....	23
<b>Tabela 3</b> Atividade antioxidante dos diferentes tipos de extratos: simulando tererê, simulando chimarrão e extratos hidroalcoólico 70% (v/v) das erva-mate sombreada, pleno sol e comercial. ....	24
<b>Tabela 4</b> Concentração de compostos bioativos em diferentes tipos de extratos: simulando tererê, simulando chimarrão e extratos hidroalcoólico 70% (v/v) das erva-mate sombreada, pleno sol e comercial. ....	25

### ARTIGO CIENTÍFICO 2

<b>Tabela 1.</b> Formulações de hambúrgueres de tilápia, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate .....	4
<b>Tabela 2.</b> Rendimento da secagem do extrato de erva-mate por spray dryer, e atividade antioxidante do extrato seco de erva-mate sombreada e do antioxidante sintético (eritorbato de sódio) .....	6
<b>Tabela 3.</b> Avaliação de umidade, sólidos totais, atividade de água, pH, solubilidade em água e cor (L*: luminosidade, a*: componente vermelho-verde, b*: componente amarelo-azul) do extrato de erva-mate sombreada seco por spray dryer .....	8
<b>Tabela 4.</b> Composição química e valor energético das formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate .....	9
<b>Tabela 5.</b> Rendimento, taxa de encolhimento, perda de peso após cocção e capacidade de retenção de água (CRA) das formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de	

sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate ..... 10

**Tabela 6.** Perfil de textura (TPA) das formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate ..... 11

**Tabela 7.** Avaliação de pH e atividade de água (Aa) das formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate ..... 12

**Tabela 8.** Parâmetros de cor, luminosidade (L\*), componente vermelho-verde (a\*), componente amarelo-azul (b\*) de formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate ..... 13

**Tabela 9.** Oxidação lipídica (mg de TBARS kg<sup>-1</sup> de amostra) de formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate ..... 14

### **ARTIGO CIENTÍFICO 3**

**Tabela 1** Formulações de hambúrgueres bovinos F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate..... 14

**Tabela 2** Composição química aproximada das formulações de hambúrgueres bovinos, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate ..... 16

**Tabela 3** Rendimento, taxa de encolhimento e perda de peso após cocção e capacidade de retenção de água (CRA) de hambúrgueres bovinos, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate..... 17

<b>Tabela 4 Perfil de textura (TPA) de hambúrgueres de bovinos, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate.....</b>	<b>18</b>
<b>Tabela 5 Avaliação de pH e atividade de água de hambúrgueres bovinos, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabela 6 Parâmetros de cor, luminosidade (L*), componente vermelho-verde (a*), componente amarelo-azul (b*) de hambúrgueres bovinos, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate.....</b>	<b>20</b>
<b>Tabela 7 Oxidação lipídica (mg de TBARS kg<sup>-1</sup> de amostra) de hambúrgueres bovinos F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate .....</b>	<b>21</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
3.1 CARNE E PRODUTOS CÁRNEOS .....	17
3.1.2 Hambúrguer .....	18
3.2 PROCESSOS OXIDATIVOS EM PRODUTOS CÁRNEOS .....	19
3.2.1 Fotoxidação e Oxidação enzimática .....	20
3.2.2 Autoxidação.....	22
3.2.3 Oxidação do pigmento.....	24
3.3 ANTIOXIDANTES.....	25
3.3.1 Antioxidantes naturais .....	28
<b>4 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>42</b>
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>56</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>1</b>
6.1 ARTIGO CIENTÍFICO 1 .....	1
6.2 ARTIGO CIENTÍFICO 2.....	1
6.3 ARTIGO CIENTÍFICO 3 .....	1
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>125</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A carne é um alimento nutritivo e muito importante para a alimentação humana, sendo fonte de proteínas de alto valor biológico, ácidos graxos essenciais, minerais, como ferro e vitaminas lipossolúveis e do complexo B, tornando-se importante a conservação de suas propriedades funcionais, com o intuito de garantir um produto final de boa qualidade para os consumidores e rentabilidade para a indústria cárnea (STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2010; OLIVEIRA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2013; FERREIRA; SILVA, 2018).

Os lipídeos são fundamentais para a qualidade dos alimentos, sendo responsáveis pelas propriedades sensoriais e conteúdo calórico (GAINO, 2015). Entretanto, as carnes e os produtos cárneos, por conterem ácidos graxos poliinsaturados, agentes pró-oxidantes, serem altamente processados e alguns casos fritos e/ou cozidos tornam-se susceptíveis a oxidação lipídica alterando suas qualidades sensoriais e nutricionais (OLIVEIRA et al., 2012; MILANI et al., 2012; JAYASENA; JO, 2014; LEÃO et al., 2017).

A oxidação lipídica é um processo que afeta a qualidade da carne e produtos cárneos, levando a mudanças na cor, alterações nas características de maciez, sabor, odor, perda de peso e formação de substâncias potencialmente tóxicas (DEL RÉ; JORGE, 2012; OLIVEIRA et al., 2012; SOARES et al., 2012; ROSA et al., 2013; FAION et al., 2015; RIBEIRO et al., 2019).

A fim de retardar ou evitar a oxidação de lipídeos, proteínas e vitaminas são utilizados os antioxidantes. Eles agem evitando o início ou a propagação das reações de oxidação em cadeia, mantendo a qualidade e vida útil de carnes e produtos cárneos, protegendo-os contra a deterioração (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004; KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013; SHAH; BOSCO; MIR, 2014; LEÃO et al., 2017).

As mudanças de hábitos alimentares e ambientais, associada a uma maior preocupação com a saúde e busca por uma alimentação mais saudável, estabeleceu uma nova relação da população com os alimentos. Os consumidores têm buscado na alimentação uma vida mais saudável e um meio de evitar/prevenir doenças, promovendo a busca de alimentos com menos aditivos ou que sejam provenientes de fontes naturais (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007; MARIUTTI et al., 2008; ZHANG et al., 2010; BREWER, 2011; OLIVEIRA et al., 2012; ALMEIDA et al., 2015; FERNANDES et al., 2016).

Diversas pesquisas sobre o uso de extratos naturais de plantas com atividades antioxidantes estão sendo desenvolvidas, tendo como objetivos principais reduzir a aplicação de compostos sintéticos como antioxidantes, devido aos seus potenciais efeitos deletérios à

saúde e também como resposta à demanda dos consumidores (SHAH; BOSCO; MIR, 2014; TAGHVAEI; JAFARI, 2015; RIBEIRO et al., 2019).

A *Ilex paraguariensis* (erva-mate) apresenta grande potencial antioxidante, sobretudo por conter altos teores de compostos fenólicos, assim, estudos vêm demonstrando vários benefícios associados à utilização desta planta (NUNES; MENEZES, 2015; MATEOS et al., 2018). Além disso, a obtenção de novos produtos derivados da erva-mate estimula a atividade agrícola ervateira, elevando a demanda pelo produto, bem como, a rentabilidade para toda a cadeia produtiva da erva-mate (BERTÉ, 2011).

Foram produzidos no Brasil no ano de 2022, 618601 toneladas de erva-mate, colhidas de uma área de 73458 hectares, com rendimento médio de 8421 kg/ha (IBGE, 2022). Dentre os estados do Brasil, o Paraná destaca-se sendo responsável por 43% da produção de erva-mate em 2021 (IBGE, 2022).

Grande parte da erva-mate no Paraná são de ervais nativos ou sombreados, podendo ser considerado um requisito de qualidade e diferencial na compra da matéria-prima pelas indústrias (MACCARI JUNIOR, 2005). Devido a erva-mate sombreada ser cultivada em condições de sombra, pode apresentar diferença na sua composição química, quando comparada a erva-mate cultivada em pleno sol (SUERTEGARAY, 2002; MACCARI JUNIOR, 2005).

A erva-mate apresenta uma composição química de destaque contendo polifenóis, xantinas, flavonoides, minerais, vitaminas, entre outros (BERTÉ; RUCKER; HOFFMANN-RIBANI, 2011), sendo influenciada pelas formas de cultivo. Os componentes químicos presentes nas folhas da erva-mate a tornam um alimento nutritivo, com propriedades antioxidantes e antimicrobianas (MACCARI JUNIOR, 2005).

Estudos sobre a composição química da erva-mate podem viabilizar novas aplicações, proporcionando um aumento na demanda e ampliação do mercado consumidor (MACCARI JUNIOR, 2005). A erva-mate como matéria-prima deve ser mais explorada, e ampliar seu uso por meio de inovações em seu processamento, bem como, desenvolvimento de novos produtos alimentícios (VARGAS, 2019).

Desta forma, considerando que há poucos relatos na literatura sobre comparação das formas de cultivo da erva-mate em relação a composição química, compostos bioativos e atividade antioxidante, torna-se importante caracterizar a erva-mate sombreada e pleno sol e investigar sua utilização como antioxidante natural em produtos cárneos como os hambúrgueres que tem um consumo elevado devido a conveniência para o preparo.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

- Caracterizar a erva-mate sombreada e pleno sol e investigar a sua aplicação como antioxidante natural em produtos cárneos.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a composição química e mineral da erva-mate sombreada e pleno sol;
- Produzir extratos aquosos e etanólicos de erva-mate sombreada e pleno sol;
- Avaliar a atividade antioxidante dos diferentes extratos de erva-mate sombreada e pleno sol;
- Identificar e quantificar os compostos bioativos dos diferentes extratos de erva-mate sombreada e pleno sol;
- Formular hambúrgueres de tilápia e bovinos com adição de diferentes concentrações de extratos de erva-mate sombreada e com antioxidante sintético;
- Analisar os hambúrgueres elaborados com relação a composição química, pH, atividade de água, cor, textura, rendimento, taxa de encolhimento, perda de peso, capacidade de retenção de água e oxidação lipídica durante tempo de vida útil dos produtos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CARNE E PRODUTOS CÁRNEOS

A carne é de grande importância para a alimentação humana, por apresentar alto valor nutricional e de teor de proteínas, incluindo a presença de aminoácidos e ácidos graxos essenciais, vitaminas do complexo B (B12) e sais minerais como ferro e zinco, além disso, é muito versátil para formulação de diversos produtos (CAVA, 2007; OLIVEIRA et al., 2012; SANTOS; OLIVEIRA, 2012; MEIRA, 2013; PASCHOAL et al., 2019; RIBEIRO et al., 2019). A carne bovina é considerada um dos alimentos fundamentais para a alimentação humana dos brasileiros e para o setor econômico (BARBOSA et al., 2019).

O aumento da produção de carnes, exportação, oferta e diversificação exigiu adequação para elaboração de produtos com um tempo de vida útil maior e com boa qualidade (PADILHA, 2007). Atualmente, o consumidor busca por produtos que se encaixem no seu novo estilo de vida, sendo influenciado pela industrialização, afetando o tempo disponível para preparo de alimentos e seu consumo. Desta forma, a população vem mudando seus hábitos alimentares, favorecendo o consumo de produtos industrializados e semi-prontos, o que tem motivado a indústria a inovar pesquisando e atendendo consumidores que desejam uma alimentação mais prática e ao mesmo tempo mais saudável (MEIRA, 2013), que além de suprir suas necessidades nutricionais também contribuam para uma melhor qualidade de vida e de bem-estar físico (CHIESA; SCHLABITZ; SOUZA, 2012).

O consumo de alimentos processados e congelados tem aumentado devido às necessidades impostas pela vida moderna, onde o tempo de preparo dos alimentos é fator limitante. No entanto, os consumidores estão cada vez mais atentos aos alimentos de boa qualidade, livre de conservantes e aditivos químicos (SILVA et al., 2021), se tornando cada vez mais conscientes da ligação entre dieta e saúde, buscando uma alimentação mais saudável (GONÇALVES; MAGALHÃES, 2018; CARVALHO et al., 2019).

O mercado tem que se adequar às exigências do consumidor que busca por produtos de alta qualidade maior conveniência, mais práticos, saudáveis e seguros (NTZIMANI; GIATRAKOU; SAVVAIDIS, 2011; OLIVEIRA et al., 2013; TREVISAN et al., 2016; DAL BOSCO et al., 2019). Dentre estes produtos, encontram-se os produtos cárneos processados, pré-cozidos e refrigerados (NTZIMANI; GIATRAKOU; SAVVAIDIS, 2011).

Os produtos cárneos processados são aqueles que apresentam as propriedades de carne fresca modificadas por tratamentos físicos, químicos ou biológicos, ou pela combinação de métodos, com o objetivo de prolongar a vida útil dos produtos, anulando ou amenizando a ação

de enzimas e microrganismos. Dentre estes produtos encontram-se, linguiças, hambúrgueres, empanados, defumados e carne seca (OLIVEIRA et al., 2013; ALMEIDA et al., 2019).

### 3.1.2 Hambúrguer

A conveniência no processo de obtenção e no consumo de alimentos, vem sendo cada vez mais valorizado, devido ao estilo de vida das pessoas (MANCINE et al., 2017; GONÇALVES; MAGALHÃES, 2018). O consumo de hambúrgueres se destaca por trazer essa praticidade de cozimento e sua facilidade de consumo (BASTOS et al., 2014; MANCINI et al., 2017; DAL BOSCO et al., 2019; RIOS-MERA et al., 2019).

O hambúrguer, além de ser um alimento popular pela praticidade que apresenta (OLIVEIRA et al., 2013; BERNARDINO FILHO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2016), vêm se destacando pelo crescente consumo (BARROS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2016; DAL BOSCO et al., 2019).

De acordo com a Portaria SDA nº 724, de 23 de dezembro de 2022 do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento “Entende-se por hambúrguer, o produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado na forma de disco ou na forma oval, e submetido a processo tecnológico adequado”. Podendo ser um produto cru, cozido, congelado ou resfriado (BRASIL, 2022).

Dentre os ingredientes obrigatórios encontram-se: carne obtida das massas musculares esqueléticas das espécies utilizadas e são ingredientes opcionais: aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia, água, condimentos, aromas e especiarias, gordura animal, gordura vegetal, maltodextrina, mono e dissacarídeos, proteínas de origem animal e/ou vegetal, sal e sais hipossódicos, usos de vegetais e queijos na forma de recheio (BRASIL, 2022). É permitido à utilização de até 30% de carne mecanicamente separada (CMS), exclusivamente em hambúrguer cozido e no máximo 4,0% de proteína não cárnea na forma agregada (BRASIL, 2022).

Entre os requisitos estabelecidos pela legislação, as características sensoriais dos hambúrgueres são definidas de acordo com o processo de obtenção, devendo apresentar textura, cor, sabor e odor característicos e entre as características físico-químicas os hambúrgueres devem apresentar gordura máxima de 25%, proteína mínima de 15%, carboidratos totais máximo de 3% (BRASIL, 2022).

O processamento do hambúrguer, de modo geral, envolve a desossa e trituração das carnes em disco de aproximadamente 8 mm, mistura da massa cárnea com o toucinho (devidamente triturado), temperos e proteínas texturizada de soja. Após homogeneização da massa, ocorre a formatação e em seguida, são congelados e acondicionados em embalagens apropriadas e levados para a câmara de estocagem sob congelamento para posterior comercialização (SARCINELLI et al., 2007).

### 3.2 PROCESSOS OXIDATIVOS EM PRODUTOS CÁRNEOS

A carne e derivados cárneos devido a sua composição química, com alto teor de proteínas e de lipídeos e grande quantidade de água disponível são propensos a sofrerem alterações físicas, químicas e microbiológicas, acarretando a perda da qualidade. Dentre as alterações químicas, a oxidação lipídica e de cor destacam-se devido a sua complexidade (SALDANHA, 2005; KUFNER, 2010; GAINO, 20015; BARBOSA et al., 2019).

Os lipídeos são de suma importância nas carnes e produtos cárneos, por proporcionarem características desejáveis de suculência, sabor, maciez, aroma, valor nutricional e propriedades tecnológicas (ZAGO, 2018; BARBOSA et al., 2019; ZAGO et al., 2020), além disso, atuam no transporte de vitaminas lipossolúveis (GUERRA; LAJOLO, 2005). No entanto, um desafio para a indústria de carnes é fornecer produtos que sejam macios, suculentos, com cor e sabor agradáveis e que as características de frescor sejam mantidas durante toda a vida útil, ao mesmo tempo com segurança e menor custo (PEREIRA, 2009; KUFNER, 2010).

A oxidação lipídica pode levar a redução da qualidade e aceitabilidade de carnes e produtos cárneos, uma vez que afeta o sabor, aroma, cor e textura (BISWAS; CHATLI; SAHOO, 2012; FAION et al., 2015; ABEYRATHNE; HUANG; AHN, 2018; RIBEIRO et al., 2019), além da redução do valor nutricional ocasionado pela decomposição de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais e pela produção de substâncias potencialmente tóxicas, como o malonaldeído e óxidos de colesterol (OLIVEIRA et al., 2012; LEYGONIE et al., 2012; ABEYRATHNE; HUANG; AHN, 2018; RIBEIRO et al., 2019). O processo de oxidação lipídica envolve também a geração de radicais livres que estão diretamente associados ao surgimento de diversas doenças que afetam a saúde humana (CAMEL et al., 2012; MONTEIRO, 2013). As reações de oxidação podem acometer tanto os lipídeos como as

proteínas da carne, ocasionando, sobretudo, alterações indesejáveis do ponto de vista tecnológico, nutricional e sensorial do alimento (FERRERA, 2016).

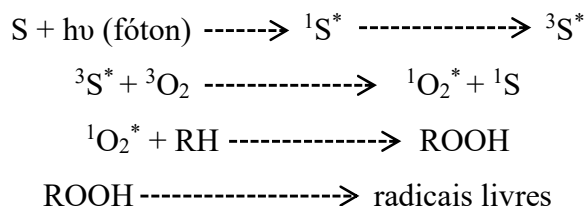
A velocidade da reação da oxidação lipídica é diretamente proporcional ao número de insaturações, temperatura, incidência de luz, quantidade de oxigênio e de metais presentes (íon cobre e ferro), outros catalisadores e vários diferentes tipos de agentes oxidativos presentes no tecido muscular. A deterioração pode iniciar durante o processamento, distribuição e armazenamento, podendo ser acelerada por processos como desossa, moagem, salga, cocção e tipo de embalagem (SALDANHA, 2005; PADILHA, 2007; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009; CAMEL, 2010; MARANGONI; MOURA, 2011; DELLES et al., 2014; PAGLARINI, 2015; LEÃO et al., 2017; ZAGO, 2018).

A oxidação lipídica pode ocorrer por diferentes mecanismos, de acordo com o meio e os agentes catalisadores presentes (PEREIRA, 2009; KUFNER, 2010; LIMA JÚNIOR et al., 2013), sendo os principais mecanismos a fotoxidação, a oxidação enzimática e a autooxidação (PEREIRA, 2009; KUFNER, 2010; SOARES et al., 2012; TAGHVAEI; JAFARI, 2015).

### 3.2.1 Fotoxidação e Oxidação enzimática

A fotoxidação (Figura 1) é ocasionada pela presença de oxigênio em sua forma ativa, em um estado energético mais alto. É uma reação direta da luz – ativa sobre pigmentos fotossensíveis que fazem a transferência da energia absorvida ao oxigênio triplete, transformando-o em oxigênio singlete que reage com os ácidos graxos insaturados formando hidroperóxidos (SICHERI, 2013).

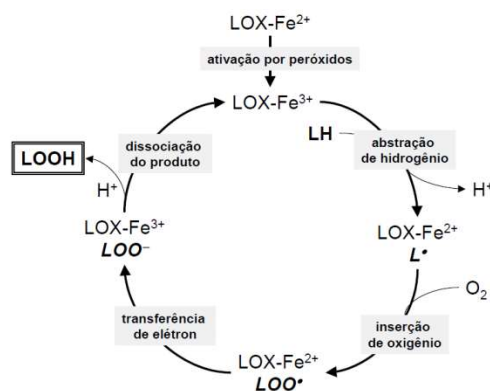
Esse mecanismo de fotoxidação ocorre pela radiação ultravioleta (UV) na presença de sensibilizadores como, clorofila, mioglobina, riboflavina, dentre outros, que podem ser encontrados em alimentos. O sensibilizador passa de um estado singlete para um estado triplete excitado através da absorção de um fóton de energia. O sensibilizador no estado triplete excitado reage com uma molécula de oxigênio triplete ( $^3\text{O}_2$ ), convertendo-a a seu estado excitado singlete ( $^1\text{O}_2^*$ ), sua forma mais reativa. O produto primário da fotoxidação é o hidroperóxido e suas degradações posteriores originam aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (RAMALHO; JORGE, 2006; REGITANO-D'ARCE, 2009; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; KUFNER, 2010; SOARES et al., 2012).

**Figura 1** - Oxidação induzida pela luz (fotoxidação)

Onde:  ${}^1S$  - sensibilizador no estado singlete;  ${}^1S^*$  - sensibilizador no estado singlete, excitado;  ${}^3S^*$  - sensibilizador no estado triplete, excitado;  ${}^3O_2$  - oxigênio triplete, estado basal;  ${}^1O_2^*$  - oxigênio singlete, estado excitado; RH - triglicérideo ou ácido graxo insaturado; ROOH - hidroperóxido.

**Fonte:** Regitano-d'Arce (2009).

A oxidação por via enzimática (Figura 2) acontece pela ação das lipoxigenases, a qual gera aromas voláteis semelhantes aos produzidos no processo de autoxidação, apesar da proporção dos produtos variarem bastante, pois dependem da especificidade da enzima e das condições da reação (SOARES et al., 2012). O processo de catálise enzimática acontece com maior especificidade em termos de substrato e de produtos finais do que o processo de autoxidação (KUFNER, 2010).

**Figura 2** - Mecanismo de ação da lipoxigenase para formação de hidroperóxidos

Onde: LOX - Lipoxigenase;  $L^\bullet$  - Radical lipídico; LOOH- hidroperóxidos de lipídios; LH: Cadeia de lipídio do PUFA (Ácido graxo poli-insaturado);  $LOO^\bullet$ : radical peroxila;  $LOO^-$  - ânion peroxila;  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ : íons de ferro;  $O_2$ : oxigênio;  $H^+$ : hidrogênio.

**Fonte:** Kuhn & Borchert (2002) adaptado de Groot et al. (1975).

As lipoxigenases são enzimas encontradas no reino vegetal e animal, as quais catalisam a liberação de íons ferro não heme por meio da desoxigenação de ácidos graxos poliinsaturados (CAVA, 2007), formando radicais livres. A lipoxigenase é ativada pelo

peróxido (Figura 2). E o  $Fe^{2+}$  que está presente no seu centro ativo é oxidado a  $Fe^{3+}$ , transferindo um elétron para o oxigênio. O radical peroxil formado é reduzido pela lipoxigenase, posteriormente ocorre a liberação do peróxido (ARAÚJO, 2012).

### 3.2.2 Autoxidação

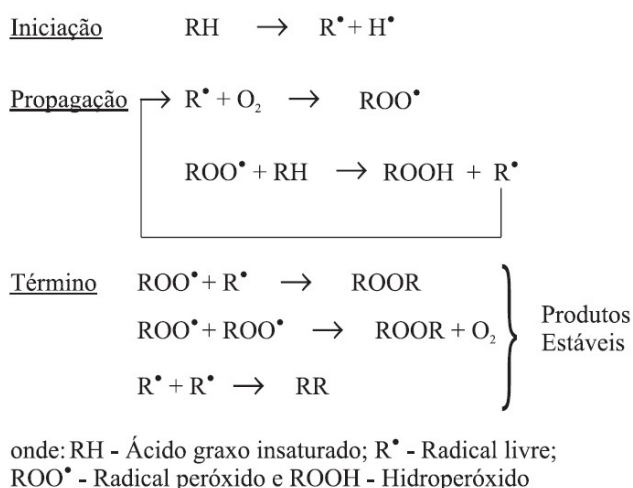
A autoxidação é o processo de deterioração que ocorre mais comumente durante o armazenamento, trata-se de um fenômeno químico complexo, que envolve reações radicalares capazes de auto-propagação e é dependente do tipo de ação catalítica, como temperatura, íons metálicos, radicais livres e pH. Esta reação autocatalítica envolve um mecanismo de cadeia de radicais livres (Figura 3), acontecendo em três etapas: iniciação, propagação e terminação (SALDANHA, 2005; RAMALHO; JORGE, 2006; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007; CRAFT et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012; LIMA JÚNIOR et al., 2013; FALOWO; FAYEMI; MUCHENJE, 2014; KUMAR et al., 2015; TAGHVAEI; JAFARI, 2015; FERRERA, 2016). Os radicais livres são espécies altamente reativas que apresentam um tempo de meia vida muito curto (CRAFT et al., 2012).

No processo de iniciação acontece a geração de radicais livres a partir de um substrato (TAGHVAEI; JAFARI, 2015), os ácidos graxos insaturados (PADILHA, 2007; OLIVEIRA et al., 2012). Durante a fase de iniciação, na presença de catalisadores ou espécies reativas ao oxigênio (ROS), acontece a formação de radicais livres pela abstração de um átomo de hidrogênio de lipídios insaturados. Na fase de propagação, em contato com o oxigênio, o radical lipídico (alquila) formado é convertido em outros radicais, com maior poder oxidante (peroxil, hidroxil, etc.) (SALDANHA, 2005; FALOWO; FAYEMI; MUCHENJE, 2014; FERRERA, 2016). Nesta etapa, o radical formado abstrai outro hidrogênio de um lipídio insaturado, dando início à reação em cadeia com formação de mais radicais livres e hidroperóxidos (ROOH), como produto primário da oxidação lipídica. Os hidroperóxidos formados nessa fase, também podem reagir com metais de transição ( $Cu^+$  e  $Fe^{2+}$ ) formando radicais peroxil e alcóxil com reatividade intermediária (OLIVEIRA et al., 2012; FERRERA, 2016).

A reação continua em cadeia e termina quando as reservas de ácidos graxos insaturados e oxigênio se esgotam, é quando as reações de propagação cessam e a terminação começa. Na fase de terminação, acontece o rearranjo dos radicais livres formados e os mesmos reagem entre si para formar produtos finais estáveis ou não reativos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; OLIVEIRA et al., 2012; FERRERA, 2016), podendo ocorrer a

recombinação entre dois radicais alquila com a formação de polímeros de alcanos. Os radicais peroxil podem reagir também com outros compostos para formar peróxidos de alquila (FERRERA, 2016). Por fim, radicais alcoxil podem reagir com lipídios insaturados, e os produtos finais compreendem os derivados da decomposição de hidroperóxidos, como alcoóis, cetonas, ésteres, aldeídos insaturados como malonaldeído e outros hidrocarbonetos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; OLIVERIA et al., 2012; KUMAR et al., 2015; FERRERA, 2016). Os aldeídos e outros compostos voláteis conferem ao alimento sabor e odores desagradáveis, afetando a qualidade do produto (BREWER, 2011; OLIVEIRA et al., 2012).

**Figura 3** – Mecanismo geral da autoxidação lipídica



**Fonte:** Ramalho e Jorge (2006); Falowo, Fayemi e Muchenje (2014) e Taghvaei e Jafari (2015).

A autoxidação limita a vida útil de diversos alimentos, uma vez que é um dos mecanismos primários da deterioração da qualidade dos alimentos, sobretudo em carne e derivados (COSTA, 2016), sendo que, calor, catálise por íons metálicos ou luz podem ocasionar a decomposição de hidroperóxidos, formando produtos secundários responsáveis pelo odor, sabor e textura característicos de ranço (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; BREWER, 2011).

A oxidação lipídica em carnes pode ser avaliada pela determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (VIEIRA, 2012). O teste de TBARS é um método que quantifica o malonaldeído, que é um dos principais produtos da decomposição de hidroperóxido de ácidos graxos poliinsaturados formados durante a oxidação lipídica. O ácido

2-tiobarbitúrico reage com o malonaldeído e outras substâncias formando um composto de cor vermelha, que é medido no espectrofotômetro a 532 nm (CAMPAGNOL, 2007).

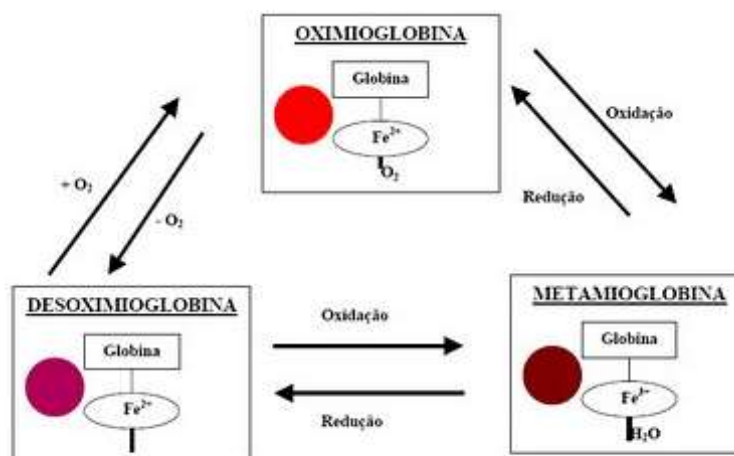
### 3.2.3 Oxidação do pigmento

Além da oxidação lipídica, outra reação importante que causa a deterioração de produtos cárneos é a oxidação do pigmento. As carnes apresentam uma proteína intracelular solúvel em água, a qual é responsável pela pigmentação, denominada de mioglobina (RIBEIRO et al., 2019).

A mioglobina é constituída por um átomo de íon ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ligado a cinco átomos de nitrogênio, quatro desses átomos pertencem ao anel porfirínico e um ao resíduo de histidina da globina, e a última valência do ferro está ligada a água ou outro substituinte. A cor da carne é determinada pelo estado químico da mioglobina, ao estado de oxidação do Ferro e tipos de ligantes. A presença de íon ferroso na molécula de mioglobina confere a cor vermelha à carne, no entanto, se o íon ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), oxidar-se a íon férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), a carne torna-se castanho (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007; PEREDA ORDÓÑEZ, 2007). Dependendo do estado químico do ferro, a mioglobina pode ser encontrada na forma de mioglobina, oximioglobina e metamioglobina. O processo de oxidação dos pigmentos acontece pela oxidação do íon ferro presente na molécula de mioglobina (PEREDA ORDÓÑEZ, 2007; RIBEIRO et al., 2019).

Na mioglobina (desoximioglobina) a presença de  $\text{O}_2$  (oxigênio molecular), substitui a molécula de água e forma a oximioglobina. Tanto a mioglobina (vermelho púrpuro) como a oximioglobina (vermelho) podem oxidar-se mudando o estado do ferro de ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) para férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), mudando a cor para castanho (metamioglobina). A metamioglobina não é capaz de se ligar ao oxigênio e na sexta valência está a água (Figura 4) (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Na metamioglobina, o ferro pode combinar-se com outras moléculas. Entre as três formas, estabelecem interações que permitem a conversão reversível de umas em outras, a mioglobina pode transformar-se em oximioglobina por fixação do oxigênio e está em mioglobina por desoxigenação (PEREDA ORDÓÑEZ, 2007).

**Figura 4** – Estado de oxidação da mioglobina e cor da carne



**Fonte:** <[http://lucitojal.blogspot.com/2010/04/blog-post\\_25.html](http://lucitojal.blogspot.com/2010/04/blog-post_25.html)>.

A oxidação da mioglobina torna a cor da carne indesejável, sendo em muitos casos rejeitada pelos consumidores. O processamento também pode influenciar na cor da carne e seus derivados, uma vez que, as diferentes condições podem levar a modificações do estado químico da mioglobina como o cozimento, a refrigeração, congelamento, embalagem, presença e tipo de luz no armazenamento, adição de substâncias como sal, nitrito, entre outros (RAMOS; GOMIDE, 2007). O aquecimento desnatura a globina, e o pigmento perde sua barreira contra agentes oxidantes presentes no meio, o íon ferroso oxida-se a íon férrico, formando a metamioglobina desnaturada e a carne adquire a cor marrom, sendo esta reação irreversível (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Os parâmetros de cor e aparência são amplamente utilizados para avaliação da qualidade da carne, pois estão diretamente relacionados com a qualidade da matéria-prima (RAMOS; GOMIDE, 2007). Dentre os atributos de qualidade, a cor influencia na aceitabilidade de produtos cárneos pelo consumidor, sendo um parâmetro essencial na decisão de compra do produto (PAGLARINI, 2015).

### 3.3 ANTIOXIDANTES

Os antioxidantes são aditivos químicos utilizados pela indústria de alimentos com o objetivo de evitar e/ou retardar a deterioração oxidativa dos alimentos, estendendo a estabilidade dos lipídios e a vida útil dos produtos (RAMALHO; JORGE, 2006; RIBEIRO;

SERAVALLI, 2007; SOUSA et al., 2007; BERTOLIN et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012; LIMA JÚNIOR et al., 2013; GAINO, 2015; LEÃO et al., 2017).

Os antioxidantes podem ser classificados em sintéticos ou naturais (KUMAR et al., 2015). A maioria dos antioxidantes sintéticos são estruturas fenólicas que possuem variáveis graus de substitutos alquilas e os naturais são compostos fenólicos, como quinonas, lactonas e polifenóis (ARAÚJO, 2012).

Os antioxidantes naturais são substâncias que estão presentes nos alimentos e impedem reações de oxidação e alterações de cor. Estes são geralmente derivados de fontes vegetais e sua atividade varia dependendo das espécies vegetais, diversidade, métodos de extração e/ou processamento e condições de crescimento, podem também ser encontrados em microrganismos em alguns tecidos animais e em quase todas as plantas (ZEHIROGLU; SARIKAYA, 2019).

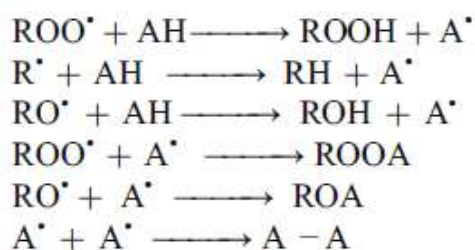
Os antioxidantes de origem sintética são mais utilizados na indústria de alimentos devido seu menor custo e sua maior eficiência (OLIVEIRA et al., 2012; ALMEIDA et al., 2015). Dentre os antioxidantes sintéticos encontram-se: o Butilhidroxianisol (BHA), Butilhidroxitolueno (BHT), Propil galato (PG), Terc-butil-hidroquinona (TBHQ), Eritorbato de sódio, dentre outros (LARA et al., 2011; MARANGONI; MOURA, 2011; OLIVEIRA et al., 2012; KRISHNAN et al., 2014; ALMEIDA et al., 2015; FAION et al., 20015; KUMAR et al., 2015; TAGHVAEI; JAFARI, 2015; ABEYRATHNE; HUANG; AHN, 2018; AL-HIJAZEEN et al., 2018; BRASIL, 2019), contudo, estes antioxidantes devem ser seguros à saúde dos consumidores (RAVELLI, 2011).

A RDC Nº 272 de 14 de março de 2019, que estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos, descreve que na subcategoria “Industrializados cozidos” podem ser utilizados como antioxidantes, o ácido ascórbico, o ascorbato de sódio, de cálcio ou de potássio, ácido eritórbito, ácido isoascorbico, eritorbato de sódio, isoascorbato de sódio, galato de propila, BHA, BHT, ácido cítrico e o D-alfa- tocoferol, (BRASIL, 2019). Na sub-categoria “Industrializados fresco”, podem ser adicionados como antioxidante, o ácido ascórbico, o ascorbato de sódio, de cálcio ou de potássio, ácido eritórbito, ácido isoascorbico, eritorbato de sódio, isoascorbato de sódio, galato de propila, BHA e o D-alfa- tocoferol (BRASIL, 2019). Pela legislação, a adição é de no máximo 0,01% para os antioxidantes galato de propila, BHA e BHT em relação ao teor de gordura do alimento sozinho ou em combinação com limite máximo g/100g e os demais são *quantum satis*, ou seja, utilização da quantidade suficiente para que exerça o efeito desejável (BRASIL, 2019).

Os antioxidantes sintéticos podem agir de várias maneiras: atuando como inibidores da reação, doando seu hidrogênio aos radicais livres formados nos estágios de iniciação e propagação da autoxidação ou como aceptores de radicais livres dos ácidos graxos, interceptando o oxigênio singlete e decompondo os produtos primários da oxidação para espécies não radicais (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007; GAINO, 2015; TAGHVAEI; JAFARI, 2015).

Os aceptores de radicais livres dos ácidos graxos reagem inicialmente com  $RO_2^\bullet$ , ocorre uma competição entre esses antioxidantes (AH) e os ácidos graxos (RH), normalmente são substrato da reação (Figura 5), formando radicais mais estáveis que reduzem a velocidade da reação (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

**Figura 5** – Mecanismo geral de ação de um antioxidante



**Fonte:** Taghvaei & Jafari (2015). AH (molécula antioxidante).

Os antioxidantes também podem ser agrupados em dois grupos, de acordo com o mecanismo de ação: primários ou de quebra de cadeia e secundário ou preventivos (SICHERI, 2013).

Os antioxidantes primários agem interrompendo a cadeia de reação oxidativa, através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, ocasionando a formação de produtos mais estáveis e/ou reagindo com os radicais livres. Dentre os antioxidantes primários encontram-se o butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA), ésteres do ácido gálico, butil-hidroquinona, tocoferol e flavonóides. Os antioxidantes secundários agem retardando a etapa de iniciação da autoxidação, através, da complexação de metais, sequestro de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos, absorção da radiação ultravioleta ou desativação de oxigênio singlete (MACEDO, 2005; OLIVO, 2006).

Os antioxidantes podem ser utilizados individualmente ou em combinação, no entanto, para isto deve-se ter experiência e conhecimento, garantindo a qualidade e segurança dos produtos (PEREIRA, 2009; KUFNER, 2010). Para seleção de antioxidantes deve-se levar em

consideração alguns fatores como, eficácia em baixas concentrações, ausência de efeitos indesejáveis nas características sensoriais (cor, sabor e odor) dos alimentos, compatibilidade com o alimento, fácil aplicação, estabilidade nas condições de processo e armazenamento e não serem tóxicos, além da legislação vigente, custo e sua utilização em escala industrial (PEREIRA, 2009; CAMEL, 2010; KUFNER, 2010).

A utilização de antioxidantes associado ao armazenamento em embalagens com atmosfera modificada, tem sido as estratégias utilizadas pelas indústrias a fim de reduzir os efeitos negativos ocasionados pela oxidação lipídica e proteica na deterioração da qualidade de produtos cárneos (PEREIRA, 2009; KUFNER, 2010; FERRERA, 2016).

A inibição da oxidação lipídica previne a degradação oxidativa proteica através da redução da formação de compostos secundários da oxidação lipídica e como consequência, a sua interação com proteínas para formação de compostos carbonílicos (FERRERA, 2016).

A utilização de antioxidantes está associada na maioria das vezes com uma melhor estabilidade das propriedades funcionais da carne e derivados cárneos através da diminuição da oxidação lipídica, verificada pelo método de TBARS, aumentando o tempo de vida útil da carne (PASCHOAL et al., 2019).

### 3.3.1 Antioxidantes naturais

A preocupação com a saúde, a busca por uma alimentação mais saudável e o aumento da consciência dos consumidores em relação a segurança dos aditivos alimentares, tem feito com que os consumidores procurem alimentos com menos aditivos ou que sejam provenientes de fontes naturais (BISWAS; CHATLI; SAHOO, 2012; OLIVEIRA et al., 2012; SHIMANO, 2012; ALMEIDA et al., 2015; GAINO, 2015; KUMAR et al., 2015; ZAGO, 2018).

Os antioxidantes sintéticos têm sido discutidos por ocasionarem malefícios à saúde humana devido a efeitos tóxicos e carcinogênicos durante a sua ingestão a longo prazo (TAGHVAEI; JAFARI, 2015; PAGLARINI, 2015; ABEYRATHNE; HUANG; AHN, 2018; ZEHIROGLU; SARIKAYA, 2019). Assim, tem-se mostrado lógico tentar substituí-los por antioxidantes naturais, os quais são mais compatíveis com a natureza humana (TAGHVAEI; JAFARI, 2015).

Pesquisas têm buscado encontrar ingredientes ou compostos naturais com propriedades antioxidantes, dentre eles, extratos de especiarias, plantas, ervas, frutas e resíduos vegetais com o intuito de substituir substâncias sintéticas ou fazer associação com as mesmas,

e reduzir sua quantidade nos alimentos (SOUSA et al., 2007; CAMEL, 2010; KUFNER, 2010; BERTÉ, 2011; SICHIERI, 2013; ALMEIDA et al., 2015; KUMAR et al., 2015; LEÃO et al., 2017). Alguns antioxidantes naturais podem apresentar eficiência similar ou até mesmo maior que os antioxidantes sintéticos, além de prevenirem doenças. No entanto, o desafio das pesquisas têm sido encontrar antioxidantes naturais que sejam estáveis, permitindo o armazenamento de produtos cárneos por longo tempo (OLIVEIRA et al., 2012). De acordo com Taghvaei e Jafari (2015) alguns antioxidantes naturais podem apresentar capacidade de prevenção de oxidação mais forte que antioxidantes sintéticos, além de apresentarem maior estabilidade térmica, podendo permanecer mais ativos após tratamentos térmicos em comparação com antioxidantes sintéticos.

A utilização de antioxidantes naturais em produtos cárneos tem sido estudada em diversas matrizes como sistema modelo, dentre elas, hambúrgueres, almôndegas, embutidos, cortes marinados, dentre outros (KUFNER, 2010; RIBEIRO et al., 2019).

Alguns extratos naturais são excelentes fonte de antioxidantes, apresentando potencial de inibir a oxidação lipídica e a degradação dos pigmentos da carne, melhorando a qualidade sensorial, nutricional e estendendo a vida útil de produtos cárneos (VELASCO; WILLIAMS, 2011; PAGLARINI, 2015).

A maioria dos antioxidantes naturais é obtida de ervas, especiarias, vegetais e óleos, no qual os compostos fenólicos são as principais substâncias responsáveis por sua atividade antioxidante (SALDANHA, 2005; KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013; ZHANG et al., 2016; LEÃO et al., 2017), podendo estar presente em qualquer parte das plantas, como, folhas, caule, raiz, semente, fruta, casca, etc. (SALDANHA, 2005; SHAH; BOSCO; MIR, 2014; TAGHVAEI; JAFARI, 2015).

Dentre os principais antioxidantes naturais, encontram-se os compostos fenólicos, (ácidos fenólicos e  $\alpha$ -tocoferol), o ácido ascórbico, os carotenoides e extratos de plantas, como alecrim, sálvia (SALDANHA, 2005; RAMALHO; JORGE, 2006; KUMAR et al., 2015), extrato de erva-mate, entre outros.

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários produzidos pela planta, sendo também importante na nutrição da mesma e atuam como antioxidantes através de sua capacidade em doar hidrogênio ou elétrons e também devido a seus radicais intermediários estáveis (RICCIO, 2019).

Dentre os compostos fenólicos pouco distribuídos na natureza, encontram-se os fenóis simples, o pirocatecol, a hidroquinona e o resorcinol, além dos aldeídos derivados dos ácidos benzoicos que são componentes dos óleos essenciais como a vanilina. Alguns compostos

fenólicos não se apresentam em forma livre nos tecidos vegetais, são os que são encontrados na forma de polímeros, como por exemplo, os taninos e a ligninas. Os taninos são compostos de alto peso molecular, conferindo ao alimento sensação de adstringência, as ligninas são polímeros complexos de grande rigidez e resistência mecânica, e sua hidrólise alcalina libera uma grande variedade dos ácidos benzoicos e cinâmicos. Na família dos compostos largamente distribuídos na natureza, encontram-se os fenólicos encontrados em todo o reino vegetal (SOARES, 2002). Esses compostos fenólicos são divididos em flavonoides e seus derivados e os ácidos fenólicos (SALDANHA, 2005; MATSUMOTO, 2008).

Os flavonoides são os compostos mais diversificados do reino vegetal. Esse grupo compreende as antocianinas, flavonas, flavonóis e em menor frequência, as auronas, chalconas e isoflavonas, dependendo do lugar, número e combinação dos grupamentos participantes da molécula (SOARES, 2002). Em geral estão presentes nas plantas na forma de glicosídeos ou agliconas, sendo uma das substâncias presentes em frutas responsáveis pela atribuição do perfil sensorial, proporcionando o corpo característico, bem como são encontrados em folhas e sementes (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004). Os flavonoides podem ser encontrados também em frutas, verduras, hortaliças e seus derivados (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). Os flavonoides são antioxidantes de grande importância, sobretudo pelo seu alto potencial redox, o que lhe permite atuar como agentes redutores, doadores de hidrogênio e inibidores de oxigênio singlete, além de quelante de metais. São geralmente os fitoquímicos mais comuns, ajudando a proteger a planta contra luz UV, parasitas fúngicos, herbívoros, patógenos e danos celulares oxidativos (ZEHIROGLU; SARIKAYA, 2019).

As antocianinas e os flavonóis atuam nas plantas atraindo polinizadores e disseminadores de sementes (HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). As antocianinas são um grupo de pigmentos vegetais hidrossolúveis, largamente presente no reino vegetal, variando seu aspecto de cor de vermelho a azul, ou como uma mistura de ambas as cores, resultando em tons de púrpura. Diversas frutas, hortaliças, folhas e flores devem a sua coloração a estes pigmentos que estão presentes nos vacúolos celulares (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Dentre as classes que fazem parte do grupo dos flavonóides, as flavonas e os flavonóis são as duas principais classes presentes na natureza, das quais fazem parte as agliconas, campferol, quercetina e apigenina, luteolina e tricetinas entre os mais comuns (MACEDO, 2005).

Dentre os ácidos fenólicos encontram-se, os ácidos benzoicos, os ácidos cinâmicos e as cumarinas que são derivadas do ácido cinâmico (SALDANHA, 2005; MATSUMOTO, 2008; OLIVEIRA et al., 2012). Os ácidos fenólicos podem apresentar-se na sua forma natural, mas

também se ligar entre si ou com outros compostos, uma das combinações mais relevantes destes ácidos ocorre com o ácido caféico, que combinado a um álcool-ácido cíclico, denominado ácido quínico, forma o ácido clorogênico (SOARES, 2002). Fazem parte dos ácidos benzóicos dois grupos, os derivados do ácido hidroxicinâmico, onde os mais frequentemente encontrados na natureza são os ácidos p-cumárico, ferúlico, caféico e sináptico, os quais estão presentes nas plantas na forma de ésteres como o ácido clorogênico, éster do ácido quínico. Fazem parte do grupo dos derivados do ácido hidroxibenzóico, os ácidos protocatecuíco, valínico, siríngico, gentísico, salicítico, elágico e gálico (MACEDO, 2005; OLIVEIRA et al., 2012).

Os tocoferóis são encontrados, sobretudo, em sementes oleaginosas e folhas e apresentam atividade antioxidante e atividade de vitamina E (MACEDO, 2005) e os, compostos monofenólicos estão presentes naturalmente na maioria dos óleos vegetais (BERTOLIN et al., 2011). A sua atividade antioxidante é devido à capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos aos radicais livres dos lipídios detendo a propagação da cadeia (RAMALHO; JORGE, 2006).

A escolha e seleção de um antioxidante natural para utilização em carnes e produtos deve levar em consideração o odor, a cor e o sabor que podem proporcionar, impactando sensorialmente no produto (KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013). Assim, há necessidade de encontrar uma melhor forma da utilização dos vegetais, como aplicação em forma de extratos que têm demonstrado bons resultados quanto a atividade antioxidante sem grandes interferências nas características sensoriais (BRUM, 2009).

Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de encontrar ingredientes ou compostos naturais com propriedades antioxidantes. A *Ilex paraguariensis* apresenta grande potencial antioxidante, sobretudo por conter altos teores de compostos fenólicos (NUNES; MENEZES, 2015).

### 3.3.1.1 *Ilex paraguariensis*

A *Ilex paraguariensis* St. Hill. é originária da América do Sul, ocorrendo naturalmente na Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. A área de ocorrência natural da erva-mate abrange os Estados do Sul do Brasil, sendo eles Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e também em menor proporção, Sul do Mato Grosso do Sul e extremo Sul de São Paulo (ESMELINDRO et al., 2002; PASINATO, 2002; SUERTEGARAY, 2002; SANTOS, 2004; DANIEL, 2009; CARDOZO JUNIOR et al., 2010; BARLETTE, 2011; BERTÉ, 2011; YATSU; BORGHETTI; BASSANI, 2011; DORTZBACH et al., 2018; HENRIQUE, 2018; PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

A importância da erva-mate é histórica, pois, é um produto que está fortemente enraizado à cultura, à história e a tradição da região que congrega os estados do sul do Brasil e seus países vizinhos. O Brasil, a Argentina e o Paraguai são os principais produtores da erva-mate no mundo (FERRERA et al., 2016; ZANIN; MEYER, 2018), dentre os países produtores de erva-mate, o Brasil é considerado o maior produtor, a Argentina a maior exportadora, sendo que o Paraguai produz basicamente para o autoconsumo, exportando menos que os outros países (SERAFIM, 2016). As propriedades nutritivas e fisiológicas tornam essa planta uma das preciosidades da flora brasileira (MACCARI JUNIOR, 2005).

No Estado do Paraná em particular, a erva-mate é considerada uma atividade agrícola importante para pequenos agricultores. Foi descoberta pelos indígenas e utilizada posteriormente pelos colonizadores, representando uma expressão cultural forte na região, onde ocorre tanto na forma nativa como cultivada (PASINATO, 2002; MACCARI JUNIOR, 2005; BARBOZA, 2006; CARDOZO JUNIOR et al., 2010).

As produções de erva-mate, em sistemas tradicionais têm um papel muito importante na economia de grande parte dos agricultores familiares nas propriedades das regiões Sul do Paraná e Norte Catarinense, produzida e transformada nessas regiões. É um produto histórico e diferenciado, o que está relacionada aos processos de produção, a partir dos ervais nativos, que compõem as Matas de Araucária, sendo esses sistemas essenciais para conservação da floresta de Araucária. A erva-mate é produzida, sobretudo, em pequenas propriedades concentrando mão de obra familiar, sendo que a maioria dos agricultores tem nessa atividade uma fonte alternativa de renda, constituindo-se numa cultura permanente e de rendimento anual (SUERTEGARAY, 2002; FERRERA, 2015; HENRIQUE, 2018; PENTEADO JUNIOR, GOULART, 2019).

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) é uma espécie pertencente a família botânica Aquifoliaceae e gênero *Ilex* que abrange aproximadamente 600 espécies (FELIPPI, 2005; MACCARI JUNIOR, 2005; BARLETTE, 2011; MARQUES et al., 2013; COLPO et al., 2016). É uma árvore perenifólia, atingindo em torno de 3 a 5 m quando cultivada, mas, na floresta pode atingir até 25 m (SUERTEGARAY, 2002). O caule da erva-mate é um tronco de coloração acinzentada e altura variável dependendo da idade, ela pode atingir 15 metros de altura, no entanto, quando podado não passa de 7 metros (MARQUES et al., 2013).

Suas folhas verde-oliva de 8 cm de comprimento são perenes, alternadas, sendo estreitas na base e ligeiramente obtusas no vértice, e apresenta uma base em forma de cunha (BRACESCO et al., 2011; MARQUES et al., 2013) (Figura 6A). As flores são pequenas, pedunculadas e dispostas nas axilas das folhas superiores, o fruto é baga-dupla globular muito

pequena e mede de 6 a 8 mm, de cor verde quando novo, e vermelho-arroxeadado quando maduro (Figura 6B), os quais atraem pássaros que dele se alimentam, expelindo as sementes o que favorece a disseminação (MARQUES et al., 2013). A floração da erva-mate acontece entre os meses de setembro e dezembro, durante a primavera, com predominância em outubro e a frutificação acontece geralmente de dezembro a abril (DANIEL, 2009; BRACESCO et al., 2011).

**Figura 6** – (A) *Ilex paraguariensis* e (B) Flores e Frutos da *Ilex paraguariensis*



(A)

Fonte: <<https://www.baraoervamate.com.br>>.



(B)

Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Erva-mate>>.

A erva-mate é nativa de região de clima temperado, resistindo à baixas temperaturas em algumas regiões (MACCARI JUNIOR, 2005). Caracterizada como uma espécie clímax, tolerante a certo grau de sombreamento em qualquer idade e a luz e ao frio somente na fase adulta. Destaca-se pelo seu habitat natural e crescimento em associações arbóreas, principalmente com pinheiros (SUERTEGARAY, 2002; FERRERA, 2015).

No Brasil, a maior parte da erva-mate produzida é originária de árvores nativas (DANIEL, 2009; PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019). A erva-mate pode ser produzida em dois sistemas distintos: os ervais reflorestados e os ervais nativos. Os ervais reflorestados diferem entre si em função do espaçamento de plantio adotado e/ou da presença de culturas agrícolas intercaladas (CANTERLE, 2005). Enquanto, os ervais nativos são caracterizados pela presença de árvores de erva-mate que ocorrem naturalmente combinadas com outras árvores em remanescentes de mata nativa. Além disso, outra característica é o sombreamento parcial que acontece devido à cobertura proporcionada por outras espécies arbóreas (SANTOS et al., 2014; PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019), podendo estar em diferentes graus de sombreamento/mistura com árvores da floresta original, inclusive reduzidos a ervais isolados em áreas agrícolas mecanizadas ou pastagens (CANTERLE, 2005).

O cultivo intencional de erva-mate pode ser realizado como monocultivo, juntamente com árvores sombreadas ou mesmo em adensamentos de ervais nativos (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019). A erva-mate sombreada é a forma de cultivo produzida em condições de sombra, podendo apresentar diferença na sua composição química, no crescimento e desenvolvimento quando comparada à erva-mate produzida à pleno sol (SUERTEGARAY, 2002). A associação preferencial da erva-mate é a mata dos pinhais, sendo que, a presença de Araucárias (*Araucaria angustifolia*) e Imbuías (*Ocotea porosa*) em geral, garante a maior frequência dessa planta (ANDRADE, 2004).

O crescimento da erva-mate sombreada é diferente da plantada sob pleno sol (Figura 7A e B). Em condições de sombra, a erva-mate tende a crescer mais em altura, procura por maior luminosidade, com desenvolvimento de poucos ramos laterais e como consequência menos massa foliar. Sendo neste caso, essencial o manejo da floresta para regular a intensidade de luz neste tipo de erval para proporcionar uma maior produção de folhas. Em algumas regiões, os preços das folhas provenientes de ervais sombreados são aproximadamente 30% maiores que os de erva-mate sob pleno sol (PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2019).

**Figura 7** – (A) Erva-mate sombreada e (B) Erva-mate em pleno sol



**(A)**

Fonte: <<http://pmcm.pr.gov.br>>.



**(B)**

Fonte: <<https://www.vvale.com.br/agricultura>>.

A perda da qualidade da erva-mate está sobretudo, relacionada a resposta a estresse ecofisiológico, como, exposição da planta a níveis críticos de radiação solar, temperatura e velocidade do vento. (FERRERA, 2015). A luz, entre outras características presentes no ambiente podem influenciar as plantas de erva-mate, em diversos aspectos como: quantidade de biomassa foliar que compõem a matéria-prima do produto, produção e concentração de clorofilas, influenciando na cor do produto beneficiado e a composição química das folhas, que pode influenciar no sabor e aroma do produto (ANDRADE, 2004).

Alterações na morfologia e coloração da folha podem ser devido a variações na composição química e podem afetar as características dos produtos comerciais, como no caso da erva-mate para chimarrão. As causas para variação da composição química podem ser devido a diversos fatores, tais como sombreamento, região de origem e o tipo de cultivo (MACCARI JUNIOR, 2005).

A maior parte da erva-mate no Paraná são de ervais nativos ou sombreados. A procedência de ervais nativos ou sombreados parece ser um requisito de qualidade para a erva-mate tanto verde como cancheada, a qual é vista como um diferencial na compra de matéria-prima pelas cancheadoras e beneficiadoras (MACCARI JUNIOR, 2005), o que torna de suma importância o estudo da erva-mate sombreada.

A *Ilex paraguariensis* é popularmente conhecida como erva-mate, o mesmo nome é dado ao produto industrializado, que é preparado das folhas e pequenos ramos por estabilização, secagem rápida e moagem (SILVA, 2007). A erva-mate é o principal produto obtido da planta (COLPO et al., 2016).

De acordo com a Resolução RDC nº 277, de 22 de setembro de 2005, a Erva-Mate é definida como “produto constituído exclusivamente pelas folhas e ramos de *Ilex paraguariensis* St. Hill., obtido por processo de secagem e fragmentação destinado ao preparo de “chimarrão” ou “tererê” podendo ser adicionado açúcar” e o composto de erva-mate, “é o produto, destinado ao preparo de “chimarrão” ou “tererê”, constituído de erva-mate adicionado de especiaria(s) e ou outra(s) espécie(s) vegetal(s) constante(s) de Regulamento Técnico de Espécies Vegetais para o Preparo de Chás, podendo conter aroma e ou açúcar” (BRASIL, 2005). Quando o produto for adicionado de açúcar, o nome deve ser seguido pela expressão “com açúcar”, como “Erva-Mate com açúcar” ou “Mate com açúcar” (BRASIL, 2005).

As folhas e ramos finos, secos e finamente triturados são utilizados como bebida pela população da região, na forma de bebidas quentes como o “chimarrão” e chás, ou frias como o “tererê” (GUTKOSKI et al., 2001; FERRERA, 2015; FERRERA et al., 2016). Dependendo do tipo de moagem utilizada, as folhas de *Ilex paraguariensis* podem ser designadas ao preparo do chimarrão ou do tererê. As folhas que são utilizadas no preparo do chimarrão são denominadas de “folhas verdes” ou “folhas sapecadas”. Para o preparo do chá mate, as folhas verdes sapecadas, secas e fragmentadas, em vez de serem moídas, passam por um processo de torrefação (MONARO, 2012; RIACHI, 2018).

O chimarrão é a principal forma de consumo da erva-mate, preparado da infusão das folhas da erva-mate (SANTOS, 2004; MACCARI JUNIOR, 2005; DORTZBACH et al., 2018), bebida que é bastante apreciada pelo seu sabor amargo peculiar, bem como pelas suas

propriedades estimulantes. O consumo da erva-mate foi iniciado pelos povos indígenas da América do Sul, sobretudo pelos indígenas Guarani, sendo seu hábito incorporado pelas sociedades colonizadoras, permanecendo até hoje (FELIPPI, 2005; MACCARI JUNIOR, 2005). Esta bebida, integra os costumes da região Sul há séculos, sendo um dos símbolos da cultura da região, o hábito de “matear” é considerado sinônimo de hospitalidade, tradição e saúde. Através das migrações, o chimarrão expandiu-se para todas as regiões do país juntamente com o consumo da erva-mate (MACCARI JUNIOR, 2005; BERTÉ, 2011).

O tererê é consumido, sobretudo, no Paraguai. No sudeste do Brasil, as folhas são torradas para fabricação do chá mate, ou transformado em bebidas açucaradas, muito populares em São Paulo e Rio de Janeiro (BRACESCO et al., 2011). O tererê e o chimarrão são preparados em um recipiente denominado de cuia, onde se utiliza a bomba, um instrumento metálico por meio do qual é succionado o líquido e que apresenta uma peneira filtrante na extremidade inferior (DANIEL, 2009; MEINHART et al., 2010).

Além de sua utilização no chimarrão (infusão da erva-mate com água quente servida em cuia) ou no preparo de chá mate (infusão da erva-mate torrada) e tererê (mate gelado) (PASINATO, 2002; MACCARI JUNIOR, 2005; BARBOZA, 2006; BARLETTE, 2011; YATSU, BORGHETTI; BASSANI, 2011; MONARO, 2012; FERRERA et al., 2016; HENRIQUE, 2018; RIACHI et al., 2018), as folhas da *Ilex paraguariensis* são matéria-prima para corante natural, antioxidante, cosméticos, perfumaria, fitoterápicos, produtos de limpeza e medicamentos, sendo, que sua bebida também é conhecida como tônica, estimulante e diurética (PASINATO, 2002; MACCARI JUNIOR, 2005; CONTRERAS, 2007; BERTÉ, 2011; HENRIQUE, 2018), apresentando propriedades nutritivas e fisiológicas devido sua composição química (MACCARI JUNIOR, 2005).

A erva-mate contém uma diversidade de constituintes, incluindo nutrientes, minerais e vitaminas hidrossolúveis. Dentre os constituintes fitoquímicos presentes na erva-mate encontram-se: polifenóis (ácidos fenólicos como o ácido clorogênico e flavonóides), alcalóides (metilxantinas, como a cafeína, teobromina e teofilina, ácido cafeico, ácido 3,4-dicafeoilquinóico, ácido 3-5-dicafeoilquinóico e ácido 4,5-dicafeoilquinico), terpenos (carotenoides e saponinas) e taninos, além de minerais (magnésio, cálcio, ferro, sódio, flúor, manganês e potássio), vitaminas (A, C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>6</sub>), aminoácidos, proteínas, carboidratos, fibra alimentar e lipídios (SANTOS, 2004; DRALYUK; CLAUATRE; PREUSS, 2006; HECK; MEJIA, 2007; BERTÉ; RUCKER; HOFFMANN-RIBANI, 2011).

Além disso, o produto erva-mate apresenta colina, ácido pantônico, ácido tanóide, inositol e aminoácidos. Ainda, a presença de compostos fenólicos na infusão confirma as

vantagens do uso da erva-mate na composição de uma dieta saudável (MACCARI JUNIOR, 2005; MENDES, 2005).

Dentre os principais componentes orgânicos presentes nos extratos aquoso da *Ilex paraguariensis* obtido por infusão, encontram-se a teobromina em torno de 2%, epicatequina (5%), cafeína (8%), ácido gálico (11%), 4,5-dicaffeoilquinico (11%), galocatequina (21%) e ácido clorogênico, além de 5 g/L de fenólicos totais e 0,35 g/L de saponinas totais (BRACESCO et al., 2011). Dentre os compostos majoritários encontrados no extrato aquoso de erva mate encontram-se os fenóis, ácido clorogênico, ácido gálico e a cafeína (FELIPPI, 2005).

O ácido clorogênico é um ácido fenólico que é encontrado em vegetais comuns, cenouras e batatas, mas está particularmente presente nas folhas da erva-mate e na bebida do mate, sendo o principal fenol presente (BERTÉ; RUCKER; HOFFMANN-RIBANI, 2011). A cafeína é um dos alcaloides com atividade biológica mais ingerido no mundo. Ela tem ação farmacológica variada, ocasionado dentre outros efeitos, alterações no sistemas nervoso central, sistema cardiovascular e homeostase de cálcio. Os efeitos da cafeína sobre o comportamento humano têm sido estudado a algumas décadas (DE MARIA; MOREIRA, 2007). A *Ilex paraguariensis* é utilizada tanto como fonte de cafeína, em paralelo com chá e café, como agente terapêutico por suas possíveis propriedades farmacológicas (BRACESCO et al., 2011).

A erva-mate por apresentar em sua composição elevados teores de alcalóides, como as metilxantinas (principalmente cafeína e teobromina), saponinas e flavonoides, tornasse promissora como matéria-prima para elaboração de diversos produtos, como fitoterápicos, cosméticos e alimentos funcionais (SILVA, 2007). A presença de saponina pode ser observada pelo consumidor de chimarrão e de tererê, sendo a espuma observada quando a cuia é abastecida com água (DANIEL, 2009). A qualidade do chá mate está relacionada com o teor de taninos nas folhas, sendo as mais ricas as folhas mais jovens (BARBOZA, 2006).

Dentre os componentes presentes na erva-mate, a quantidade de minerais é bastante influenciada pelas ações de manejo e cultura, o que torna necessário particularizar as informações ao consumidor, dependendo das condições de produção. Além disso, a idade das folhas também influencia na quantidade de nutrientes, podendo determinar a qualidade do produto final obtido da erva-mate (DANIEL, 2009). Outros fatores também influenciam na composição da erva-mate, como o clima, tipo de cultivo, manejo e origem da progênie (FERRERA et al., 2016). Assim como, variações na composição química também podem estar associadas a mudanças na morfologia e coloração da folha e afetar as características dos produtos comerciais (MACCARI JUNIOR, 2005). A erva-mate é frequentemente vendida como folhas secas moídas, no entanto, foi sugerido que o processo de secagem pode afetar

significativamente a concentração de cafeína, bem como a cor e o teor de clorofila das folhas (HECK; MEJIA, 2007). O método de secagem de erva-mate influencia as características da matéria-prima, sendo observado que a erva-mate sapecada pode apresentar teores de flavonoides e polifenóis cerca de 1,3 vezes maior que da erva-mate seca ao ar, sendo que esta última pode apresentar teores de xantinas duas vezes maiores (MENDES, 2005).

O conhecimento da composição química do produto, considerando usos e aplicações é de suma importância. O desenvolvimento de novos produtos e a melhoria na qualidade pode levar a um crescimento na demanda da erva-mate, bem como, um aumento no valor agregado ao produto (ESMELINDRO et al., 2002; MACCARI JUNIOR, 2005). Uma vez que, grande número de compostos químicos ativos, tem sido identificado em biomassa comercial e nos seus extratos, dos quais vários podem apresentar benefícios à saúde (FERRERA et al., 2016). Além disso, boa parte da população desconhece o emprego da erva-mate na elaboração de outros alimentos/produtos industriais.

Segundo Camel et al. (2012) e Camel (2010), as folhas de erva-mate apresentam elevado conteúdo de flavonóides e derivados de cafeoil, os quais são responsáveis pelas suas propriedades antioxidantes. Os principais flavonoides encontrados na erva-mate são: a rutina, a quercetina e o kaempferol (DRALYUK; CLAUATRE; PREUSS, 2006).

Dentre as diversas atividades biológicas que a erva-mate possui, uma das principais é a atividade antioxidante, a qual apresenta a propriedade de combater os radicais livres e as espécies reativas do oxigênio, além da atividade antimicrobiana (NUNES; MENEZES, 2015; TONET; ZARA; TIUMAN, 2019). Alguns estudos sobre os efeitos da *Ilex paraguariensis* na saúde e na doença, confirmaram atividades anti-inflamatórias, antimutagênicas e hipolipemiantes, propriedades de dilatação dos vasos, entre outros (BRACESCO et al., 2011).

A maior concentração de fenóis totais e de antocianinas nas plantas submetidas a diferentes níveis de luz pode ser uma das responsáveis pelo sabor diferenciado da erva-mate produzida a pleno sol, o que permite deduzir que ambientes sombreados podem produzir uma erva-mate com um sabor mais suave ou mais aceitável pelos consumidores. Além disso, o microclima influencia no crescimento e composição química da erva-mate (SUERTEGARAY, 2002).

Ferrera (2015) concluiu em seu estudo que, as folhas de erva-mate expostas a sombreamento de 35 a 50% são mais escuras quanto à luminosidade e apresentam cor verde mais intensa e o sombreamento de 35% é mais eficaz no verão para o acúmulo de compostos fitoquímicos como polifenóis, como flavonoides, o que amplia a capacidade antioxidante da erva-mate, sendo que, o outono é a melhor época de colheita de folhas das erva-mate, para

obtenção de uma melhor qualidade em acúmulo de compostos fenólicos e flavonoides. Ainda, Potrickos et al. (2013), concluíram que o consumo de erva-mate em forma de chimarrão pode contribuir na ingestão de antioxidantes com efeitos benéficos para a saúde humana. As infusões de mate verde e chá mate (*Ilex paraguariensis*) podem apresentar mesma eficácia antioxidante que o BHT (BASTOS et al., 2006).

Recentemente, tem sido investigado o extrato de folhas de mate, como potencial agente antioxidante em produtos alimentícios (FAION et al., 2015). Estudos em filés de dourado (VEECK et al., 2013), sobrecoxas assadas (CAMEL et al., 2012), bolinhos de carne de frango pré-cozidos (RACANICCI; DANIELSEN; SKIBSTED, 2008), carne de frango moída (TERRA et al., 2005), carne de peru moída (TERRA et al., 2008) e salame (CAMPOS et al., 2007) demonstraram que o extrato de erva-mate pode ser uma alternativa na redução da oxidação lipídica em carnes e produtos cárneos. Extratos etanólicos de erva-mate foram eficazes contra a peroxidação lipídica em hambúrguer de carne bovina e não resultaram na perda sensorial (FERREIRA et al., 2011). Beal et al. (2011) também observaram que a adição de extrato de erva-mate em salame tipo italiano não afetou as características de sabor, textura e aceitação global, em comparação com a formulação com antioxidante sintético.

Anesini et al. (2012) ao investigarem a participação de compostos bioativos na atividade antioxidante de extratos brutos de *Ilex paraguariensis*, verificaram que o ácido clorogênico, o ácido caféico e a rutina contribuem positivamente para a atividade antioxidante dos extratos. Ainda, a composição química de extratos vegetais derivados é muito complexa, onde pode acontecer interações sinérgicas ou antagônicas entre os compostos presentes. A incorporação de extratos polifenólicos da erva-mate aos alimentos pode ser uma forma simples e eficaz de melhorar sua qualidade nutricional e sensorial, além de prolongar a vida útil (VALERGA; RETA; LANARI, 2012).

Zanchett et al. (2016) observaram que o extrato de erva-mate pode ser utilizado no desenvolvimento de novos produtos, por apresentarem um alto teor de compostos fenólicos e quando adicionados ao chocolate branco acrescentam ao produto compostos fenólicos com atividade antioxidante. O mesmo foi verificado por Battiston et al. (2016) quando adicionaram extrato de erva-mate ao chocolate branco.

Estudos demonstram que a atividade antioxidante pode estar relacionada com a presença de compostos fenólicos e flavonoides presentes nos extratos de erva-mate (TERRA et al., 2008; BOAVENTURA et al., 2013; PAGLARINI, 2015; GULLÓN et al., 2018; RIACHI et al., 2018; SARAIVA et al., 2019; TONET, ZARA E TIUMAN, 2019). Riachi et al. (2018) verificaram que, alterações na composição fenólica ocasionadas por diferentes condições de

processamento, refletiram em mudanças na capacidade antioxidante de amostras de mate. E o etanol, sendo um solvente seguro e biocompatível, demonstrou ser altamente eficiente na extração de compostos fenólicos antioxidantes (GULLÓN et al., 2018).

Costa, Racanicci e Santana (2017) verificaram atividade antimicrobiana do extrato de erva-mate frente à *E. coli* e para o *P. mirabilis in vitro*, sugerindo boas perspectivas para a utilização deste extrato como antimicrobiano, na concentração de 400 mg de extrato/mL. Extrato bruto de erva-mate obtido por fluido supercrítico apresentou atividade antimicrobiana frente a *S. aureus* e *P. aeruginosa* (CARELLI et al., 2011). Extratos aquosos de erva-mate em concentrações relativamente baixas podem fornecer atividade antimicrobiana contra *S. aureus* e *E. coli* (BURRIS et al., 2011). Considerando assim, a importância da erva-mate como fonte potencial para a extração de compostos antimicrobianos para utilização na indústria de alimentos como conservante natural em alimentos e bebidas (FAGUNDES et al., 2015).

As folhas da erva-mate possuem substâncias químicas funcionais, como a cafeína e os compostos fenólicos permitindo ampliar o seu uso industrial em diversos produtos, além do tradicional chimarrão (BERTÉ, 2011; BERTÉ et al., 2011), podendo permitir o desenvolvimento de novos produtos com atributos e benefícios para uma alimentação saudável. Entre os produtos extraídos das folhas da erva-mate, destaca-se a potencialidade do extrato com aplicação na indústria farmacêutica e alimentícia (DANIEL, 2009).

As indústrias tem grande interesse no desenvolvimento de novos produtos a partir da erva-mate, usos e aplicações industriais, como na produção de bebidas, usos medicinais e de higiene, bem como, melhorar a qualidade de produtos tradicionais (MACCARI JUNIOR, 2005; MENDES, 2005). Além disso, a erva-mate pode ser utilizada pela indústria de insumos para alimentos, como corante natural e conservante alimentar, além de produtos como sorvetes, balas, bombons e chiclete (MENDES, 2005).

O desenvolvimento de novos produtos à base de erva-mate pode proporcionar um aumento no incentivo, bem como maior integração social entre universidades, produtores e beneficiadores da cultura, colaborando para o crescimento das regiões produtoras e para a abertura de novos mercados (BARBOZA, 2006). Em face aos benefícios que esta planta pode oferecer, existe uma busca crescente pelo conhecimento científico sobre a mesma, sua composição físico-química e propriedades, além, de novas tendências para exploração de atributos regionais (HENRIQUE, 2018).

Existem poucos estudos especificamente sobre erva-mate sombreada, além disso, considerando o número de estudos sobre a comparação das formas de cultivo da erva-mate, torna importante investigar a erva-mate sombreada e pleno sol em relação a composição

química, compostos bioativos e atividade antioxidante, visando aplicação em alimentos, sobretudo em produtos cárneos, visto que a erva-mate sombreada, vêm se destacando por ser um produto diferencial.

#### 4 REFERÊNCIAS

- ABEYRATHNE, E.D.N.S.; HUANG, X.; AHN, D.U. Antioxidant, angiotensin-converting enzyme inhibitory activity and other functional properties of egg white proteins and their derived peptides – A review. **Poultry Science**. v. 97, p. 1462-1468. 2018.
- AL-HIJAZEEN, M. et al. Effect of oregano oil and tannic acid combinations on the quality and sensory characteristics of cooked chicken meat. **Poultry Science**. v. 97, p. 676-683. 2018.
- ALMEIDA, P.L. et al. Effect of jaboticaba peel extract on lipid oxidation, microbial stability and sensory properties of Bologna-type sausages during refrigerated storage. **Meat Science**. v. 110, p. 9-14. 2015.
- ALMEIDA, F.A. et al. Qualidade de hambúrgueres e linguiças feitos com carne de cordeiros alimentados com grãos de girassol e vitamina E. **Boletim de Indústria Animal**. Nova Odessa, v. 76, p. 1-8. 2019.
- ANDRADE, F.M. **Avaliação de biomassa, clorofila, cafeína e tanino em *Ilex paraguariensis* Saint-Hilaire, crescendo sob sombreamento e pleno sol**. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. 2004.
- ANESINI, C. et al. Study of the participation of caffeine and polyphenols on the overall antioxidant activity of mate (*Ilex paraguariensis*). **LWT – Food Science and Technology**. v. 45, p. 299-304. 2012.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 5 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2012. 601 p.
- BARBOSA, T.C.M. et al. Linguiça frescal bovina adicionada de extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e chá verde (*Carmellia sinensis*): Parâmetros físico-químicos e estabilidade oxidativa. **Revista Científica de Produção Animal**. v. 21, n. 1, p. 5-12. 2019.
- BARBOZA, L.M.V. **Desenvolvimento de bebida à base de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) adicionada de fibra alimentar**. 2006. 215 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. 2006.
- BARLETTE, A.G. **Avaliação química e biológica do extrato hidroetanólico de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.)**. 2011. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. 2011.
- BARROS, N.V.A. et al. Elaboração de hambúrguer enriquecido com fibras de caju (*Anacardium occidentale* L.). **B. CEPPA**. Curitiba, v. 30, n. 2, p. 315-325, jul.-dez. 2012.
- BASTOS, D.H.M. et al. Essential oil and antioxidant activity of green mate and mate tea (*Ilex paraguariensis*) infusions. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 19, p. 538-543. 2006.

BASTOS, S.C. et al. Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. **Journal Food Science Technology**. v. 51, n. 9, p. 2046–2053. 2014.

BATTISTON, C.S.Z. et al. Caracterização físico-química a atividade antioxidante de chocolate branco com extrato de erva-mate. **Revista Virtual de Química**. v. 8, n. 6, p. 1878-1888, novembro-dezembro. 2016.

BEAL, P. et al. Oxidative stability of fermented Italian-type sausages using mate leaves (*Ilex paraguariensis* St. Hil) extract as natural antioxidant. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**. v. 62, n. 7, p. 703-710, november. 2011.

BERNARDINO FILHO, R. et al. Elaboração de hambúrguer formulado com filé de peixe tucunaré (*Cichla ssp.*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 9, n. 3, p. 75-80. 2014

BERTÉ, K.A.S. **Tecnologia da erva-mate solúvel**. 2011. 160 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. 2011.

BERTÉ, K.A.S. et al. Desenvolvimento de gelatina funcional de erva-mate. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 41, n. 2, p.354-360, fev. 2011.

BERTÉ, K.; RUCKER, N.; HOFFMANN-RIBANI, R. Yerba mate *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Phytothérapie**. v. 9, p. 180-184. 2011.

BERTOLIN, T. E. et al. Ficocianina, tocoferol e ácidos ascórbico na prevenção da oxidação em charque. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.14, n. 4, p.301-307, out.-dez. 2011.

BISWAS, A.K.; CHATLI, M.K.; SAHOO, J. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. **Food Chemistry**. v. 133, p. 467-472. 2012.

BRACESCO, N. et al. Recent advances on *Ilex paraguariensis* resaearech: Minireview. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 136, n. 2011, p. 378-384. 2011.

BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução – RDC nº 277 de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para Café, Cevada, Chá, Erva-Mate e Produtos Solúveis**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Brasil, 2005.

BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução – RDC nº 272 de 14 de março de 2019. **Resolução sobre os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Brasil, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Portaria DAS nº 724, de 23 de dezembro de 2022. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do hambúrguer**. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, Brasil. 2022.

BREWER, M.S. Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. v. 10, p. 221-247. 2011.

BOAVENTURA, B.C.B. et al. Enhancement of bioactive compounds content and antioxidant activity of aqueous extract of mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) through freeze concentration technology. **Food Research International**. v. 53, p. 686-692. 2013.

BRUM, E.B. **Antioxidante natural de marcela (*Achyrocline satureioides*) e de erva mate (*Ilex paraguariensis*) na elaboração de linguiça toscana**. 2009. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. 2009.

BURRIS, K.P. et al. Antimicrobial Activity of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) Aqueous Extracts against *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus*. **Journal of Food Science**. v. 76, n. 6, p. 456-462. 2011.

CAMEL, M. **Influência da adição de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em frango assado, armazenado e reaquecido**. 2010. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e da Missões, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil. 2010.

CAMEL, M. et al. Influência do potencial antioxidante de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em frango assado, armazenado e reaquecido. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 23, n. 2, p. 297-305, abr.-jun. 2012.

CAMPOS, R.M.L. et al. Fatty acid and volatile compounds from salami manufactured with yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract and pork back fat and meat from pigs fed on diets with partial replacement of maize with rice bran. **Food Chemistry**. v. 103, n. 2007, p. 1159-1167. 2007.

CANTERLE, L.P. **Erva-mate e atividade antioxidante**. 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. 2005.

CAMPAGNOL, P.C.B. **Cultura Starter produzida em meio de cultura de plasma suíno e antioxidante natural na elaboração do salame**. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, 2007.

CARELLI, G. et al. Avaliação preliminar da atividade antimicrobiana do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. – Hil.) obtido por extração com CO<sub>2</sub> supercrítico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botucatu. v. 13, n. 1, p. 110-115. 2011.

CARDOZO JUNIOR, E.L. et al. Quantitative genetic analysis of methylxanthines and phenolic compounds in mate progenies. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 45, n. 2, p. 171-177, fev. 2010.

CARVALHO, F.A.L. et al. Replacement of meat by spinach on physicochemical and nutritional properties of chicken burgers. **Journal of Food Processing Preservation**. v 43, e13935, p. 1-8. 2019.

CAVA, G.C. **Efeito da adição de extrato de alecrim e alho em pó nos parâmetros de cor e oxidação lipídica de produto cárneo emulsionado à base de frango**. 2007. 178 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil, 2007.

CHIESA, L.; SCHLABITZ, C.; SOUZA, C.F.V. Efeito da adição de erva-mate nas características sensoriais e físico-químicas de barras de cereais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 71, n. 1, p. 105-110. 2012.

COLPO, A.C. et al. Yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.)-based beverages: How successive extraction influences the extract composition and its capacity to chelate iron and scavenge free radicals. **Food Chemistry**. v. 209, p. 185-195. 2016.

COSTA, D.E.M. **Atividade antioxidante e antimicrobiana da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) em carne de peito de frango**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Animais, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil. 2016.

COSTA, D.E.M.; RACANICCI, A.M.C.; SANTANA, A.P. Atividade antimicrobiana da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) contra microorganismos isolados da carne de frango. **Cien. Anim. Bras.** Goiânia, v. 18, p. 1-7. 2017.

CONTRERAS, P.D. **Desenvolvimento de bebida à base de subprodutos da indústria da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e verificação de sua atividade antioxidante**. 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. 2007.

CRAFT, B.D. et al. Phenol-Based Antioxidants and the *In Vitro* Methods Used for Their Assessment. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. v. 11, p. 148-173. 2012.

DAL BOSCO, A. et al. The antioxidant effectiveness of liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) extract administered as dietary supplementation and/or as a burger additive in rabbit meat. **Meat Science**. v. 158, n. 2019, 107921. 2019.

DANIEL, O. **Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial**. Dourados, MS: UFGD; UEMS. 2009. 288 p.

DEGÁSPARI, Cláudia Helena; WASZCZYNSKYJ, Nina. Propriedades antioxidante de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**. Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, jan.-jun. 2004.

DEL RÉ, P.V.; JORGE, N. (2012). Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 14, n. 2, p. 389-399. 2012.

DELLES, R.M. et al. Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken meat through promotion of antioxidant enzyme activity. **Poultry Science**. v. 93, p. 1561-1570. 2014.

DE MARIA, C.A.B.; MOREIRA, R.F.A. Cafeína: revisão sobre métodos de análise. **Química Nova**. v. 30, n. 1, p. 99-105. 2007.

DORTZBACH, D. et al. **Indicação Geográfica Erva-mate do Planalto Norte Catarinense: história**. 1 ed. Florianópolis: Epagri, 2018. 102 p.

DRALYUK, I.; CLOUATRE, D.; PREUSS, H.G. Yerba Maté: A Review. **The original Internist**. p. 137-143, September. 2006.

ESMELINDRO, Maria Carolina et al. Caracterização físico-química da erva-mate: influência das etapas do processamento industrial. **Ciênci. Tecnol. Aliment.** Campinas, v. 22, n. 2, p.193-204, maio-ago. 2002.

FAGUNDES, A. et al. *Ilex paraguariensis*: compostos bioativos e propriedades nutricionais na saúde. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**. São Paulo, v. 9, n. 53, p. 213-222, set.-out. 2015.

FAION, A.M. et al. Influence of the addition of natural antioxidant from mate leaves (*Ilex paraguariensis* St. Hill) on the chemical, microbiological and sensory characteristics of different formulations of Prato cheese. **Journal of Food Science and Technology**. v. 52, n. 3, p. 1516-1524, march. 2015.

FALOWO, A.B.; FAYEMI, P.O.; MUCHENJE, F.V. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**. v. 64, n. 2014, p. 171-181. 2014.

FERNANDES, R.P.P. et al. Evaluation of antioxidant capacity of 13 plant extracts by three different methods: cluster analyses applied for selection of the natural extracts with higher antioxidant capacity to replace synthetic antioxidant in lamb burgers. **Journal of Food Science and Technology**. v. 53, n. 1, 451-460. 2016.

FELIPPI, R. **Efeito do extrato aquoso de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) na reatividade vascular: enfoque na aterosclerose experimental**. 112 f. 130 p. Dissertação (Mestrado em Farmácia) – Programa de Pós-Graduação em Farmácia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.

FERREIRA, V.C.S. **Oxidação lipídica e proteica de um produto emulsionado tipo hambúrguer de frango**. 2016. 140 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil. 2016.

FERREIRA, E.L. et al. Natural Antioxidant from Yerba Maté (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Prevents Hamburger Peroxidation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 54, n. 4, p. 803-809, July-Aug. 2011.

FERRERA, T.S. **Parâmetros fenométricos e qualidade da erva-mate em função do sombreamento, vento e cobertura vegetal do solo.** 2015. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. 2015.

FERRERA, T.S. et al. Substâncias fenólicas, flavonoides e capacidade antioxidante em erva-mate sob diferentes coberturas de solo e sombreamentos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.** Campinas, v. 18, n. 2, p. 588-596. 2016.

FERREIRA, R.A.R.; SILVA, R.H. Avaliação da composição centesimal de hambúrgueres bovinos encontrados nos mercados de Uberaba. **Higiene Alimentar.** v. 32, n. 278/279, p. 79-84. 2018.

GAINO, V.O. **Melhoria da qualidade de Jerked beef pela substituição de nitrito de sódio por extratos naturais de própolis e erva mate como agente antioxidante.** 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. 2015.

GONÇALVES, L.D.A.; MAGALHÃES, G.L. Hambúrguer bovino com substituição de gordura por farinha da casca de maracujá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.** v. 13, n. 4, p. 489-494, out.-dez. 2018.

GUERRA, N.B; LAJOLO, F.M. Ação antioxidante de especiarias face a diferentes atividades de água. **Ciência e Tecnologia em Alimentos.** v. 25, n. 1, p. 45-50, jan.-mar. 2005.

GULLÓN, B. et al. Yerba mate waste: A sustainable resource of antioxidant compounds. **Industrial Crops & Products.** v. 113, p. 398-405. 2018.

GUTKOSKI, Luiz Carlos et al. Avaliação de parâmetros físicos e químicos de marcas de erva-mate processadas em diferentes épocas. **B. CEPPA.** v. 19, n. 1, p. 95-104, jan.-jun. 2001.

HECK, C.I; MEJIA, E.G. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A Comprehensive Review on Chemistry, Health. **Journal of Food Science.** v. 72, n. 9, p. 138-151. 2007.

HENRIQUE, F.A. **Caracterização físico-química da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. – Hil) e infusão, comercializada no sul do Brasil propondo critérios de confiabilidade do produto.** 2018. 47 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. 2018.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Flavonóis e Flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição.** Araraquara, v. 19, n. 1, p. 97-108, jan.-mar. 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Produção de Erva-mate (Cultivo).** Brasil. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/erva-mate-cultivo>>. Acesso em: 18/08/2024.

JAYASENA, D. D.; JO, C. Potential Application of Essential Oils as Natural Antioxidants in Meat and Meat Products: A Review. **Food Reviews International**. v. 30, p. 71-90. 2014.

KARRE, L.; LOPEZ, K.; GETTY, K.L.K. Natural antioxidants in meat and poultry products. **Meat Science**. v. 94, n. 2013, p. 220-227. 2013.

KRISHNAN, K.R. et al. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. **International Journal of Food Microbiology**. v. 171, n. 2014, p. 32-40. 2014.

KUFNER, D.E. **Atividade antioxidante do extrato aquoso de manjerona (*Origanum majorana* L.), em linguiça frescal de frango**. 2010. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil. 2010.

KÜHN, H.; BORCHEERT, A. Regulation of enzymatic lipid peroxidation: the interplay of peroxidizing and peroxide reducing enzymes. **Free Radical Biology e Medicine**. v. 33, n. 2, p. 154-172. 2002.

KUMAR, Y. et al. Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. v. 14, p. 796-812. 2015.

LARA, M.S. et al. Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP. **Meat Science**. v. 88, p. 481-488. 2011.

LEÃO, L.L. et al. Uso de antioxidantes naturais em carnes e seus produtos. **Caderno de Ciências Agrárias**. v. 9, n. 1, p. 94-100. 2017.

LEYGONIE, C.; BRITZ, T. HOFFMAN, L. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. **Meat Science**. v. 91, p. 93-98. 2012.

LIMA JÚNIOR, D.M. et al. Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. **Acta. Veterinária Brasilica**. v. 7, n.1, p. 14-28. 2013.

MACCARI JUNIOR, A. **Análise do pré-processamento da erva-mate para chimarrão**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Campinas, Brasil. 2005.

MACEDO, R.E.F. **Utilização de culturas lácticas probióticas no processamento de produto cárneo fermentado**. 2005. 210 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, 2005.

MANCINI, S. et al. Improving pork burgers quality using *Zingiber officinale* Roscoe powder (ginger). **Meat Science**. v. 129, n. 2017, p. 161-168. 2017.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F. Antioxidant activity of essential oil from *Coriandrum sativum* L. Italian Salami. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 31, n. 1, p. 124-128, jan.-mar. 2011.

MARQUES, J.J. et al. **Erva-mate: guia para aplicação de boas práticas agrícolas**. Lajeado, RS: Emater/RS-Ascar, 2013. 80 p.

MARIUTTI, L.R.B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v.69, n. 1, p. 1-11. 2009.

MARIUTTI, L.R.B. et al. Free Radical Scavenging Activity of Ethanolic Extracts from Herbs and Spices Commercialized in Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 51, n. 6, p. 1225-1232, nov.-dec. 2008.

MARIUTTI, L.R.B.; BRAGAGNOLO, N. Revisão: Antioxidantes Naturais da Família Lamiaceae. Aplicação em Produtos Alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 10, n. 2, p. 96-103. 2007.

MATEOS, R. et al. Improved LC-MS<sup>n</sup> characterization of hydroxycinnamic acid derivatives and flavonols in different commercial mate (*Ilex paraguariensis*) brands. Quantification of polyphenols, methylxantines, and antioxidant activity. **Food Chemistry**. v. 241, p. 232-241. 2018.

MATSUMOTO, R.L.T. **Atividade antioxidante do chá mate (*Ilex paraguariensis*)**. 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil. 2008.

MEINHART, A.D. et al. Methylxanthines and Phenolics Content Extracted during the Consumption of Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 58, p. 2188-2193. 2010.

MEIRA, D.P. **Produto tipo hambúrguer formulado com carne bovina e mandioca**. 2013. 42 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil. 2013.

MENDES, R.M.O. **Caracterização da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), beneficiada no estado de Santa Catarina**. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. 2005.

MILANI, L.I.G. et al. Efeito de extratos de caqui (*Diospyros kaki* L.) cultivar Rama Forte e do extrato oleoso de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) nas características sensoriais e na estabilidade da cor de hambúrguer de carne bovina congelado. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 33, n. 3, p. 1085-1093. 2012.

MONARO, E.L.F. **Inibição da formação de produtos da reação de Maillard por extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em sistemas modelo alimento**. 2012. 102 f. Dissertação

(Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil. 2012.

MONTEIRO, S.S. **Caracterização química da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), avaliação de seus extratos e aplicação em linguça de frango para aumento do *shelf life*.** 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. 2013.

NTZIMANI, A.G.; GIATRAKOU, V.I.; SAVVAIDIS, I.N. Combined natural antimicrobial treatments on a ready-to-eat poultry product stored at 4 and 8 °C. **Poultry Science**. v. 90, p. 880-888. 2011.

NUNES, G.L.; MENEZES, C.R. Microencapsulação por *spray drying* dos compostos bioativos do extrato aquoso de erva mate (*Ilex paraguariensis*) crioconcentrado. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 37, p. 18-29, dez. 2015.

OLIVEIRA R.R. et al. Antioxidantes naturais em produtos cárneos. **PUBVET**. Londrina, v. 6, n. 10, p. 1-32. 2012.

OLIVEIRA, D.F. et al. Alternatives for a healthier meat product: a review. **Brazilian Journal of Food and Technology**. Campinas, v. 16, n. 3, p. 163-174, jul.-set. 2013.

OLIVEIRA, R. B. S. et al. Quality of beef burger with addition of wet okara along the storage. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 40, n. 6, p. 706-717. 2016.

OLIVO, R. Alterações Oxidativas em Produtos Cárneos. In: SHIMOKOMAKI, M. et al. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Livraria Varela, 2006. 236 p.

PADILHA, A.D.G. **Antioxidante natural de erva mate na conservação da carne de frango *in vivo*.** 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. 2007.

PAGLARINI, C.S. **Utilização de extratos comerciais derivados de plantas em produtos cárneos: avaliação da atividade antioxidante.** 2015. 151 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil. 2015.

PASCHOAL, E.C. et al. Estabilidade oxidativa da carne e derivados cárneos com o uso de antioxidantes naturais ou sintéticos em artigos publicados na base de dados do *Scielo*: revisão de literatura. **Medicina Veterinária (UFFPE)**. Recife, v. 13, n.1, p. 136-142, jan-mar. 2019.

PASINATO, Raquel. **Aspectos Etnoentomológicos, socioeconômicos e ecológicos relacionados à cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no município de Salto do Lontra, Paraná, Brasil.** 2003. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2002.

PENTEADO JUNIOR, J.F.; GOULART, I.C.G.R. **Erva 20: Sistema de produção para erva-mate**. 1 ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2019. 154 p.

PEREIRA, M.G. **Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de ave**. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. 2009.

PEREDA ORDÓÑEZ, J.A. et al. **Tecnología de Alimentos: alimentos de origem animal**. v. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005. 279 p.

POTRICKOS, R. et al. Determinação de fenóis totais em infusões aquosas de chá verde (*Camelia sinensis*) e de erva mate (*Ilex paraguariensis*) preparada na forma de chimarrão. **Ries. Caçador**, v. 2, n. 1, p. 27-38. 2013.

RACANICCI, A.M.C.; DANIELSEN, B.; SKIBSTED, L.H. Mate (*Ilex paraguariensis*) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat. **European Food Research and Technology**. v. 227, p. 255-260. 2008.

RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleo, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**. v. 29, n. 4, p. 755-760. 2006.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Minas Gerais: Ed. UFV, 2007. 599 p.

RAVELLI, D. **Estabilidade oxidativa de óleo de soja adicionado de extratos de especiarias: correlação entre parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial**. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Alimentos, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2011.

REGITANO-D’ARCE, M.A.B. **Deterioração de Lipídeos – Ranço**. In: OETTERER, M.; REGITANO-D’ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 1 ed. São Paulo: Manole, 2009. 612 p.

RIACHI, L.G. et al. Effect of light intensity and processing conditions on bioactive compounds in mate extracted from yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. ST.-Hil). **Food Chemistry**. v. 266, p. 317-322. 2018.

RIACHI, L.G. **Efeito da luz solar durante o cultivo e das condições de processamento sobre os fitoquímicos da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.) e análise do consumo do chá mate sobre o teor sérico de creatina quinase em voluntários com idade a partir de 50 anos**. 2018. 92 f. Tese (Doutorado em Enfermagem e Biociências) – Programa de Pós-Graduação em Enfermagem e Biociências, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. 2018.

RIBEIRO, J.S. et al. Natural antioxidants used in meat products: A brief review. **Meat Science**. v. 148, p. 181-188. 2019.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2007. 186 p.

RICCIO, D.P. **Obtenção, caracterização e microencapsulação de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**. 2019. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil. 2019.

RIOS-MERA, J.D. et al. Reducing the sodium content without modifying the quality of beef burgers by adding micronized salt. **Food Research International**. v. 121, n. 2019, p. 288-295. 2019.

ROSA, C.S. et al. Avaliação do efeito de extrato de farinha de alfarroba (*Ceratonia siliqua* L.) na estabilidade oxidativa e cor de hambúrgueres congelados. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 34, n. 5, p. 93-98, set.-out. 2013.

SALDANHA, L.A. **Avaliação da atividade antioxidante *in vitro* de extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) verde e tostada e chá verde (*Camellia sinensis*)**. 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil. 2005.

SANTOS, C.O. et al. Caracterização, teor de polifenóis totais e atividade antioxidante em diferentes tipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) para chimarrão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. v. 73, n. 1, p. 77-86. 2014.

SANTOS, J.S.; OLIVEIRA, M.B.P.P. Revisão: Alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.15, n. 1, p. 1-14, jan.-mar. 2012.

SANTOS, K.A. **Estabilidade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) em embalagens plásticas**. 2004. 109 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. 2004.

SARAIVA, B.R. et al. 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**. v. 56, n. 3, p. 1256-1265, Mar. 2019.

SARCINELLI, M.F. et al. Processamento da carne suína. **Boletim Técnico – PIE-UFES:01907**. Espirito Santo: UFES, 2007.

SHAH, M.A.; BOSCO, S.J.D.; MIR, S.A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. **Meat Science**. v. 98, n. 2014, p.21-23. 2014.

SERAFIM, R.A. **Efeito da aplicação de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) assistido por ultrassom na estabilidade oxidativa de lingüiça suína**. 2016. 57 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. 2016.

SICHERI, A.P.M.P. **Potencial antioxidante de extratos de especiarias em sistemas modelo e na estabilidade oxidativa do óleo de soja**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)

– Programa de Pós-Graduação em Ciências, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, Brasil. 2013.

SHIMANO, M.Y.H. **Ação antioxidante de extratos de especiarias e suas misturas binárias e ternárias sobre a estabilidade oxidativa de óleo de soja.** 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Alimentos, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2012.

SILVA, F.A. **Avaliação tecnológica e atividade antioxidante de produtos secos por *spray-drying* de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. – Aquifoliaceae (erva-mate).** 2007. 243 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. 2007.

SILVA, B.D. et al. Chemical composition, extraction sources and action mechanisms of essential oils: Natural preservative and limitations of use in meat products. **Meat Science**, v. 176, 108463. 2021.

SOARES, D.J. et al. Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos. **B. CEPPA**. Curitiba, v. 30, n. 2, p. 263-272, jul.-dez. 2012.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 15, n.1, p. 71-81, jan.-abr. 2002.

SOUSA, C.M.M. et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**. v. 30, n. 2, p. 351-355. 2007.

STRASBURG, G.; XIONG, Y.L.; CHIANG, W. Fisiologia e Química dos Tecidos Musculares Comestíveis. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

SUERTEGARAY, C.E.O. **Dinâmica da cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) em sistemas agroflorestais e monocultivos.** 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. 2002.

TAGHVAEI, M.; JAFARI, S.M. Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. **Journal of Food Science and Technology**. v. 52, n. 3, p. 1272-1282. 2015.

TERRA, N.N. et al. Extrato de erva mate (*Ilex paraguariensis*) como antioxidante, em carne de peru submetida a tratamento térmico. **Higiene Alimentar**. v. 22, n. 166/167, p. 189-193. 2008.

TERRA, N.N. et al. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* grounded chicken meat submitted to thermal treatment. **51<sup>st</sup> International Congress of Meat Science and Technology, August 7-12, 2005**. Baltimore, Maryland USA, p. 652-659. 2005.

TONET, A.; ZARA, R.F.; TIUMAN, T.S. Biological activity and quantification of bioactive compounds in yerba mate extract and its application in fish hamburger. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 22, p. 1-12. 2019.

TREVISAN, Y.C. et al. Efeito da adição de fibra de aveia sobre as propriedades físico-químicas de hambúrguer cozido e congelado com redução de gordura e sal. **Brazilian Journal of Food Technology**. 19. 2016.

VALERGA, J.; RETA, M.; LANARI, M.C. Polyphenol input to the antioxidant activity of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extracts. **LWT – Food Science and Technology**. v. 45, n. 2012, p. 28-35. 2012.

VARGAS, B.K. **Ação antioxidante *in vivo* de extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) livre e microencapsulados**. 2019. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. 2019.

VEECK A.P.L. et al. Mate extract on lipid and color changes of dourado fillets during frozen storage. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.43, n. 7, p. 1317-1322, jul. 2013.

VELASCO, V.; WILLIAMS, P. Review: improving meat quality through natural antioxidants. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v. 71, n. 2, p. 313-322, april-june. 2011.

VIEIRA, V.B. **Obtenção do extrato de própolis assistida por micro-ondas, aplicação em linguiça toscana e avaliação da sua capacidade antioxidante**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, 2012.

YATSU, F.K.J.; BORGHETTI, G.S.; BASSANI, V.L. Technological Characterization and Stability of *Ilex paraguariensis* St. Hil. Aquifoliaceae (*Maté*) Spray-Dried Powder. **Journal of Medicinal Food**. v. 14, n. 4, p. 413-419. 2011.

ZAGO, G.R. **Estabilidade oxidativa de linguiça tipo Toscana com extrato liofilizado de casca de romã (*Punica granatum* L.)**. 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Ciência e tecnologia em Alimentos, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil, 2018.

ZAGO, G.R. et al. Pomegranate (*Punica granatum* L.) peel lyophilized extract del as lipid oxidation in tuscan sausages. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 50, n. 4, p. 1-10. 2020.

ZANCHETT, C.S. et al. Desenvolvimento de chocolate branco com extrato de erva-mate. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 19, p. 2-8. 2016.

ZHANG, W. et al. Improving functional value of meat products. **Meat Science**. v.86, p.15-31, 2010.

ZHANG, Y. et al. Peach skin powder inhibits oxidation in cooked turkey meat. **Poultry Science**. v. 95, p. 2435-2440. 2016.

ZANIN, V.; MEYER, L.G. Evolução da margem de comercialização da erva mate no Rio Grande do Sul. **Revista Pecege**. v. 4, n. 1, p. 7-18. 2018.

ZEHIROGLU, C.; SARIKAYA, S.B.O. The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. **Journal of Food Science and Technol.** v. 56, n. 11, p. 4757-4774, november. 2019.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O item MATERIAL E MÉTODOS foi contemplado com o desenvolvimento de 3 artigos científicos a seguir relacionados, apresentados no item 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

- Artigo científico 1: A formatação do seguinte artigo encontra-se de acordo com as normas da revista científica “*Journal of Food Science and Technology (JFST)*”, Qualis A3 – Ciência de Alimentos.

SAVOLDI, D. C.; MENDONÇA, F.J.; WATANABLE, L.S.; SILVA, F, G.; SOARES, A. L. **Avaliação dos compostos bioativos da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) sombreada, pleno sol e comercial em diferentes formas de preparo.**

- Artigo científico 2: A formatação do seguinte artigo encontra-se de acordo com as normas da revista científica “*Journal of Aquatic Food Product Technology*”, Qualis B1 – Ciência de Alimentos.

SAVOLDI, D.C.; BENIS, C.M.; PAPALIA, I.S.; CARDINES, P.H.F.; SOARES, A.L. **Avaliação de hambúrgueres de tilápia elaborados com adição de extrato de erva-mate sombreada como antioxidante natural.**

- Artigo científico 3: A formatação do seguinte artigo encontra-se de acordo com as normas da revista científica “*Semina: ciências agrárias*”, Qualis A4 – Ciência de Alimentos.

SAVOLDI, D.C.; BENIS, C.M.; PAPALIA, I.S.; PEREIRA, N.R.; CARDINES, P.H.F.; SOARES, A.L. **Elaboração de hambúrgueres bovinos com adição de extrato de erva-mate como antioxidante natural.**

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 ARTIGO CIENTÍFICO 1

**Avaliação dos compostos bioativos da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) sombreada, pleno sol e comercial em diferentes formas de preparo**

**Evaluation of bioactive compounds of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) under shade, full sun and commercial cultivation in different preparation methods**

Daniele Cristina Savoldi<sup>1\*</sup>, Fernanda Jéssica Mendonça<sup>2</sup>, Lycio Shinji Watanabe<sup>3</sup>, Fernando de Godoi Silva<sup>1</sup>, Adriana Lourenço Soares<sup>1\*</sup>.

\*Autor correspondente:

Daniele Cristina Savoldi

danycs\_pr@hotmail.com;

Adriana Lourenço Soares

adri.soares@uel.br

Afiliações

<sup>1</sup>Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, CEP: 86057-970, Brasil.

<sup>2</sup>, Departamento de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, Londrina, PR, CEP: 86036-370, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Química, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, CEP: 86057-970, Brasil.

#### Highlights

- O tipo de cultivo de erva-mate influenciou o teor de antioxidantes;
- Os extratos hidroalcoólicos e extração com água quente proporcionaram maior extração de compostos bioativos;
- Extratos de erva-mate em água quente ou fria apresentaram alta atividade antioxidante.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a erva-mate sombreada, pleno sol e comercial em relação a sua composição química, compostos bioativos e atividade antioxidante em diferentes formas de preparo, proporcionando maior visibilidade e exploração do cultivo da erva-mate. As erva-mate sombreada, pleno sol e comercial foram avaliadas quanto a composição química, granulometria, pH, acidez, atividade de água e cor. Foram preparados extratos contendo 5% das erva-mate de diferentes maneiras: solução hidroalcolica 70%, em infusão com água quente e infusão com água fria. Os extratos foram avaliados quanto a atividade antioxidante e quantificação de compostos bioativos. As amostras pleno sol e sombreada apresentaram maior umidade e cinzas e menor teor de carboidratos que as comerciais. A erva-mate comercial apresentou maior acidez, menor pH e atividade de água que as erva-mate pleno sol e sombreada. A extração hidroalcolica apresentou melhor resultado para atividade antioxidante, independentemente do tipo de erva-mate. Foram identificados nos extratos, ácido clorogênico, teobromina, cafeína e rutina. O extrato a quente foi tão eficiente quando o hidroalcolico para extração dos compostos bioativos, entre os tipos de erva-mate, contudo, a erva-mate comercial apresentou menor conteúdo de cafeína para extração com água quente que a erva-mate sombreada e pleno sol. O tipo de cultivo da erva-mate teve pouca influência na composição química e não influenciou os parâmetros físico-químicos, no entanto, influenciou na atividade antioxidante. Embora a extração hidroalcolica tenha sido mais eficiente, a infusão em água quente e fria também proporcionaram elevada atividade antioxidante demonstrando potencial de utilização dos extratos de erva-mate em alimentos para controle da oxidação lipídica.

**Palavras-chave:** Erva-mate; antioxidante; compostos bioativos; composição química.

## Introdução

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) é uma espécie pertencente à família botânica Aquifoliaceae e gênero *Ilex* a qual abrange aproximadamente 600 espécies. É uma das plantas mais consumidas da América do Sul, ocorrendo naturalmente na Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai (Yatsu et al. 2011; Arçari et al. 2013; Santos et al. 2014). No Brasil, a área de ocorrência natural da erva-mate abrange os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e também em menor proporção, Sul do Mato Grosso do Sul e extremo Sul de São Paulo (Cardozo Junior et al. 2010; Yatsu et al. 2011; Dortzbach et al. 2018; Pentead Junior e Goulart 2019), nos quais a erva-mate desempenha um importante papel socioeconômico (Escalada et al. 2011).

Foram produzidos no Brasil no ano de 2022, 618601 toneladas de erva-mate, colhidas de uma área de 73458 hectares, com rendimento médio de 8421 kg/ha (Instituto Brasileiro de

Geografia Estatística 2022). Dentre os estados do Brasil, o Paraná destaca-se sendo responsável por 43% da produção de erva-mate em 2021 (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística 2022).

No Brasil, praticamente a metade da erva-mate produzida é originária de árvores nativas (Penteado Junior e Goulart 2019). Os ervais nativos são caracterizados pela presença de árvores de erva-mate que ocorrem naturalmente combinadas com outras árvores, em remanescentes de mata nativa. Além disso, outra característica é o sombreamento parcial que acontece devido à cobertura proporcionada por outras espécies arbóreas (Santos et al. 2014; Penteado Junior e Goulart 2019).

O cultivo intencional de erva-mate pode ser realizado como monocultivo, juntamente com árvores sombreadas ou mesmo em adensamentos de ervais nativos. Em condições de sombra, a erva-mate tende a crescer mais em altura, em busca de maior luminosidade, com desenvolvimento de poucos ramos laterais e como consequência menos massa foliar, diferente do crescimento da erva-mate pleno sol (Penteado Junior e Goulart 2019). As ervas-mate plantadas sob pleno sol, são cultivadas com espaçamento regular entre uma muda e outra, diferente do adensamento da erva-mate sombreada que é irregular. Em algumas regiões, os preços das folhas provenientes de ervais sombreados são aproximadamente 30% maiores que os de erva-mate sob pleno sol (Penteado Junior e Goulart 2019).

A *Ilex paraguariensis* é uma planta que vem sendo estudada devido a presença de compostos bioativos como polifenólicos e metilxantinas (Nunes e Menezes 2015; Mateos et al. 2018) que trazem benefícios à saúde humana e a forma de cultivo desta planta pode influenciar diretamente na quantidade de compostos bioativos presentes. Até o momento, há poucos relatos na literatura sobre a comparação das formas de cultivo, em relação a composição química, compostos bioativos e atividade antioxidante.

A erva-mate é utilizada no preparo do chimarrão (infusão da erva-mate com água quente, servida em cuia) ou no preparo de chá mate (infusão da erva-mate torrada) e no preparo

do tererê (mate gelado) (Yatsu et al. 2011; Ferrera et al. 2016; Riachi et al. 2018), no entanto, o chimarrão é a principal forma de consumo da erva-mate (Chaicouski et al. 2014; Dortzbach et al. 2018).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a erva-mate sombreada, pleno sol e comercial em relação a sua composição química, compostos bioativos e atividade antioxidante em diferentes formas de preparo.

## **Materiais e métodos**

### **Amostras**

As ervas-mates sombreada e pleno sol utilizadas neste trabalho foram provenientes do cultivo na região do município de Bituruna - PR, a cidade localiza-se a uma altitude de 865 m, com latitude: 26° 9' 41" Sul e longitude: 51° 33' 11" Oeste, apresenta clima subtropical, úmido, com precipitação pluviométrica média anual entre 1.600 e 1.700 mm, temperaturas médias anuais entre 15 e 18 °C, com verões amenos e com ocorrência de geadas no inverno (Nitsche et al. 2019), apresenta solo basicamente argiloso (Peixoto et al. 2022).

Foram coletadas cinco amostras de erva-mate sombreada (cinco produtores diferentes) e cinco amostras da erva-mate cultivadas em pleno sol (cinco produtores diferentes), com sistemas de cultivo baseado no manejo tradicional em ambiente da floresta com Araucárias e de monocultura sob pleno sol, respectivamente. Em ambos, foram utilizados somente as folhas, coletadas no terço médio superior da planta, especificamente para esta pesquisa e submetidas ao processo convencional de sapeco (que consiste na exposição direta de curta duração em fogo para retirar a umidade superficial) e secagem em forno rudimentar, moagem em pilão e armazenamento em embalagens de papel própria, sob temperatura ambiente. Foram avaliadas também oito amostras de erva mate comerciais, de diferentes fabricantes, adquiridas no

comércio local na cidade de União da Vitória - PR. Cada amostra foi considerada como uma repetição e foram analisadas em triplicata.

### **Composição química e de minerais**

A composição química foi determinada de acordo com as metodologias padrões da AOAC (Association of Official Analytical Chemists 1995). A umidade por secagem a 105°C, cinzas por incineração em mufla a 550°C, os lipídios foram extraídos em Soxhlet com éter de petróleo e o conteúdo de nitrogênio foi determinado pelo método de Microkjeldahl utilizando o fator de conversão em proteína de 5,75. O teor de carboidratos (g/100g) foi calculado por diferença entre 100 e a soma do conteúdo de proteínas, lipídios, umidade e cinzas. O valor calórico total foi calculado considerando a soma total utilizando a conversão de 9kcal/g para lipídios e 4kcal/g para carboidratos e proteínas (Brasil 2020) e reportado em quilocalorias (kcal).

A composição mineral das amostras de erva-mate foi realizada a partir da análise direta das cinzas de erva-mate pela técnica de ED-XRF (Fluorescência de Raios X por Dispersão em Energia) utilizando o espectrômetro EDX 720 (Shimadzu Co), com tubo de Rh operando separadamente em dois canais com 50 kV para análise dos elementos do Ti-U e 15 kV para a análise dos elementos do Na ao Sc. As medidas foram realizadas com tempos de 100s para cada canal e foi utilizado o Método dos Parâmetros Fundamentais (Qual-Quanti). Os resultados foram reportados em porcentagens de minerais identificados nas amostras de cinzas.

### **Atividade de água, pH, Acidez, Cor e Granulometria**

A atividade de água foi medida por ponto de orvalho utilizando o equipamento Novasina Lab Touch-aw. O pH foi determinado com auxílio de um potenciômetro MS TecnoPON (mPA - 210) devidamente calibrado, na proporção de 10 g de erva-mate para 100

mL de água, mantida sob agitação por 30 min (Instituto Adolfo Lutz 2008). A acidez foi determinada por volumetria potenciométrica, utilizando NaOH 0,1 mol/L padronizado para titulação e faixa de pH (8,2-8,4). Os resultados foram expressos em g de ácido tartárico por 100 g de amostra (Instituto Adolfo Lutz 2008).

A cor foi determinada utilizando o colorímetro Delta Color Delta Vista d8 com iluminante D65 e ângulo de observação de 10° e os resultados expressos no sistema CIELAB (L\*, a\*, b\*). E a granulometria determinada de acordo a metodologia padrão da AOAC (Association of Official Analytical Chemists 1995), utilizando o conjunto de cinco peneiras de acordo com a ABNT, de 0,15, 0,30, 0,50, 0,60, 1,18 e 2,0 mm. Foi utilizado um agitador de peneiras (Lucadema), onde foram colocadas 50 g de cada amostra, deixado em agitação por 5 minutos.

### **Preparos da erva-mate para determinação da atividade antioxidante e identificação de compostos bioativos**

Foram preparados extratos contendo 5% (m/v) da erva-mate sombreada, pleno sol e comercial de diferentes maneiras: 1) Solução hidroalcoólica 70% (v/v) em agitação por 2 horas; 2) simulando preparo do chimarrão: em infusão com água quente a 60°C permanecendo em repouso por 10 min (Meinhart et al. 2010) e 3) simulando preparo do tererê: em infusão com água fria a 11°C, permanecendo em repouso por 10 min (Potrickos et al. 2013). Todos os extratos foram filtrados a vácuo e armazenados a -18°C para posterior análises. Para realização da análise de atividade antioxidante e capacidade de redução, os extratos foram diluídos de acordo com o solvente utilizado em cada método.

### **Determinação da Atividade antioxidante**

A atividade antioxidante dos diferentes extratos das amostras de erva-mate foi avaliada pelos métodos de DPPH, redução do ferro (FRAP) e capacidade redutora por Folin. Para determinação do sequestro do radical DPPH foi empregado o método descrito por Brand-Willians et al. (1995) e modificado por Rufino et al. (2007) e os resultados foram expressos em EC<sub>50</sub>, como g de amostra por g de DPPH. A redução do ferro foi avaliada conforme metodologia descrita por Benzie e Strains (1996) e Sánchez-González et al. (2005) e os resultados foram expressos em mmol de Trolox/g de amostra. A capacidade redutora foi determinada pelo método de Folin-Ciocalteu e realizada de acordo com a metodologia descrita por Kumazawa et al. (2004) com modificações, utilizando ácido gálico como padrão e os resultados foram expressos em mg de EAG/g de amostra.

### **Identificação dos compostos bioativos**

A análise de identificação e quantificação de compostos bioativos nos diferentes tipos de extratos foi realizada em cromatógrafo líquido de ultra alta eficiência (UHPLC) (Acquity UPLC I Class Waters©) com coluna HSS C18 1,8 µm 2,1×100 mm (Waters). Uma alíquota de 1 mL dos extratos foi homogeneizada com 9 mL de água ultrapura (1:10) e centrifugado a 4000 rpm por 15 minutos. O Sobrenadante foi recolhido e filtrado em membrana de nylon 0,45 µm (FilterPro). O volume de injeção foi de 1,0 µL, com vazão de 0,4 mL/min. A separação foi realizada com uma condição de gradiente de fase móvel (0,00 – 10,00 min: 95% da fase A; 10,00-10,10 min: 95% da fase B; 10,10 – 13,00 min: 95% da fase A), sendo a fase A constituída de água ultrapura acidificadas com 0,05% (v/v) de ácido fórmico e a fase B, constituída de metanol acidificado com ácido fórmico a 0,1% (v/v). O detector Diode Array (DAD) foi utilizado para a varredura dos comprimentos de onda entre 190 e 700 nm, e a leitura em 270 e 320 nm. O tempo de corrida foi de 13 min. Utilizou-se padrões (Sigma) de ácido cítrico,

trigonelina, ácido ascórbico, ácido nicotínico, ácido gálico, teobromina, catequina, cafeína, ácido clorogênico, epicatequina, teofilina, ácido cafeico, ácido p-cumarínico, rutina, ácido ferúlico e quercetina e os compostos bioativos quantificados baseando-se na área do pico de retenção de cada composto. A separação e a quantificação foram realizadas em duplicata (n = 2). Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g}$  do composto/mL de extrato.

### **Análise estatística**

Os resultados obtidos nas análises foram submetidos a análise de variância (ANOVA) seguido pelo teste de média Tukey a 5% de significância para comparação entre as erva-mate (sombreada, pleno sol e comercial) e entre os extratos de erva-mate (simulação de chimarrão, simulação de tererê e extrato hidroalcolico 70%), utilizando Statistica versão 7.0 (StatSoft 2005).

## **Resultados e Discussão**

### **Composição química e de minerais**

Em relação a composição química, observa-se que o teor de umidade foi menor ( $p < 0,05$ ) na erva-mate comercial quando comparada com a sombreada e a pleno sol (Tabela 1), pois o processo de beneficiamento industrial é realizado de forma mais controlada e homogênea, diferindo do processo artesanal empregado nas amostras de erva-mate pleno sol e sombreada. Uma vez que, no processamento industrial a erva-mate passa por etapas de secagem e sapeco, onde utiliza-se temperaturas relativamente altas (Esmelindro et al. 2002; Daniel 2009).

Todas as erva-mate estão de acordo com o regulamento técnico para café, cevada, chá, erva-mate e produtos solúveis que não estabelece um valor máximo para teor de umidade para erva-mate (Brasil 2005).

As erva-mate pleno sol e sombreada apresentaram teor de cinzas 20% maior que as comerciais, o que pode ter sido influenciado pela maior concentração de talos e ramos nas amostras comerciais, além das características do solo onde foram cultivadas. Souza et al. (2015), ao analisarem a composição química da planta inteira da erva-mate, das folhas e dos talos, observaram que os caules apresentaram os menores teores de lipídios, proteínas e cinzas e maiores teores de carboidratos. De fato, no presente estudo foi verificado que as erva-mate comerciais apresentaram 7,1% maior teor de carboidratos do que as erva-mate pleno sol e sombreada. Além disso, vários fatores podem influenciar na composição química da erva-mate como o clima, manejo e origem da espécie (Ferrera et al. 2016). No entanto, em relação aos teores de lipídios e proteínas não foram observadas ( $p>0,05$ ) diferenças entre as três amostras de erva-mate.

De maneira geral, a composição química da erva-mate está de acordo com o descrito por outros autores (Braghini et al. 2014; Santos et al. 2014; Terhaag et al. 2021), com exceção dos teores de carboidratos e lipídios. O teor de carboidratos observado neste trabalho (69,91 a 74,54 g/100 g) está elevado quando comparado com o de outros autores (Santos et al. 2014; Terhaag et al. 2021), o que deve estar relacionado com a quantidade de fibras, parâmetro que não foi mensurado neste trabalho. Terhaag et al. (2021) encontraram valores de fibras de 19,79 e 19,53 g/100 g e de carboidratos de 53,74 e 50,60 g/100 g para erva-mate plantada e nativa, respectivamente e Santos et al. (2014) observaram valores de carboidratos em torno de 45,7% e fibras brutas de 20,85%. Em relação ao teor de lipídios os valores obtidos (3,52 a 4,15 g/100 g) estão menores que os relatados por outros autores, Terhaag et al. (2021) verificaram valores de 7,75 g/100 g para erva-mate nativa e 8,13 g/100 g, para erva-mate plantada e Braghini et al. (2014) descreveram valores de 5,28 a 9,16% para erva-mate comercial para chimarrão, ainda Reis et al. (2015) observaram teor de 11,66% de lipídios em amostras de erva-mate em pó.

Dentre os compostos minerais identificados, as amostras de erva-mate diferiram entre si apenas para o teor de fósforo (P) ( $p < 0,05$ ), onde a erva-mate pleno sol apresentou maior concentração (5,64 %) que a comercial (2,79 %) e a sombreada (1,79 %) (Tabela 1). Dentre os componentes presentes na erva-mate, a quantidade de minerais é bastante influenciada pelas ações de manejo e cultura (Daniel 2009). A forma de cultivo, tipo de solo e condições climáticas influenciam nas concentrações de compostos inorgânicos da erva-mate (Caetano et al. 2014; Terhaag et al. 2021). Além disso, a baixa disponibilidade de fósforo (P) apresentada pela amostra sombreada, pode estar relacionada a falta de adubação (Peixoto et al. 2022), uma vez que as amostras sombreadas são amostras de cultivo orgânico, além da variação do solo argiloso.

Os minerais presentes em maiores concentrações nas amostras de erva-mate (sombreada, pleno sol e comercial) foram o potássio (K), o cálcio (Ca), o manganês (Mn) e o silício (Si) o que também foi observado por outros pesquisadores (Caetano et al. 2014; Terhaag et al. 2021).

### **Atividade de água, pH, Acidez, Cor e Granulometria**

As ervas-mate apresentaram diferenças entre si para os valores de pH, acidez e atividade de água (Tabela 2). A erva-mate comercial apresentou menor valor de pH (5,85) em relação a erva-mate sombreada (6,00), enquanto que a erva-mate pleno sol (5,90) não diferiu ( $p > 0,05$ ) das demais. Valores de pH similares foram descritos por outros autores (Braghini et al. 2014; Reis et al. 2015). A erva-mate comercial apresentou maior valor de acidez que a erva-mate sombreada ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2), resultado este que comprova os valores de pH obtido. Isto faz com que a erva-tem comercial devido a menor umidade e maior acidez, seja mais resistente ao desenvolvimento de microrganismos, proporcionando maior segurança e vida de útil ao produto.

Em relação a atividade de água, observa-se que a erva-mate comercial apresentou menor valor (0,45) quando comparada com as erva-mate pleno sol (0,62) e sombreada (0,63) (Tabela 2), isto ocorreu devido a amostra comercial ter apresentado o menor valor de umidade (Tabela 1), quanto menor conteúdo de água menor a disponibilidade de água e consequentemente maior estabilidade. As amostras pleno sol e sombreada apresentaram atividade de água acima de 0,6, o que pode predispor ao desenvolvimento de bolores e leveduras (Valduga et al. 2005).

Em relação a análise de cor (Tabela 2), observou-se que a amostra comercial apresentou valor de  $L^*$  igual a amostra sombreada, e a erva-mate pleno sol mostrou-se mais clara (46,31) que a comercial (43,27). Os tons escuros e as tendências as tonalidades escuras da erva-mate podem ser explicadas devido à alta atividade enzimática da polifenol oxidase e da peroxidase presentes nas folhas de erva-mate (Ceni et al. 2008). Em relação ao parâmetro  $a^*$ , verificou-se que a amostra comercial apresentou maior valor (4,05) que as pleno sol e sombreada que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ), portanto estas amostras tenderam mais para a cor verde do que a comercial. Em relação ao componente  $b^*$ , a amostra comercial apresentou maiores valores quando comparada com a sombreada e pleno sol que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). O parâmetro  $b^*$  corresponde à coloração amarela, sugerindo que nas amostras comerciais ocorreu maior degradação da clorofila no tecido vegetal (Santos et al. 2014), o que provavelmente é decorrente do maior período de beneficiamento e armazenamento destas amostras.

As amostras de erva-mate eram compostas em grande parte por pó grosso, peneiras de 0,60 (26,5 a 51,6%), 1,18 (72,6 a 81,3%) e 2,0 mm (85,8 a 91,4%) que são decorrentes dos talos e ramos, seguida de pó moderadamente grosso, peneira de 0,50 mm (21,4 a 45,2%) e pó moderadamente fino, peneiras de 0,15 (2,2 a 11,3%) e 0,30 mm (11,4 a 29,4%). A granulometria mais grossa das amostras de erva-mate é uma característica deste alimento e que

pode levar a variações no lote que refletem na composição química, resultando em maior teor de umidade (Santos et al. 2014).

Entre os tipos de erva-mate avaliadas, verificou-se que, dos parâmetros avaliados, a amostra comercial foi que apresentou mais variações devido provavelmente a heterogeneidade e mistura de vários tipos de ervas-mate e ao período de beneficiamento e armazenamento, visto que, as amostras de erva-mate pleno sol e sombreada foram colhidas e processadas artesanalmente e exclusivamente para este trabalho. De modo geral, entre as ervas-mate pleno sol e sombreada não foram verificadas diferenças significativas na composição química e nos parâmetros físicos-químicos, com exceção do teor de fósforo que foi 3,15 vezes maior para pleno sol comparada com a sombreada, indicando que a forma de cultivo nas condições avaliadas exerceu pouca influência na composição química.

### **Atividade antioxidante e identificação de compostos bioativos**

A Tabela 3 apresenta a atividade antioxidante dos diferentes tipos de extratos de erva-mate preparados de diferentes formas. A extração hidroalcolica apresentou melhores resultados de DPPH para todos os tipos de erva-mate quando comparada com as extrações com água (quente ou fria), isto ocorreu devido a presença do álcool como solvente que provavelmente extraiu mais compostos com atividade antioxidante, conforme descrito por Gullón et al. (2018). O etanol é um solvente seguro e biocompatível, demonstrou ser altamente eficiente na extração de compostos fenólicos antioxidantes de resíduo de erva-mate. Para extração simulando chimarrão, os valores de DPPH foram similares entre todos os tipos de erva-mate, já para extração simulando tererê observou-se que as ervas-mate sombreada e comercial apresentaram melhores resultados.

Na atividade antioxidante avaliada pelo método de FRAP, a extração hidroalcolica também foi a que apresentou melhores resultados (Tabela 3), seguida pela extração simulando

chimarrão e pela extração simulando tererê para todos os tipos de erva-mate, corroborando com os resultados de DPPH de que o etanol é eficiente para a extração de mais compostos com atividade antioxidante. No caso da extração com água, o uso de temperatura (simulando chimarrão) colaborou para maior extração de substâncias capazes de reduzir o ferro, do que a água fria. Na erva-mate pleno sol, a extração simulando chimarrão apresentou maior atividade antioxidante por FRAP ( $0,94 \pm 0,12$  mmol de Trolox/g de extrato) que as outras erva-mate, enquanto que, a erva-mate comercial ( $0,82 \pm 0,06$  mmol de Trolox/g de extrato) e a erva-mate sombreada ( $0,78 \pm 0,08$  mmol de Trolox/g de extrato) quando utilizada a extração simulando tererê foram as que apresentaram melhor atividade antioxidante em relação a pleno sol.

Em relação aos compostos fenólicos determinados pelo método de Folin-Ciocalteu, a extração hidroalcoólica também apresentou melhores resultados que a extração simulando chimarrão seguida da extração simulando tererê, apesar da extração com água quente e hidroalcoólica não terem diferido ( $p > 0,05$ ) para a erva-mate comercial (Tabela 3). Entre os tipos de erva-mate, a sombreada apresentou capacidade redutora superior a comercial para extração hidroalcoólica e igual a pleno sol, já para extração simulando chimarrão a capacidade redutora foi similar ( $p > 0,05$ ) entre a sombreada e a comercial, que foram superiores ( $p < 0,05$ ) a pleno sol. Na extração simulando tererê, a capacidade redutora foi maior ( $p < 0,05$ ) para erva-mate comercial em relação a pleno sol e sombreada, que não diferiram entre si. Resultados similares foram descritos por Duarte et al. (2022) para extratos aquosos (60° por 1 hora) obtidos de folhas secas de diferentes morfotipos de erva-mate que apresentaram valores de 71,6 a 75,4 mg de EAG/g e por Gullón et al. (2018) que encontraram valores de 46,28 a 62,32 mg de EAG/g de resíduo de erva-mate seco para extratos hidroalcoólicos 50% obtidos de resíduos de amostras de erva-mate após infusão.

Os resultados obtidos para atividade antioxidante, demonstraram potencial utilização do extrato de erva-mate em alimentos para controle da oxidação lipídica. Para o método de

Folin-Ciocalteu os valores foram comparáveis a outros antioxidantes naturais, como o extrato de orégano (74,01 mg de EAG/g de peso seco) e para o método de FRAP, os valores foram maiores que do extrato de orégano (0,47 mmol de Trolox/g de peso seco) (Fernandes et al., 2017), tornando interessante o emprego.

Os resultados da atividade antioxidante demonstraram que o tipo de cultivo (pleno sol e sombreada) da erva-mate influenciou na capacidade antioxidante observado nos diferentes métodos e extrações avaliados, sendo consenso com a literatura. Ferrera et al. (2016) verificaram que o acúmulo de compostos fenólicos é maior nos tratamentos com maior sombreamento, sendo que na estação do outono o acúmulo de compostos é maior que no verão. Por outro lado, Riachi et al. (2018) verificaram que, alterações na composição fenólica ocasionadas por diferentes condições de processamento (secagem, sapeco e torrefação, tempo e temperatura), refletiram em mudanças na capacidade antioxidante de amostras de mate, mas a análise de PCA (Análise de Componente Principal) para extratos aquosos por infusão, não mostrou separação das amostras pleno sol e sombreada, indicando que a intensidade da luz durante o cultivo parece não ter efeito sobre os fenólicos do mate.

Foram identificados quatro compostos bioativos nos extratos de erva-mate, sendo eles ácido clorogênico (Tempo de retenção (RT): 3,74), teobromina (RT: 2,49), cafeína (RT: 3,70) e rutina (RT: 5,23) (Tabela 4), não foi possível quantificar os outros compostos (ácido cítrico, trigonelina, ácido ascórbico, ácido nicotínico, ácido gálico, catequina, epicatequina, teofilina, ácido cafeico, ácido p-cumarínico, ácido ferúlico e quercetina) pois ficaram abaixo do limite de quantificação do método empregado. Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) na concentração de ácido clorogênico e teobromina entre os diferentes extratos para o mesmo tipo de erva-mate (sombreada, pleno sol e comercial).

Os extratos hidroalcolico 70% e por infusão a quente da erva-mate sombreada, pleno sol e comercial apresentaram maiores concentrações ( $p < 0,05$ ) de cafeína, apesar do extrato por

infusão a frio não diferir ( $p>0,05$ ) do extrato por infusão a quente. A erva-mate pleno sol, apresentou maiores concentrações ( $p<0,05$ ) de rutina para o extrato hidroalcolico 70%, seguido do extrato por infusão a quente e por infusão a frio, respectivamente. A erva-mate comercial apresentou maiores concentrações de rutina para o extrato hidroalcolico 70%, no entanto, o extrato por infusão a quente e a frio não diferiram entre si ( $p>0,05$ ).

Comparando os compostos bioativos entres os diferentes tipos de erva-mate observou-se que não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre eles para o teor do ácido clorogênico e de teobromina, independentemente do tipo de extração. Além disso, podemos observar que as ervas-mate pleno sol e sombreada, apresentaram maiores concentrações de cafeína ( $p<0,05$ ) em todas as extrações, no entanto a erva-mate pleno sol não diferiu ( $p>0,05$ ) da comercial para os extratos hidrialcolico 70% e simulando tererê. A erva-mate pleno sol apresentou maior concentração de rutina ( $p<0,05$ ) do que a erva-mate sombreada e comercial para os diferentes tipos de extração.

De maneira geral, podemos observar que a cafeína é o composto bioativo de maior concentração nas amostras de erva-mate sombreada e pleno sol, seguida pelo ácido clorogênico, enquanto na erva-mate comercial o composto majoritário foi o ácido clorogênico seguido da cafeína. O que torna evidente a atividade antioxidante da erva-mate, pois a presença de compostos como a rutina, cafeína teobromina e ácido clorogênico na erva-mate demonstram seu potencial como antioxidante (Tonet et al. 2019; Cardozo et al. 2021).

O teor de cafeína e teobromina dos extratos preparados com erva-mate sombreada, pleno sol e comercial encontrados nesse estudo, foram menores que os determinados por Terhaag et al. (2021), que obteve valores de 778, 87 e 223,01  $\mu\text{g/mL}$  para infusão de folhas secas de erva-mate plantada, respectivamente e maiores que os encontrados para rutina (0,001  $\mu\text{g/mL}$ ) e para ácido clorogênico (18,13  $\mu\text{g/mL}$ ). No entanto, Boaventura et al. (2013) encontraram valores maiores para ácido clorogênico (1,72  $\text{mg/mL}$ ), teobromina (42,04  $\mu\text{g/mL}$ )

e cafeína (0,89 mg/mL) para extratos aquosos de folhas de erva-mate que os determinados no presente estudo. Ainda, Ribeiro et al. (2017) encontraram valores maiores para ácido clorogênico (400,63 µg/mL), semelhantes para rutina (29,13 µg/mL) e menores para teobromina (5,97 µg/mL) e cafeína (32,54 µg/mL) para chá-mate em relação aos resultados determinados no presente estudo. Mateos et al. (2018) verificaram que a cafeína apresentou maior concentração que a teobromina, em todas as amostras de erva-mate analisadas, o mesmo foi observado no presente estudo, para as amostras pleno sol e sombreada.

Esmelindro et al. (2002) concluíram em seu trabalho que o sapeco e a secagem foram as etapas que mais significativamente afetaram os teores dos compostos analisados, comprovando que as altas temperaturas empregadas levam a alterações físico-químicas da erva-mate, e que o processamento industrial reduz significativamente o teor de cafeína da erva-mate, o que pode ser observado no presente trabalho, onde a erva-mate comercial apresentou menores concentrações ( $p < 0,05$ ) de cafeína em relação a erva-mate sombreada. Ainda, Silva et al. (2011) quantificaram por cromatografia líquida metilxantinas, polifenóis e saponinas do extrato bruto e da erva-mate comercializada, e verificaram que a quantidade de cafeína, teobromina e saponinas foram significativamente mais altas no extrato bruto do que no extrato de erva comercial, sugerindo que os níveis altos de metilxantinas, saponinas e açúcares na erva-mate bruta é devido ao não aquecimento ou processamento das amostras. Além disso, Escalada et al. (2011) concluíram em seu trabalho que a época da colheita influencia o teor de polifenóis totais da erva-mate independentemente da origem e do tipo de secagem a que foi submetida a folha verde.

As ervas-mate sombreada e pleno sol apresentaram maiores teores de compostos bioativos quando comparadas com as amostras comerciais, o que está de acordo com o observado na atividade antioxidante (Tabela 3), corroborando com a hipótese de que o maior tempo de beneficiamento e armazenamento pode ter causada perda destes compostos. Em

relação, ao tipo de cultivo da erva-mate, assim como observado para atividade antioxidante houveram diferenças significativas entre elas, indicando que o tipo de cultivo influencia no metabolismo de compostos bioativos e na capacidade antioxidante.

## **Conclusão**

O tipo de cultivo da erva-mate (sombreada e pleno sol) exerceu pouca influência na composição química. No entanto, influenciou nos compostos bioativos e na atividade antioxidante. Em relação aos tipos de extratos, embora a extração hidroalcoólica tenha sido mais eficiente, a infusão em água quente (chimarrão) e fria (tererê) também proporcionaram alta atividade antioxidante, demonstrando potencial de utilização dos extratos de erva-mate em alimentos para controle da oxidação lipídica.

## **Contribuições dos autores**

- Daniele Cristina Savoldi: este artigo é resultado da sua pesquisa de doutorado, sendo um dos artigos apresentados na sua qualificação, realizando a maior parte da pesquisa.
- Fernanda Jéssica Mendonça: contribuiu com a pesquisa auxiliando no desenvolvimento de algumas metodologias importantes para a caracterização físico-química das amostras de erva-mate.
- Lycio Shinji Watanabe e Fernando de Godoi Silva: contribuíram com a pesquisa auxiliando no desenvolvimento da análise e execução da técnica de quantificação e identificação de compostos bioativos por UHPLC.
- Adriana Lourenço Soares: orientou toda a pesquisa, auxiliando no desenvolvimento da mesma e na discussão dos resultados.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Estadual de Londrina (UEL), o Instituto Federal do Paraná campus União da Vitória – PR, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos da UEL pelo apoio e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de doutorado.

## Referências

- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC) (1995) Official Methods of Analysis of the AOAC International. 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington
- Arçari DP, Santos JC, Gambero A, Ribeiro ML (2013) The in vitro and in vivo effects of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) extract on adipogenesis. Food Chem 141:809-815. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.04.062
- Benzie IFF e Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. Anal Biochem 239:70-76
- Boaventura BCB, Murakami ANN, Prudêncio ES, Maraschin M, Murakami FS, Amante ER, Amboni RDMC (2013) Enhancement of bioactive compounds content and antioxidant activity of aqueous extract of mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) through freeze concentration technology. Food Res Int 53:686-692. doi: 10.1016/j.foodres.2012.07.042
- Braghini F, Carli CG, Bonsaglia B, Silveira Júnior JFS, Oliveira DF, Tramuja J, Tonial IB (2014) Composição físico-química de erva-mate, antes e após simulação do chimarrão. Pesq Agropec Gaúcha 20:7-15
- Brand-Willians W, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. Food Sci Technol 28:25-30
- Brasil (2020) Resolução - RDC nº 429 de 8 de outubro de 2020. Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal. Disponível em: <<https://antigo.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 10 de abril de 2024.
- Brasil (2005) Resolução - RDC nº 277 de 22 de setembro de 2005. *Regulamento técnico para café, cevada, chá, erva-mate e produtos solúveis*. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal. Disponível em: <<https://bvsms.saude.gov.br>>. Acesso em: 29 de maio de 2023.
- Caetano M, Marcelo A, Martins CA, Pozebon D, Dressler VL, Ferrão MF (2014) Classification of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) according to the country of origin based on element concentrations. Microchem J 117:164-171. doi: 10.1016/j.microc.2014.06.027
- Cardozo AGL, Rosa RL, Novak RS, Folquitto DG, Schebelski DJ, Brusamarella LCC, Ribeiro DTB (2021) Erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. – hil.): uma revisão abrangente sobre

- composição química, benefícios à saúde e recentes avanços. *Res, Soci and Dev* 10:1-13. doi: 10.33448/rsd-v10i11.20036
- Cardozo Junior EL, Donaduzzi CM, Ferrarese-Filho O, Friedrich JC, Gonela A, Sturion JF (2010) Quantitative genetic analysis of methylxanthines and phenolic compounds in mate progenies. *Pesq Agropec Bras* 45:171-177
- Ceni GC, Baldissera EM, Antunes OAC, Oliveira JV, Dariva C, Oliveira D (2008) Oxidases from mate tea leaves (*Ilex paraguariensis*): extraction optimization and stability at low and high temperatures. *Bioprocess Biosyst Eng* 31:541-550. doi: 10.1007/s00449-007-0196-y
- Chaicouski A, Silva JE, Trindade JLF, Canteri MHG (2014) Determinação da quantidade de compostos fenólicos totais presentes em extratos líquido e seco de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). *Rev Bras Prod Agroindustriais* 16:33-41
- Daniel O (2009) Erva-mate: sistema de produção e processamento industrial. 1. ed. UFGD; UEMS, Dourados, MS. 288 p. doi: 10.13140/2.1.3312.9603
- Dortzbach D, Tokarski F, Neppel G, Vieira VF (2018) Indicação Geográfica Erva-mate do Planalto Norte Catarinense: história. 1 ed. Epagri, Florianópolis, 102 p
- Duarte MM, Gabira MM, Tomasi JC, Amano E, Nogueira AC, Wendling I (2022) Bioactive compounds and leaf anatomy of yerba mate morphotypes. *Pesq Agropec Bras* 57:e02441. doi: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02441
- Escalada G, Brumovsky LA, Hartwig VG (2011) Influencia de la zona de cultivo y procesamiento de la yerba mate sobre su contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante. *Rev Ciênc Tecnol* 13:66-74
- Esmelindro MC, Toniazzo G, Waczuk A, Dariva C, Oliveira D (2002) Caracterização físico-química da erva-mate: influência das etapas do processamento industrial. *Ciênc Tecnol Aliment* 22:193- 204
- Fernandes RPP, Trindade MA, Tonin FG, Pugine SM, Lima CG, Lorenzo JM, Melo MP (2017) Evaluation of oxidative stability of lamb burger with *Origanum vulgare* extract. *Food Chem* 233:101-109. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.04.100
- Ferrera TS, Heldwein AB, Santos CO, Somavilla JC, Sautter CK (2016) Substâncias fenólicas, flavonoides e capacidade antioxidante em erva-mate sob diferentes coberturas de solo e sombreamentos. *Rev Bras Pl Med* 18:588-596. doi: 10.1590/1983-084X/15\_197
- Gullón B, Eibes G, Moreira MT, Herrera R, Labidi J, Gullón P (2018) Yerba mate waste: A sustainable resource of antioxidant compounds. *Indust Crops Prod* 113:398-405. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.01.064
- Instituto Adolfo Lutz (IAL) (2008) Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, 1020 p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2022) Produção de Erva-mate (Cultivo). Brasil. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/erva-mate-cultivo>>. Acesso em: 18/08/2024.

- Kumazawa S, Hamasaka T, Nakayama T (2004) Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chem* 84:329-339. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00216-4
- Mateos R, Baeza G, Sarriá B, Bravo L (2018) Improved LC-MS<sup>n</sup> characterization of hydroxycinnamic acid derivatives and flavonols in different commercial mate (*Ilex paraguariensis*) brands. Quantification of polyphenols, methylxanthines, and antioxidant activity. *Food Chem* 241:232-241. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.08.085
- Meinhart AD, Bizzotto CS, Ballus CA, Rybka ACP, Sobrinho MR, Cerro-Quintana RS, Teixeira-Filho J, Godoy HT (2010) Methylxanthines and Phenolics Content Extracted during the Consumption of Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Beverages. *J Agric Food Chem* 58:2188-2193. doi: 10.1021/jf903781w
- Nunes GL, Menezes CR (2015) Microencapsulação por *spray drying* dos compostos bioativos do extrato aquoso de erva mate (*Ilex paraguariensis*) crioucentrado. *Ciênc Natura* 37:18-29. doi: 10.5902/2179-460X19709
- Nitsche PR, Caramori PH, Ricce WS, Pinto LFD (2019) Atlas do Estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 216 p. Disponível em: <<https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>>. Acesso em: 23/08/2024.
- Paraná (2022) Prognóstico agropecuário – Erva-mate 2022/2023. Secretaria de Agricultura e do Abastecimento, Departamento de Economia Rural – Deral, Paraná, Brasil. 43(47). Disponível em: <[https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2022-12/prognostico\\_2022\\_erva\\_mate.pdf](https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2022-12/prognostico_2022_erva_mate.pdf)>. Acesso em: 18/08/2024.
- Peixoto RTG, Silva K, Ferreira T, Parron LM, Campos IB, Giarola NFA, Fogaça AM, Paula AL, Pepe KBF, Demetrio WC, Becker RK, Bruz LSM, Santos A, Sátiro JNO, Brown GG, Lacerda AEB (2022) Indicadores de qualidade do solo em sistemas de produção de erva-mate sombreado, integrado e sob pleno sol: estudo de caso em Bituruna, PR. Documento 383. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Colombo, Paraná. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1150125/indicadores-de-qualidade-do-solo-em-sistemas-de-producao-de-erva-mate-sombreado-integrado-e-sob-pleno-sol-estudo-de-caso-em-bituruna-pr>>. Acesso em: 23/08/2024.
- Penteado Junior JF, Goulart ICGR (2019) Erva 20: Sistema de produção para erva-mate. 1 ed. EMBRAPA, Brasília, Distrito Federal, 154 p
- Patrickos R, Kletcke V, Locatelli C, Zancanaro V, Santos P (2013) Determinação de fenóis totais em infusões aquosas de chá verde (*Camelia sinensis*) e de erva mate (*Ilex paraguariensis*) preparada na forma de chimarrão. *Ries* 2:27-38.
- Reis LCB, Souza CO, Silva JBA, Martins AC, Nunes IL, Druzian JI (2015) Active biocomposites of cassava starch: The effect of yerba mate extract and mango pulp as antioxidant additives on the properties and the stability of a packaged product. *Food and Bioprod Process* 94:382-391. doi: 10.1016/j.fbp.2014.05.004
- Riachi LG, Simas DLR, Coelho GC, Marcellini PS, Silva AJR, Bastos de Maria CA (2018) Effect of light intensity and processing conditions on bioactive compounds in mate extracted

- from yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. ST.-Hil). Food Chem 266:317-322. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.06.028
- Ribeiro MC, Santos A, Riachi LG, Rodrigues ACB, Coelho GC, Marcellini PG, Bento CAM, Maria CAB (2017) The effects of roasted yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. ST. Hil.) consumption on glycemia and total serum creatine phosphokinase in patients with traumatic brain injury. J Funct Foods 28:240-245. doi: 10.1016/j.jff.2016.11.024
- Rufino MSM, Alves RL, Brito ES, Morais SM, Sampaio CG, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto FD (2007) Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado Técnico online, 127. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Fortaleza, Ceará. Disponível em: <[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10224/1/Cot\\_127.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10224/1/Cot_127.pdf)>. Acesso em: 12/04/2024.
- Sánchez-González I, Jiménez-Escrig A, Saura-Calixto F (2005) In vitro antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). Food Chem 90:133-139. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.03.037
- Santos CO, Trindade SC, Silveira MLR, Santos RO, Sautter CK (2014) Characterization and determination of the total polyphenols contents and the antioxidant activity in four types of yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) for preparing *chimarrão*. Rev Inst Adolfo Lutz 73:77-86. doi: 10.18241/0073-98552014731591
- Silva RDA, Bueno ALS, Gallon CW, Gomes LF, Kaiser S, Pavei C, Jahn MP (2011) The effect of aqueous extract of gross and commercial yerba mate (*Ilex paraguariensis*) on intra-abdominal and epididymal fat and glucose levels in male Wistar rats. Fitoterapia 82:818-826.
- Souza AHP, Corrêa RCG, Barros L, Calhelha RC, Santos-Buelga C, Peralta RM, Bracht A, Matsushita M, Ferreira ICFR (2015) Phytochemicals and bioactive properties of *Ilex paraguariensis*: An in-vitro comparative study between the whole plant, leaves and stems. Food Res Int 78:286-294. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.032>
- Statsoft (2005) Statistica. Release 7. Copyright.
- Terhaag MM, Constantino LV, Watanabe LS, Madeira TB, Nixdorf SL, Prudencio SH (2021) Carbohydrates, organic acids and phenolic compounds in leaves and infusion of yerba mate. Rev Mundi Meio Ambiente Agrár 6:1-20
- Tonet A, Zara RF, Tiunan, TS (2019) Biological activity and quantification of bioactive compounds in yerba mate extract and its application in fish hamburger. Braz J Food Technol 22:1-12. doi: 10.1590/1981-6723.05418
- Valduga E, Javornik G, Sordi M, Rezende DF (2005) Avaliação das características de qualidade da erva-mate (chimarrão) acondicionada em diferentes embalagens. Braz J Food Technol 8:99-105
- Yatsu, F. K. J., Borghetti, G. S., & Bassani, V. L. (2011) Technological Characterization and Stability of *Ilex paraguariensis* St. Hil. Aquifoliaceae (*Maté*) Spray-Dried Powder. *Journal of Medicinal Food*, 14(4), 413-419. doi: 10.1089=jmf.2010.0044.

**Tabela 1** Composição química, valor energético e perfil de minerais das erva-mate sombreada, pleno sol e comercial.

Parâmetros	Tipos de erva-mate		
	Sombreada	Pleno sol	Comercial
Umidade (g/100g)	7,32 <sup>a</sup> ± 0,60	7,87 <sup>a</sup> ± 0,64	4,72 <sup>b</sup> ± 1,39
Cinzas (g/100g)	6,82 <sup>a</sup> ± 0,63	6,77 <sup>a</sup> ± 0,26	5,65 <sup>b</sup> ± 0,37
Proteínas (g/100g)	11,72 <sup>a</sup> ± 1,38	12,28 <sup>a</sup> ± 2,09	11,70 <sup>a</sup> ± 0,90
Lipídios (g/100g)	4,15 <sup>a</sup> ± 1,52	3,82 <sup>a</sup> ± 1,13	3,52 <sup>a</sup> ± 1,00
*Carboidratos (g/100g)	69,91 <sup>b</sup> ± 0,75	69,27 <sup>b</sup> ± 2,01	74,54 <sup>a</sup> ± 1,14
Valor Calórico (Kcal)	364,01	376,08	360,55

Parâmetros	Minerais (%)		
	Sombreada	Pleno sol	Comercial
Potássio (K)	46,85 <sup>a</sup> ± 9,95	41,65 <sup>a</sup> ± 4,75	44,59 <sup>a</sup> ± 3,70
Cálcio (Ca)	29,01 <sup>a</sup> ± 5,65	34,93 <sup>a</sup> ± 5,41	31,82 <sup>a</sup> ± 2,33
Manganês (Mn)	9,98 <sup>a</sup> ± 4,46	6,16 <sup>a</sup> ± 2,99	9,39 <sup>a</sup> ± 2,64
Silício (Si)	7,55 <sup>a</sup> ± 3,32	5,36 <sup>a</sup> ± 1,42	7,63 <sup>a</sup> ± 0,67
Fósforo (P)	1,79 <sup>b</sup> ± 0,62	5,64 <sup>a</sup> ± 2,20	2,79 <sup>b</sup> ± 0,88
Enxofre (S)	1,19 <sup>a</sup> ± 0,23	1,25 <sup>a</sup> ± 0,27	1,37 <sup>a</sup> ± 0,18
Ferro (Fe)	1,09 <sup>a</sup> ± 0,15	1,15 <sup>a</sup> ± 0,93	1,03 <sup>a</sup> ± 0,40
Zinco (Zn)	0,19 <sup>a</sup> ± 0,08	0,24 <sup>a</sup> ± 0,20	0,20 <sup>a</sup> ± 0,04

Média ± desvio padrão; <sup>a-b</sup> A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre os tipos de erva-mate (Tukey, p>0,05); \*O carboidrato foi calculado por diferença.

**Tabela 2** Avaliação de pH, acidez, atividade de água e de cor (L\*: luminosidade, a\*: componente vermelho-verde e b\*: componente amarelo-azul) de amostras de erva-mate sombreada, pleno sol e comercial

Tipos de erva-mate	Parâmetros		
	pH	Acidez (g de ácido tartárico/ 100 g)	Atividade de água
Sombreada	6,00 <sup>a</sup> ± 0,13	17,48 <sup>b</sup> ± 1,91	0,63 <sup>a</sup> ± 0,05
Pleno Sol	5,90 <sup>ab</sup> ± 0,07	19,81 <sup>ab</sup> ± 3,51	0,62 <sup>a</sup> ± 0,07
Comercial	5,85 <sup>b</sup> ± 0,12	22,27 <sup>a</sup> ± 3,41	0,45 <sup>b</sup> ± 0,12

Tipos de erva-mate	Parâmetros de cor		
	L*	a*	b*
Sombreada	44,92 <sup>ab</sup> ± 5,99	2,07 <sup>b</sup> ± 0,84	19,56 <sup>b</sup> ± 2,30
Pleno Sol	46,31 <sup>a</sup> ± 7,10	2,13 <sup>b</sup> ± 1,01	19,65 <sup>b</sup> ± 2,13
Comercial	43,27 <sup>b</sup> ± 4,91	4,05 <sup>a</sup> ± 1,63	29,09 <sup>a</sup> ± 4,34

Média ± desvio padrão; <sup>a-c</sup>A mesma letra na coluna indica ausência de diferença entre os tipos de erva-mate para os parâmetros avaliados (Tukey,  $p > 0,05$ ).

**Tabela 3** Atividade antioxidante dos diferentes tipos de extratos: simulando tererê, simulando chimarrão e extratos hidroalcolóico 70% (v/v) das erva-mate sombreada, pleno sol e comercial.

Tipos de erva-mate	Tipos de preparo dos extratos		
	Infusão a frio (simulando Tererê)	Infusão a quente (simulando chimarrão)	Extrato hidroalcolóico 70%
	DPPH EC <sub>50</sub> (g extrato/g DPPH)		
Sombreada	108,49 <sup>bA</sup> ± 13,98	108,44 <sup>aA</sup> ± 14,32	83,53 <sup>aB</sup> ± 10,56
Pleno Sol	122,14 <sup>aA</sup> ± 6,52	106,52 <sup>aB</sup> ± 16,22	85,43 <sup>aC</sup> ± 7,87
Comercial	111,47 <sup>bA</sup> ± 11,68	104,77 <sup>aA</sup> ± 13,91	89,30 <sup>aB</sup> ± 5,79
Tipos de erva-mate	FRAP (mmol Trolox/g extrato)		
Sombreada	0,78 <sup>aC</sup> ± 0,08	0,88 <sup>bB</sup> ± 0,10	1,01 <sup>aA</sup> ± 0,11
Pleno Sol	0,72 <sup>bC</sup> ± 0,07	0,94 <sup>aB</sup> ± 0,12	1,04 <sup>aA</sup> ± 0,14
Comercial	0,82 <sup>aC</sup> ± 0,06	0,89 <sup>bB</sup> ± 0,09	1,01 <sup>aA</sup> ± 0,11
Tipos de erva-mate	Capacidade Redutora/Folin-Ciocalteu (mg EAG/g extrato)		
Sombreada	49,11 <sup>bC</sup> ± 7,10	63,51 <sup>aB</sup> ± 7,99	70,40 <sup>aA</sup> ± 4,45
Pleno Sol	51,79 <sup>bC</sup> ± 7,13	59,10 <sup>bB</sup> ± 9,78	72,91 <sup>aA</sup> ± 4,35
Comercial	56,31 <sup>aB</sup> ± 9,43	66,18 <sup>aA</sup> ± 9,30	66,51 <sup>bA</sup> ± 6,02

Média ± desvio padrão; <sup>a-b</sup> A mesma letra minúscula na coluna indica ausência de diferença entre os tipos de erva-mate (Tukey, p > 0,05); <sup>A-C</sup> A mesma letra maiúscula na linha indica ausência de diferença entre os tipos de extratos de erva-mate (Tukey, p > 0,05).

**Tabela 4** Concentração de compostos bioativos em diferentes tipos de extratos: simulando tererê, simulando chimarrão e extratos hidroalcolico 70% (v/v) das erva-mate sombreada, pleno sol e comercial.

Tipos de erva-mate	Tipos de preparo dos extratos		
	Infusão a frio	Infusão a quente	Extrato
	(simulando Tererê)	(simulando chimarrão)	hidroalcolico 70%
Ácido clorogênico ( $\mu\text{g/mL}$ )			
Sombreada	53,63 <sup>aA</sup> $\pm$ 7,08	58,20 <sup>aA</sup> $\pm$ 8,74	55,35 <sup>aA</sup> $\pm$ 7,92
Pleno Sol	49,07 <sup>aA</sup> $\pm$ 9,29	58,85 <sup>aA</sup> $\pm$ 6,26	56,95 <sup>aA</sup> $\pm$ 5,44
Comercial	57,16 <sup>aA</sup> $\pm$ 9,92	58,29 <sup>aA</sup> $\pm$ 4,06	61,30 <sup>aA</sup> $\pm$ 8,91
Teobromina ( $\mu\text{g/mL}$ )			
Sombreada	19,68 <sup>aA</sup> $\pm$ 8,84	21,18 <sup>aA</sup> $\pm$ 9,85	21,52 <sup>aA</sup> $\pm$ 8,81
Pleno Sol	14,35 <sup>aA</sup> $\pm$ 7,24	17,74 <sup>aA</sup> $\pm$ 9,21	18,06 <sup>aA</sup> $\pm$ 9,26
Comercial	24,17 <sup>aA</sup> $\pm$ 6,89	24,81 <sup>aA</sup> $\pm$ 5,53	26,95 <sup>aA</sup> $\pm$ 6,61
Cafeína ( $\mu\text{g/mL}$ )			
Sombreada	62,05 <sup>bA</sup> $\pm$ 4,77	68,51 <sup>abA</sup> $\pm$ 2,13	73,67 <sup>aA</sup> $\pm$ 3,83
Pleno Sol	50,63 <sup>bAB</sup> $\pm$ 7,60	64,12 <sup>abA</sup> $\pm$ 7,11	68,77 <sup>aAB</sup> $\pm$ 9,76
Comercial	44,05 <sup>bB</sup> $\pm$ 9,37	49,94 <sup>abB</sup> $\pm$ 9,06	58,48 <sup>abB</sup> $\pm$ 8,41
Rutina ( $\mu\text{g/mL}$ )			
Sombreada	12,00 <sup>aB</sup> $\pm$ 6,53	14,35 <sup>aB</sup> $\pm$ 6,16	17,10 <sup>aB</sup> $\pm$ 8,52
Pleno Sol	26,52 <sup>cA</sup> $\pm$ 3,89	37,98 <sup>bA</sup> $\pm$ 2,15	48,91 <sup>aA</sup> $\pm$ 4,34
Comercial	13,62 <sup>bB</sup> $\pm$ 3,25	14,28 <sup>bB</sup> $\pm$ 3,86	26,28 <sup>aB</sup> $\pm$ 6,52

Média  $\pm$  desvio padrão; <sup>a-b</sup> A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre os tipos de extratos de erva-mate (Tukey,  $p > 0,05$ ); <sup>A-B</sup> A mesma letra maiúscula na coluna indica ausência de diferença para cada tipo de composto bioativo entre os tipos de erva-mate para o mesmo tipo de extrato (Tukey,  $p > 0,05$ ).

## 6.2 ARTIGO CIENTÍFICO 2

### **Avaliação de hambúrgueres de tilápia elaborados com adição de extrato de erva-mate sombreada como antioxidante natural**

#### **Evaluation of tilapia burgers prepared with the addition of shaded yerba mate extract as a natural antioxidant**

Daniele Cristina Savoldi<sup>1\*</sup>, Carina Moro Benis<sup>1</sup>, Indira da Silva Papalia<sup>1</sup>, Pedro Henrique Freitas Cardines<sup>2</sup>, Adriana Lourenço Soares<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Discentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR, Brasil. E-mail: danycs\_pr@hotmail.com; carinamorobenis@gmail.com; indira.papalia@uel.br.

<sup>2</sup>Prof<sup>o</sup> Dr., Departamento de Bioquímica e Biotecnologia, Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR, Brasil. E-mail: pedrocardines@uel.br

<sup>3</sup>Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia em Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR, Brasil. E-mail: adri.soares@uel.br

\*Autor para correspondência

#### **Highlights:**

Extrato de erva-mate sombreada seco em *spray dryer* apresenta alta atividade antioxidante.

Hambúrgueres de tilápia com adição de erva-mate apresentaram boa qualidade e estabilidade.

O uso de 1,25% de extrato de erva-mate foi tão eficiente quanto a adição de eritorbato de sódio.

#### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de extrato de erva-mate sombreada como antioxidante natural em hambúrgueres de tilápia. Foram preparados extratos de erva-mate sombreada em infusão com água quente, os extratos foram secos em *spray dryer* e incluídos em formulações de hambúrgueres de tilápia: F1 (sem antioxidante), F2 (0,25% de eritorbato de sódio), F3 (1,25% de extrato de erva-mate) e F4 (2,5% de extrato de erva mate). O extrato seco de erva-mate foi avaliado quanto a atividade antioxidante pelos métodos de Folin-Ciocalteu, DPPH, FRAP e ABTS. Os hambúrgueres foram avaliados quanto ao pH, atividade de água, oxidação lipídica, cor, perfil de textura, rendimento, encolhimento, capacidade de retenção de água (CRA) e perda de peso por cocção. O extrato de erva-mate apresentou alta atividade antioxidante, sendo 209,25 mg EAG g<sup>-1</sup> de extrato de capacidade redutora, 2,61 mmol Trolox g<sup>-1</sup> de extrato para atividade antioxidante por FRAP, 1,29 mmol Trolox g<sup>-1</sup> de extrato para ABTS e EC<sub>50</sub> para DPPH de 30,33 g extrato g<sup>-1</sup> DPPH. A adição do extrato de erva-mate não alterou os parâmetros de proteínas e cinzas, atividade de água, encolhimento, rendimento, perda de peso por cocção e os parâmetros de dureza e coesividade. Houve variação nos parâmetros de cor, pH, umidade, lipídios entre as formulações. Em relação a oxidação lipídica, destaca-se que aos 90 dias de armazenamento a formulação F3 (1,25% de extrato de erva-mate) não diferiu da F2 (0,25% de eritorbato de sódio) e da F4, demonstrando que a concentração de 1,25% de extrato de erva-mate parece ser eficiente no controle da oxidação lipídica em hambúrgueres de tilápia. Houve aumento nos valores de TBARS para a formulação F1 e F2, aos 90 dias de armazenamento, além disso, a formulação controle (F1) foi a que apresentou maior (p<0,05) oxidação lipídica, no mesmo período. O extrato de erva-mate seco por *spray dryer* apresentou elevada atividade antioxidante, demonstrando potencial para ser utilizado como antioxidante natural na

indústria de alimentos. A adição de 1,25% de extrato de erva-mate mostrou-se tão eficiente quanto a adição de eritorbato de sódio, sem comprometer parâmetros de qualidade dos hambúrgueres de tilápia

**Palavras-chave:** Atividade antioxidante. Oxidação lipídica. *Spray dryer*.

## Introdução

O consumidor tem buscado cada vez mais por alimentos mais saudáveis e *clean label*, ou seja, com menos aditivos sintéticos (Gouw, Jung, & Zhao, 2017) e que ao mesmo tempo sejam de fácil preparo, seguros e forneçam nutrientes essenciais. O hambúrguer é um produto cárneo popular e que vem se destacando pelo crescente consumo (Dal Bosco et al., 2019) e é um produto potencial para estimular o consumo de pescado (Miranda et al., 2022). O aumento do consumo de pescados pode trazer benefícios à saúde como redução de doenças cardiovasculares, riscos de câncer, obesidade e diabetes devido a presença de ácidos graxos  $\omega$ -3 como  $\alpha$ -linolênico (C18:3), eicosapentaenóico (C20:5) e docosahexaenóico (C22:6, DHA) (Oliveira et al., 2021).

O Brasil é o quarto maior produtor de tilápia do mundo, espécie que representa 65% da produção do país (Associação Brasileira da Piscicultura [PEIXE BR], 2024). A tilápia apresenta proteínas de alto valor biológico e ácidos graxos essenciais que são poliinsaturados (Aguiar et al., 2022; Miranda et al., 2022), sendo assim, são mais susceptíveis a oxidação lipídica, afetando cor, sabor, textura e valor nutricional, o que influencia no tempo de vida útil desses produtos cárneos (Silva et al., 2018; Ribeiro et al., 2019)

Os antioxidantes são utilizados pela indústria para prevenir e minimizar a oxidação lipídica dos alimentos. No entanto, o uso dos antioxidantes sintéticos tem sido discutido por ocasionarem malefícios à saúde humana devido a possíveis efeitos tóxicos (Abeyrathne et al., 2018; Zehiroglu & Sarikaya, 2019). A substituição de antioxidantes sintéticos por antioxidantes naturais extraídos de frutas e plantas tem sido uma alternativa (Ribeiro et al., 2019; Cilli et al., 2019; Dal Bosco et al., 2019; Aguiar et al., 2022; Araújo et al., 2022).

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) é uma planta originária da América do Sul, ocorrendo naturalmente na Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai (Penteado Junior & Goulart, 2019). As folhas de erva-mate apresentam diferentes compostos bioativos como fenólicos e flavonoides, que permitem ampliar o seu uso além do tradicional preparo do tererê, chá-mate e chimarrão (Dortzbach et al., 2018). A erva-mate quando cultivada em seu habitat natural, em crescimento a associações arbóreas, principalmente com pinheiros, é denominada de erva-mate sombreada (Penteado Junior & Goulart, 2019).

Existem poucos estudos especificamente sobre erva-mate sombreada, tornado importante investigar a sua atividade antioxidante e aplicação em alimentos, sobretudo, em produtos cárneos. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de extrato de erva-mate sombreada como antioxidante natural em hambúrgueres de tilápia.

## Material e métodos

### Material

A erva-mate utilizada foi obtida pelo cultivo sombreado e produção orgânica, ou seja, que não utiliza qualquer produto químico, sendo totalmente natural (Valduga et al., 2003). As folhas de erva-mate foram

coletadas no mês de julho de 2023 de ervais cultivados na sombra em uma pequena propriedade da região de Bituruna – PR e processadas em uma cooperativa da região. A partir da erva-mate pronta, como comercializada, foram preparados os extratos e então realizada a aplicação na elaboração dos hambúrgueres de tilápia.

#### *Preparo do extrato de erva-mate sombreada*

Foram preparados extratos contendo 15% (m v<sup>-1</sup>) da erva-mate sombreada em infusão com água quente a 60°C a qual permaneceu em agitação por 10 min (Meinhart et al., 2010), totalizando 3200 L de extrato. Os extratos foram filtrados a vácuo e submetidos a secagem por *spray dryer* com temperatura de entrada de 120 ± 5 °C e de saída 50 ± 5 °C (LabMq, MSD 1.0, Brasil) utilizando como adjuvante de secagem a maltodextrina 10% (m v<sup>-1</sup>) baseado no teor de sólidos solúveis da erva-mate presente no extrato filtrado. Após secagem em *spray dryer*, o extrato seco foi armazenado a -18°C para posterior análises. Para realização da análise de atividade antioxidante e capacidade de redução, os extratos foram ressuspensos em água na concentração inicial de 2 g L<sup>-1</sup>, em triplicata, e diluídos de acordo com o solvente utilizado em cada metodologia.

#### *Determinação da Atividade antioxidante*

A atividade antioxidante do extrato da erva-mate sombreada foi avaliada pelos métodos de DPPH, ABTS, redução do ferro (FRAP) e capacidade redutora por Folin. Para determinação do sequestro do radical DPPH foi empregado o método descrito por Brand-Williams et al. (1995) e modificado por Rufino et al. (2007a) e os resultados foram expressos em EC<sub>50</sub>, como g de extrato por g<sup>-1</sup> de DPPH. A redução do ferro foi avaliada conforme metodologia descrita por Benzie e Strain (1996) e Sánchez-González et al. (2005) e os resultados foram expressos em mmol de Trolox equivalente g<sup>-1</sup> de extrato. O método de ABTS para avaliação da atividade foi realizado conforme descrito por Rufino et al. (2007b) e os resultados foram expressos em mmol de Trolox equivalente por g<sup>-1</sup> de extrato. A capacidade redutora foi determinada pelo método de Folin-Ciocalteu e realizada de acordo com a metodologia descrita por Kumazawa et al. (2004) com modificações, utilizando ácido gálico como padrão e os resultados foram expressos em mg de EAG por g<sup>-1</sup> de extrato.

#### *Umidade, sólidos totais, atividade de água, cor, pH e solubilidade em água do extrato seco de erva-mate*

O extrato seco de erva-mate foi avaliado quanto a umidade, sólidos totais, atividade de água, cor, pH e solubilidade. A umidade e os sólidos totais foram determinados por secagem em estufa a 105°C (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 1995). A atividade de água medida por ponto de orvalho utilizando o equipamento Aqualab 4TEV (Aqualab, 4TEV, USA). A cor determinada utilizando colorímetro (Minolta CR-400, Konica Minolta, Japão) com iluminante D65 e ângulo de observação de 10° e os resultados foram expressos no sistema CIELAB (L\*, a\*, b\*). O pH foi determinado com auxílio de um potenciômetro MS Tecnoport (mPA - 210) e o teste de solubilidade foi realizado através da adição de 1 g de extrato em 25 mL de água destilada, sob agitação (900 rpm) e o tempo determinado em segundos (s) através da completa dissolução do extrato em água (Nunes et al., 2015).

### *Elaboração dos hambúrgueres de tilápia*

Foram elaboradas 4 formulações de hambúrgueres de tilápia, sendo F1- Formulação controle, sem adição de antioxidante; F2 – formulação com adição de antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3- com adição de 1,25% de extrato de erva-mate e F4 com adição de 2,5% de extrato de erva-mate, com 1,5 kg de massa, com rendimento de 60 hambúrgueres de tilápia de aproximadamente 20 g cada um, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Formulações de hambúrgueres de tilápia, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate

Ingredientes (%)	F1	F2	F3	F4
Filé de tilápia	86,25	86,00	85,00	83,75
Água gelada	6,00	6,00	6,00	6,00
Proteína isolada de soja	4,00	4,00	4,00	4,00
Sal	1,80	1,80	1,80	1,80
Alho desidratado	0,20	0,20	0,20	0,20
Cebola desidratada	0,15	0,15	0,15	0,15
Farinha de trigo	1,00	1,00	1,00	1,00
Pimenta do reino	0,10	0,10	0,10	0,10
Tripolifosfato de sódio	0,50	0,50	0,50	0,50
Eritorbato de sódio	0,00	0,25	0,00	0,00
Extrato de erva-mate	0,00	0,00	1,25	2,5
Total	100	100	100	100

Os filés de tilápia utilizados na elaboração dos hambúrgueres foram adquiridos no comércio local de Londrina-PR. Para elaboração dos hambúrgueres, os ingredientes foram pesados de acordo com cada formulação. Primeiramente, os filés de tilápia foram triturados em processador de alimentos (SIRE, *Cutter*, Brasil), posteriormente foram adicionados os demais ingredientes e aditivos à massa cárnea, misturados até a completa homogeneização. Os hambúrgueres de tilápia foram então moldados com a utilização de forma própria para hambúrgueres, embalados em sacos plásticos e armazenados a -18 °C até as análises.

### *Determinação da composição química aproximada, pH e atividade de água*

A composição química aproximada (umidade, cinzas, proteínas e lipídios) foi determinada de acordo com as metodologias preconizadas pela AOAC (AOAC, 1995). O percentual de carboidratos foi determinado por diferença. O valor calórico total foi calculado considerando a soma total utilizando a conversão de 9kcal g<sup>-1</sup> para lipídios e 4kcal g<sup>-1</sup> para carboidratos e proteínas (Agência Nacional de Vigilância Sanitária [ANVISA], 2020) e reportado em quilocalorias (kcal).

A determinação de pH dos hambúrgueres foi realizada utilizando um potenciômetro de inserção (Testo 205, Testo, Germany) na região lateral dos hambúrgueres. A análise de atividade de água foi determinada por ponto de orvalho em um equipamento Aqualab 4 TEV (4 TEV, AquaLab, USA). As análises foram realizadas em triplicata nos tempos de 1, 45 e 90 dias de armazenamento a -18 °C.

### *Análises de rendimento, encolhimento, perda de peso e capacidade de retenção de água*

As análises de rendimento, encolhimento e perda de peso foram realizadas em sextuplicatas no tempo de 40 dias e a análise de capacidade de retenção de água (CRA) em triplicata no tempo de 50 dias de armazenamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Para as análises de rendimento, encolhimento e perda de peso, as amostras de cada formulação foram cozidas em chapa elétrica com temperatura controlada ( $150^{\circ}\text{C}$ ), por 2 minutos de cada lado, para cozimento uniforme e o produto atingir internamente aproximadamente  $72^{\circ}\text{C}$  (Fontan et al., 2011). O rendimento foi calculado por meio da razão entre a massa da amostra cozida e a amostra crua, multiplicada por 100% (Berry, 1992). A porcentagem de encolhimento dos hambúrgueres, foi determinada com paquímetro digital, com base na diferença de diâmetro dos hambúrgueres antes e após a cocção, multiplicado por 100% conforme descrito por Berry (1992). E a perda de peso por cocção, foi determinada, com base na diferença entre o peso inicial (amostras cruas) e o peso final (amostras cozidas), multiplicado por 100% (Fontan et al., 2011).

A medida de capacidade de retenção de água (CRA) foi realizada de acordo com o método descrito por Troy et al. (1999) com modificações. Foram pesadas 10 g de cada amostra (peso inicial), transferidas para tubos falcon de 50 mL e aquecidas em banho-maria a  $90^{\circ}\text{C}$ , por 10 min. Posteriormente, as amostras foram resfriadas a temperatura ambiente, envolvidas em gaze e transferidas para tubos falcon de 50 mL com algodão em sua base, centrifugados a 8200 rpm a  $4^{\circ}\text{C}$ , por 10 min e pesadas novamente (peso final). A CRA foi determinada por meio da diferença entre o peso inicial e peso final das amostras, o resultado obtido foi dividido pelo teor de umidade da amostra e multiplicado por 100%.

### *Análise de cor e textura*

Para análise de cor foi utilizado o colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta, Japão) com iluminante D65 e ângulo de observação de  $10^{\circ}$ . As leituras foram realizadas em três pontos diferentes de cada lado do hambúrguer. Os resultados foram expressos pelo sistema CIELab, sendo luminosidade ( $L^*$ ), componente vermelho/verde ( $a^*$ ) e componente amarelo/azul ( $b^*$ ). A análise de cor foi realizada nos tempos de 1, 45 e 90 dias de armazenamento dos hambúrgueres a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

A análise de perfil de textura (TPA) foi realizada após 40 dias de armazenamento dos hambúrgueres, utilizando o analisador de textura TA.XTplus (Texture Analyser TA.XTplus, Stable Micro Systems, UK) (Bourne, 1978), os parâmetros utilizados foram: velocidade pré-teste  $5,0\text{ cm min}^{-1}$ , teste  $20,0\text{ cm min}^{-1}$  e pós-teste  $10,0\text{ cm min}^{-1}$ , força de 0,98 N e distância de compressão de 0,70 cm. As amostras depois de cozidas em chapa elétrica ( $150^{\circ}\text{C}$ ) foram cortadas em cubos de  $1\text{ cm}^3$ , utilizou-se probe P35 e foram feitas 2 compressões. Cada amostra foi submetida a seis repetições, em que cinco parâmetros foram verificados: dureza (N), elasticidade (mm), coesividade, mastigabilidade (N) e resiliência.

### *Avaliação da oxidação lipídica dos hambúrgueres de tilápia durante armazenamento*

A oxidação lipídica foi avaliada nos tempos de 1, 6, 15, 30, 45, 60 e 90 dias de armazenamento a  $-18^{\circ}\text{C}$  e realizada em triplicata, utilizando a metodologia das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico

(TBARS) descrita por Tarladgis et. (1964), com modificações. Foram pesados 10,0 g de amostra e acrescentados 15,0 mL de ácido tricloroacético 7,5% (m v<sup>-1</sup>), a mistura foi homogeneizada em turrax (Turrattec TE-102, Tecnal, Brazil) a 7000 rpm por 1 minuto, centrifugada (Eppendorf, 5810 R, Germany) a 6000 rpm a 24°C por 20 minutos e filtrada em papel filtro Whatman N°1. Em uma alíquota de 5,0 mL do extrato foram adicionados 5,0 mL de ácido 2-tiobarbitúrico 0,02 mol L<sup>-1</sup>, aquecidos em banho-maria fervente por 35 minutos, posteriormente resfriados e lidos em espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom, England) a 532 nm. Foi preparada uma curva padrão com 1,1,3,3-tetraetoxipropano em ácido sulfúrico 1% na faixa de concentração de 200 a 4800 mmol L<sup>-1</sup>. Os resultados foram expressos em mg de TBARS (Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) por quilograma de amostra.

### Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparação entre as formulações, utilizando o Programa Statistica versão 7.0 (Statsoft, 2005).

## Resultados e Discussão

### Determinação da Atividade antioxidante

O extrato de erva-mate seco em *spray dryer* apresentou um rendimento de 11,63% maior que o encontrado por Savoldi et al. (2021) para extrato liofilizado de manjeriço (8,71%) e semelhante ao obtido por Araújo et al. (2022) para extrato liofilizado de orégano (16,71%), ambos utilizando solução extratora hidroalcoólica 70%. Neste trabalho foi utilizada água a 60°C com agitação, o que contribuiu para o rendimento, além disso, devido a sua polaridade, a água extrai com eficiência os compostos fenólicos com atividade antioxidante (Andreo & Jorge, 2006) e para aplicação em alimentos não há riscos de resquícios de álcool.

**Tabela 2.** Rendimento da secagem do extrato de erva-mate por *spray dryer*, e atividade antioxidante do extrato seco de erva-mate sombreada e do antioxidante sintético (eritorbato de sódio)

Parâmetros	Extratos	
	Erva-mate sombreada	Eritorbato de sódio
Rendimento (%)	11,63	-----
DPPH EC <sub>50</sub> (g extrato g <sup>-1</sup> DPPH)	30,33 <sup>a</sup> ± 2,16	22,53 <sup>b</sup> ± 0,59
FRAP (mmol Trolox g <sup>-1</sup> extrato)	2,61 <sup>b</sup> ± 0,08	9,30 <sup>a</sup> ± 0,16
ABTS (mmol Trolox g <sup>-1</sup> extrato)	1,29 <sup>b</sup> ± 0,03	3,65 <sup>a</sup> ± 0,05
Capacidade Redutora/Folin-Ciocalteu (mg EAG g <sup>-1</sup> extrato)	209,25 ± 3,42	N. A.

Média ± desvio padrão; <sup>a-b</sup> Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem pelo teste de média *Tukey* a 5% de probabilidade; N. A.: Não avaliada.

O eritorbato de sódio (antioxidante sintético), apresentou maior atividade antioxidante (p<0,05) para todos os métodos avaliados (DPPH, FRAP e ABTS). O mesmo foi observado por Fernandes et al. (2017), o antioxidante sintético produziu valores mais altos do que o extrato natural de orégano para os métodos

colorimétricos de DPPH, FRAP e Folin-Ciocalteu. O que era esperado, pois, o eritorbato de sódio é um composto puro enquanto o extrato de erva-mate, assim como o de orégano apresentam outros compostos além dos antioxidantes (Fernandes et al., 2017).

No entanto, quando a atividade antioxidante é comparada com outros antioxidantes naturais observam-se valores similares ou maiores. Savoldi et al. (2021) encontraram valores de 29,75 g de extrato g<sup>-1</sup> de DPPH para o extrato liofilizado de orégano. Mateos et al. (2018) obtiveram valores menores de ABTS (0,41 a 0,44 mmol de Trolox g<sup>-1</sup> de peso seco) e FRAP (0,71 a 0,82 mmol de Trolox g<sup>-1</sup> de peso seco) para extrato de diferentes marcas comerciais de erva-mate.

A capacidade redutora encontrada no presente estudo para extrato de erva-mate sombreada, foi maior do que a relatada por Reis et al. (2015) para extrato aquoso de erva-mate em pó (140 mg EAG g<sup>-1</sup>), por Saraiva et al. (2019) para extrato metanólico de erva-mate para chimarrão (99,26 mg de EAG g<sup>-1</sup>), por Tonet et al. (2019) para extratos de erva-mate secos em *spray-dryer* (104,54 mg EAG g<sup>-1</sup>) e por Duarte et al. (2022) para extratos aquosos de morfotipos de erva-mate (71,6 a 75,4 mg de EAG g<sup>-1</sup>).

Os resultados da atividade antioxidante da erva-mate (Tabela 2) demonstram a viabilidade para o emprego do extrato de erva-mate como antioxidante natural. De fato, Mateos et al. (2018) concluíram em seu estudo que a *Ilex paraguariensis* é uma importante fonte de polifenóis com teor moderado de metilxantinas e, portanto, com alto poder antioxidante associado principalmente ao teor de polifenóis. Extratos de plantas obtidos a partir de diferentes materiais vegetais apresentam grande quantidade de compostos fenólicos e fornecem uma boa alternativa aos antioxidantes sintéticos (Shah et al., 2014).

#### *Umidade, sólidos totais, atividade de água, cor, pH e solubilidade em água do extrato de erva-mate*

O extrato de erva-mate apresentou teor de sólidos totais de 93,45%, teor de umidade 6,55% e atividade de água de 0,48 (Tabela 3), diferente dos resultados encontrados por Nunes et al. (2015) para extrato de erva-mate seco por *spray drying* com adição de 20% de maltodextrina, sendo umidade de 3,65% e atividade de água de 0,252. Yatsu et al. (2011) encontraram valores de umidade (6,68%) próximos ao presente estudo para extrato de erva-mate seco em *spray drying* com adição de dióxido de silício coloidal. A umidade do produto final de secagem está relacionada com a temperatura de saída, que por sua vez é dependente da temperatura de entrada (Oliveira & Petrovick, 2010). A temperatura de entrada utilizada foi de 120 ± 5°C e de saída 50 ± 5°C, no entanto, Nunes et al. (2015) utilizaram temperatura de entrada de 150 ± 5°C e Yatsu et al. (2011) temperatura de entrada e de saída de 117 e 99°C, respectivamente, sendo estas temperaturas maiores que o presente estudo, o que pode ter influenciado no teor de umidade e atividade de água apresentado pelos extratos.

A atividade água para os extratos obtidos, está dentro da normalidade para produtos atomizados (Tonon et al., 2009). O tempo necessário para dissolução do pó em água (272s) com adição de 10% de maltodextrina foi menor que os resultados encontrados por Nunes et al. (2015) para extratos de erva-mate secos por *spray drying* com adição de 20% (336,33s), 30% (421,66 s) e 40% (588,66s) de maltodextrina, podendo aferir que o aumento da concentração de maltodextrina causa uma diminuição na solubilidade dos

pós secos por pulverização, sendo a boa solubilidade um requisito importante para aplicação de produtos em pó em alimentos.

**Tabela 3.** Avaliação de umidade, sólidos totais, atividade de água, pH, solubilidade em água e cor (L\*: luminosidade, a\*: componente vermelho-verde, b\*: componente amarelo-azul) do extrato de erva-mate sombreada seco por *spray dryer*

Parâmetros físico-químicos	Média ± desvio padrão
Umidade (%)	6,55 ± 0,25
Sólidos totais (%)	93,45 ± 0,25
Atividade de água	0,48 ± 0,02
Cor	L*: 75,33 ± 0,68
	a*: -1,10 ± 0,06
	b*: 19,36 ± 0,31
pH	5,84 ± 001
Solubilidade em água (s)	272 ± 8,49

O extrato seco de erva-mate apresentou-se claro com valor de L\* de 75,33, levemente esverdeado (a\*=-1,10) e amarelado (b\*= 19,36) similares ao resultado encontrado por Nunes et al. (2015) para extrato de erva-mate seco por *spray drying* com adição de 20% de maltodextrina, sendo L\* (73,30), a\* (0,66) e b\*(21,31). O pH do extrato foi de 5,84, resultado semelhante de pH (5,86) foi encontrado por Budin et al. (2023) para extrato hidroalcolólico de erva-mate, sendo um valor interessante para aplicação em produtos cárneos por estar próximo ao pH das carnes.

#### *Composição química dos hambúrgueres de tilápia*

As formulações de hambúrgueres não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ) para proteínas e cinzas (Tabela 4). No entanto, com relação ao teor de lipídios houveram diferenças, onde a formulação F4 apresentou maior teor de lipídios, seguido pelas formulações F2 e F3, e posteriormente pela F1. A umidade foi inversamente proporcional ao teor de lipídios. Estas diferenças podem estar relacionadas a matéria-prima utilizada.

A legislação brasileira não define limites para hambúrgueres de peixe (Tonet et al., 2019). Mas apesar disso, para todas as formulações os valores de proteínas e lipídios estão de acordo com a legislação brasileira para hambúrgueres produzido a partir de outras espécies animais, sendo concentração máxima de lipídios de 25%, teor mínimo de proteínas de 15% e concentração de carboidratos um pouco acima do limite máximo estabelecido de 3% (Ministério da Pecuária Agricultura e Abastecimento [MAPA], 2022), principalmente para a F4 que pode ser devido a utilização de maltodextrina na secagem dos extratos e parte dos carboidratos pode ser decorrente das fibras.

**Tabela 4.** Composição química e valor energético das formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate

Parâmetros	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
Lipídios (%)	0,21 <sup>c</sup> ± 0,01	0,34 <sup>b</sup> ± 0,05	0,34 <sup>b</sup> ± 0,03	0,50 <sup>a</sup> ± 0,02
Proteínas (%)	19,51 <sup>a</sup> ± 0,90	19,21 <sup>a</sup> ± 0,29	19,67 <sup>a</sup> ± 1,20	19,37 <sup>a</sup> ± 0,76
Umidade (%)	73,30 <sup>a</sup> ± 0,31	72,75 <sup>ab</sup> ± 0,14	71,68 <sup>b</sup> ± 0,40	70,19 <sup>c</sup> ± 0,91
Cinzas (%)	3,33 <sup>a</sup> ± 0,04	3,33 <sup>a</sup> ± 0,01	3,42 <sup>a</sup> ± 0,08	3,45 <sup>a</sup> ± 0,07
Carboidratos* (%)	4,09	4,37	4,93	6,49
Valor Calórico (kcal 100g <sup>-1</sup> )	94,53	97,37	101,29	107,90

Média ± desvio padrão; \*O carboidrato foi calculado por diferença; <sup>a-c</sup> A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres de tilápia (Tukey,  $p > 0,05$ ).

Valores semelhantes ao presente estudo foram encontrados por Maciel et al. (2021) para umidade (69,91 a 77,05%) e proteína (16,59 a 21,52%), maiores de lipídios (4,13 a 4,97%) e menores de cinzas (0,45 a 0,82%) para hambúrgueres de filé de tilápia do Nilo com adição de diferentes fontes proteicas e farinha de taro. Valores maiores ao presente estudo foram encontrados por Pretto et al. (2023) para proteínas (42,61 a 47,98%), cinzas (5,70 a 6,54%) e gordura (5,91 a 8,84%) em hambúrgueres de filé de panga com adição de erva-mate micronizada. Tonet et al. (2019) encontraram valores semelhantes para umidade (70,75 a 71,62%), menores de proteínas (14,59 a 18,10%) e cinzas (1,16 a 1,32%) e maiores para carboidratos (6,85 a 10,39%), para lipídios (2,18 a 2,99%) e para valor calórico (121,09 a 129,35 kcal 100g<sup>-1</sup>) para hambúrgueres de filé de tilápia adicionados de extrato de erva-mate.

#### *Rendimento, capacidade de retenção de água e perfil de textura dos hambúrgueres de tilápia*

As formulações não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), em relação ao rendimento, encolhimento e perda de peso após a cocção (Tabela 5), todas apresentaram rendimento superior a 80% assim como observado por Araújo et al. (2022) para hambúrguer de frango com adição de extrato de orégano, os mesmos também não verificaram diferenças significativas para rendimento e encolhimento entre as formulações. Indicando que a adição de extrato de erva-mate não influenciou esses parâmetros.

Valores semelhantes para perda de peso (14,6 a 16,4%), capacidade de retenção de água (87,7 a 91,5%) e de encolhimento (2,4 a 6,2%) foram encontrados por Silva et al. (2016) para hambúrgueres de saramunete utilizando diferentes tipos de farinhas vegetais. No entanto, Costa et al. (2019) encontraram valores menores para rendimento (64,6 a 82,7%) e maiores para encolhimento (8 a 11%), em hambúrgueres de peixe elaborados com carne mecanicamente separada de tilápia. Valores semelhantes para rendimento (79,2 a 87,7%) e menores para encolhimento (8,1 a 9,9%) também foram encontrados por Silva et al. (2023) em hambúrgueres de peixe com adição de farinha de casca de maracujá e teor de sódio reduzido.

**Tabela 5.** Rendimento, taxa de encolhimento, perda de peso após cocção e capacidade de retenção de água (CRA) das formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate

Parâmetros	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
Rendimento (%)	86,82 <sup>a</sup> ± 2,51	87,66 <sup>a</sup> ± 4,39	87,58 <sup>a</sup> ± 2,05	89,40 <sup>a</sup> ± 1,23
Encolhimento (%)	6,40 <sup>a</sup> ± 1,08	4,04 <sup>a</sup> ± 1,44	4,09 <sup>a</sup> ± 1,62	4,28 <sup>a</sup> ± 1,62
Perda de peso (%)	13,18 <sup>a</sup> ± 2,51	12,34 <sup>a</sup> ± 4,39	12,42 <sup>a</sup> ± 2,05	10,60 <sup>a</sup> ± 1,23
CRA (%)	97,37 <sup>ab</sup> ± 0,11	97,34 <sup>ab</sup> ± 0,12	97,84 <sup>a</sup> ± 0,23	96,93 <sup>b</sup> ± 0,21

Média ± desvio padrão; <sup>a-c</sup>A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres de tilápia (Tukey,  $p > 0,05$ ).

Em relação a capacidade de retenção de água (CRA), as formulações F1, F2 e F3 apresentaram maior capacidade ( $p > 0,05$ ). As formulações F3 (1,25% de extrato erva-mate) e F4 (2,5% de extrato de erva-mate) diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), indicando que a adição de extrato de erva-mate influenciou no parâmetro de capacidade de retenção de água, quanto maior a adição de extrato, menor foi a CRA. Isso explica também o menor teor de umidade (70,19%) apresentado pela formulação 4 (Tabela 4). A alta capacidade de retenção de água (96,93% a 97,84%), apresentada pelas formulações possivelmente está relacionado a adição de farinha de trigo e fosfato nas formulações, que tem como objetivo ligar mais água e proporcionar maior liga na massa, rendimento e estabilidade no produto final (Fontan et al., 2011).

Em relação ao perfil de textura dos hambúrgueres, a adição de extrato de erva-mate nas concentrações estudadas não interferiu ( $p > 0,05$ ) nos parâmetros de dureza e coesividade das formulações de hambúrgueres de tilápia (Tabela 6). Gonçalves e Magalhães (2018) também não observaram diferença entre as formulações de hambúrgueres bovinos com substituição de gordura por farinha de casca de maracujá para o parâmetro de dureza, logo a força requerida para a compressão do hambúrguer entre os dentes molares foi igual para todas as amostras. A formulação F2 mostrou-se mais elástica em relação as outras formulações, apesar de não ter diferido da formulação F1, que não diferiu da F3 e da F4. A elasticidade está relacionada a resistência para voltar a forma original após a compressão (Gonçalves & Magalhães, 2018). A formulação F2, também apresentou maiores valores para mastigabilidade ( $p < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos. Assim, como no presente estudo, Coelho et al. (2007) também não verificaram diferença entre os parâmetros de coesividade, no entanto as formulações de hambúrgueres de peixe diferiram para os parâmetros de dureza e mastigabilidade ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 6.** Perfil de textura (TPA) das formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate

Parâmetros – TPA	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
Dureza (N)	28,98 <sup>a</sup> ± 9,14	27,95 <sup>a</sup> ± 9,76	25,60 <sup>a</sup> ± 9,40	27,58 <sup>a</sup> ± 9,60
Elasticidade (mm)	1,78 <sup>ab</sup> ± 0,80	2,14 <sup>a</sup> ± 0,87	1,60 <sup>b</sup> ± 0,75	1,41 <sup>b</sup> ± 0,65
Coabilidade	0,43 <sup>a</sup> ± 0,05	0,44 <sup>a</sup> ± 0,06	0,43 <sup>a</sup> ± 0,05	0,42 <sup>a</sup> ± 0,05
Mastigabilidade (N)	22,13 <sup>b</sup> ± 9,64	27,63 <sup>a</sup> ± 9,74	21,06 <sup>b</sup> ± 8,80	18,85 <sup>b</sup> ± 7,21
Resiliência	16,45 <sup>ab</sup> ± 2,37	16,96 <sup>a</sup> ± 2,50	16,07 <sup>ab</sup> ± 2,50	15,52 <sup>b</sup> ± 3,73

Média ± desvio padrão; <sup>a-b</sup> A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres de tilápia (Tukey,  $p > 0,05$ ).

Para o parâmetro de resiliência as formulações F1, F2 e F3 não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ) apresentando os maiores valores, no entanto, as formulações F1 e F3, não diferiram da F4 para o mesmo parâmetro. O hambúrguer com maior concentração de extrato (F4), apresentou-se mais quebradiço o que reflete a menor CRA (Tabela 5). Portanto, os resultados do perfil de textura indicam que hambúrgueres com maiores concentrações de extrato de erva-mate apresentaram-se menos elásticos, menos resistentes e necessitavam de menor mastigação para serem deglutidos, apesar de não diferirem do controle e da formulação com menor concentração de extrato.

#### *pH e atividade de água dos hambúrgueres de tilápia durante armazenamento*

Os valores de pH e atividade de água foram acompanhados durante o armazenamento a  $-18^{\circ}\text{C}$  por 90 dias e estão apresentados na Tabela 7. Em relação ao pH, a formulação F1 (controle) não diferiu ( $p > 0,05$ ) das formulações F2 e F3 no tempo de 1 dia de armazenamento. No entanto, a Formulação F4 apresentou menores valores de pH ( $p < 0,05$ ) que as demais formulações durante todo o período de armazenamento. Quanto à variação de pH ao longo do período de armazenamento para mesma formulação, observou-se que houve um aumento nos valores de pH ( $p < 0,05$ ) aos 90 dias de armazenamento para as formulações F1, F3 e F4. Enquanto para a formulação F2 (antioxidante sintético) houve um aumento gradual durante todo o período de armazenamento ( $p < 0,05$ ), o que pode ser devido ao uma maior deterioração desse produto, que juntamente com a formulação F1, foram as que apresentaram maior teor de umidade (Tabela 4).

O pH variou de 6,50 a 6,90 ao longo do período de armazenamento (90 dias a  $-18^{\circ}\text{C}$ ) e manteve-se em concordância com o preconizado pela legislação para pescado, que estabelece valor de pH abaixo de 7,0 (Ministério da Pecuária Agricultura e Abastecimento [MAPA], 2017), o mesmo foi observado por Pretto et al. (2023) para hambúrgueres de pescado com adição de erva-mate micronizada. Valores semelhantes de pH, foram encontrados por Mattje et al. (2019) (pH 6,5 a 6,6) para hambúrgueres de tilápia com adição de óleo essencial e extrato supercrítico de gengibre. Valores menores de pH foram relatados por Bernardino Filho et al. (2014) (pH 5,01) para hambúrgueres formulados com filé de peixe tucunaré.

**Tabela 7.** Avaliação de pH e atividade de água (Aa) das formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate

Dias de estocagem a -18°C	Formulações	Parâmetros	
		pH	Atividade de água
01	F1	6,63 <sup>abB</sup> ± 0,03	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,002
	F2	6,66 <sup>aC</sup> ± 0,02	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,002
	F3	6,58 <sup>bB</sup> ± 0,02	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,001
	F4	6,50 <sup>cB</sup> ± 0,05	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,01
45	F1	6,67 <sup>bB</sup> ± 0,02	0,98 <sup>aA</sup> ± 0,005
	F2	6,73 <sup>ab</sup> ± 0,02	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,005
	F3	6,63 <sup>bB</sup> ± 0,02	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,02
	F4	6,52 <sup>cB</sup> ± 0,01	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,004
90	F1	6,75 <sup>bA</sup> ± 0,03	0,98 <sup>aA</sup> ± 0,004
	F2	6,90 <sup>aA</sup> ± 0,03	0,98 <sup>aA</sup> ± 0,005
	F3	6,76 <sup>bA</sup> ± 0,02	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,003
	F4	6,65 <sup>cA</sup> ± 0,01	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,01

Média ± desvio padrão; <sup>a-c</sup>A mesma letra minúscula na coluna indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres de tilápia (Tukey,  $p > 0,05$ ); <sup>A-C</sup>A mesma letra maiúscula na coluna indica ausência de diferença entre os dias de armazenamento para a mesma formulação.

Em relação à atividade de água (Aa), as formulações de hambúrgueres não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), durante todo o período de armazenamento a -18°C, os valores de Aa ficaram entre 0,97 e 0,98 (Tabela 7), e não houve variação na Aa ao longo do período de armazenamento para mesma formulação, demonstrando que o uso do extrato nas concentrações utilizadas não alterou a quantidade de água livre presente.

#### *Cor dos hambúrgueres de tilápia durante armazenamento*

Em relação a análise de cor dos hambúrgueres de tilápia, no tempo de 1 dia, a formulação F2 apresentou os maiores valores de L\* ( $p < 0,05$ ), seguida da formulação F1, F3 e F4, respectivamente (Tabela 8), demonstrando que o aumento na concentração de extrato de erva-mate acarretou o escurecimento dos hambúrgueres de tilápia, a mesma tendência foi observada nos tempos de 45 e 90 dias, apesar das formulações F1 e F2 não terem diferido entre si ( $p > 0,05$ ). Assim, como observado por Carvalho et al. (2019) a incorporação de espinafre diminuiu gradualmente os valores de L\* com o aumento da concentração de espinafre nas formulações de hambúrgueres de frango e por Silva et al. (2023) onde a luminosidade (L\*) foi menor em hambúrguer de peixe com maior inclusão de farinha de maracujá. Em relação a variação do parâmetro L\* para a mesma formulação, a formulação F3 se manteve estável durante o período de 90 dias armazenamento a -18°C, sendo este um bom resultado, pois diminuição de L\* indica escurecimento, decorrente de reações químicas e desidratação (Lorenzo et al., 2013).

No tempo de 01 dia de armazenamento a Formulação F2 (eritorbato de sódio) apresentou o maior

valor de  $a^*$  e a formulação F4, com maior concentração de extrato de erva-mate, o menor valor de  $a^*$ , o que pode ser devido a coloração verde do extrato seco da erva-mate. O extrato de erva-mate não influenciou o valor de  $a^*$  durante o tempo de armazenamento, pois o aumentou ( $p>0,05$ ) aos 45 dias de armazenamento indica manutenção da tonalidade vermelha no produto para as formulações F3 e F4. Após 90 dias de armazenamento, a formulação F2 (antioxidante sintético) apresentou maior valor, seguida das formulações F3 e F4 que não diferiram entre si ( $p>0,05$ ) e da F1.

**Tabela 8.** Parâmetros de cor, luminosidade ( $L^*$ ), componente vermelho-verde ( $a^*$ ), componente amarelo-azul ( $b^*$ ) de formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate

Dias de estocagem a -18°C	Formulações	Parâmetros de cor		
		$L^*$	$a^*$	$b^*$
01	F1	62,40 <sup>ba</sup> ± 0,80	0,55 <sup>ba</sup> ± 0,10	9,01 <sup>da</sup> ± 0,64
	F2	63,23 <sup>aa</sup> ± 0,49	2,37 <sup>aa</sup> ± 0,24	9,97 <sup>ca</sup> ± 0,48
	F3	57,74 <sup>ca</sup> ± 0,91	0,60 <sup>bb</sup> ± 0,09	12,39 <sup>ba</sup> ± 0,42
	F4	55,36 <sup>db</sup> ± 0,84	0,30 <sup>cc</sup> ± 0,06	14,70 <sup>aa</sup> ± 0,73
45	F1	61,85 <sup>ab</sup> ± 0,48	0,42 <sup>cb</sup> ± 0,07	8,26 <sup>cb</sup> ± 0,40
	F2	61,86 <sup>ab</sup> ± 1,52	1,68 <sup>ac</sup> ± 0,21	7,97 <sup>cc</sup> ± 0,45
	F3	58,05 <sup>ba</sup> ± 1,02	0,81 <sup>ba</sup> ± 0,11	8,97 <sup>bc</sup> ± 0,53
	F4	56,57 <sup>ca</sup> ± 0,56	0,50 <sup>cb</sup> ± 0,05	10,60 <sup>ac</sup> ± 0,67
90	F1	61,98 <sup>aAB</sup> ± 0,69	-0,20 <sup>cc</sup> ± 0,08	8,31 <sup>cb</sup> ± 0,42
	F2	62,20 <sup>ab</sup> ± 1,01	1,88 <sup>ab</sup> ± 0,21	8,78 <sup>cb</sup> ± 0,70
	F3	58,35 <sup>ba</sup> ± 0,71	0,87 <sup>ba</sup> ± 0,13	9,85 <sup>bb</sup> ± 0,69
	F4	56,65 <sup>ca</sup> ± 0,91	0,92 <sup>ba</sup> ± 0,29	12,77 <sup>ab</sup> ± 0,64

Média ± desvio padrão; <sup>a-d</sup>A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres de tilápia (Tukey,  $p>0,05$ ); <sup>A-C</sup>A mesma letra maiúscula na coluna indica ausência de diferença entre os dias de armazenamento para a mesma formulação.

Em relação ao valor de  $b^*$ , as formulações que apresentaram maiores valores foram as formulações F3 e F4, apresentando tonalidade mais amarelada. No entanto, aos 90 dias os valores reduziram em relação ao tempo de 1 dia de armazenamento. O extrato de erva-mate apresenta naturalmente coloração amarelo clara e levemente esverdeada (Tabela 3), o que refletiu na coloração dos hambúrgueres de tilápia. Redução nos valores de  $a^*$  e  $L^*$  foram relatados por Rosa et al. (2013) durante 5 meses de armazenamento de hambúrgueres bovinos com adição de extrato de alfarroba a -18°C. No entanto, Carvalho et al. (2019) verificaram que a incorporação de espinafre diminuiu os valores de  $a^*$  e  $b^*$  com o aumento da concentração de espinafre nas formulações, e as amostras controle apresentaram os maiores valores de  $b^*$ .

#### *Oxidação lipídica dos hambúrgueres de tilápia durante armazenamento*

A Tabela 9 apresenta os valores de oxidação lipídica dos hambúrgueres de tilápia durante armazenamento a -18°C. A formulação F4 (2,5% de extrato de erva-mate) e F2 (antioxidante sintético)

diferiram das demais formulações nos tempos de 1 e 6 dias, apresentando o maior e menor valor de TBARS, respectivamente. Aos 30 e 45 dias de armazenamento, as formulações F1 (controle) e F4 (2,5% de extrato de erva-mate) apresentaram valores de TBARS mais elevados que as demais formulações ( $p < 0,05$ ). No entanto, observou-se que a formulações F2 (antioxidante sintético) apresentou menor valor de oxidação lipídica ( $p < 0,05$ ), seguida da formulação F3 (1,25% de extrato de erva-mate) indicando que estas formulações apresentaram maior controle na oxidação lipídica.

Destaca-se que aos 90 dias de armazenamento a formulação F3 (1,25% de extrato de erva-mate) não diferiu ( $p > 0,05$ ) da formulação com 0,25% de eritorbato de sódio (F2) e da formulação F4 (2,5% de extrato de erva-mate), no entanto a F2 e a F4 diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), demonstrando que a concentração de 1,25% de extrato de erva-mate parece ser eficiente no controle da oxidação lipídica em hambúrgueres de tilápia, podendo ser utilizada em substituição ao antioxidante sintético, uma vez que estes apresentaram efeitos semelhantes no controle da oxidação lipídica. A oxidação lipídica é um dos principais problemas apontados para a perda de qualidade de produtos processados à base de carne de peixe durante o período de armazenamento (Pretto et al., 2023).

Quanto à variação de TBARS ao longo do período de armazenamento para a mesma formulação, observou-se um aumento na oxidação lipídica para a formulação F1 (controle) e F2 (antioxidante sintético) aos 90 dias de armazenamento ( $p < 0,05$ ), além disso, a formulação controle (F1) foi a que apresentou maior ( $p < 0,05$ ) oxidação lipídica (0,44 mg de TBARS  $\text{kg}^{-1}$  de amostra) aos 90 dias de armazenamento. A presença de compostos fenólicos, flavonoides (rutina), alcalóides (caféina) e ácido clorogênico na erva-mate demonstram seu potencial antioxidante (Tonet et al., 2019) e reforçam a maior eficiência para prevenir a formação de produtos secundários da oxidação lipídica (Pretto et al., 2023).

**Tabela 9.** Oxidação lipídica (mg de TBARS  $\text{kg}^{-1}$  de amostra) de formulações de hambúrgueres de tilápia: F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate

Dias de estocagem a -18°C	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
1	0,27 <sup>bb</sup> ± 0,01	0,24 <sup>cBC</sup> ± 0,003	0,30 <sup>bA</sup> ± 0,02	0,34 <sup>aB</sup> ± 0,01
6	0,29 <sup>bb</sup> ± 0,03	0,22 <sup>cDE</sup> ± 0,01	0,27 <sup>bb</sup> ± 0,003	0,34 <sup>aB</sup> ± 0,003
15	0,33 <sup>aB</sup> ± 0,05	0,25 <sup>bb</sup> ± 0,006	0,29 <sup>abA</sup> ± 0,004	0,35 <sup>aAB</sup> ± 0,004
30	0,32 <sup>aB</sup> ± 0,01	0,22 <sup>cCD</sup> ± 0,002	0,26 <sup>bb</sup> ± 0,003	0,31 <sup>aC</sup> ± 0,003
45	0,30 <sup>aB</sup> ± 0,002	0,22 <sup>cD</sup> ± 0,01	0,27 <sup>bb</sup> ± 0,01	0,32 <sup>aC</sup> ± 0,002
60	0,31 <sup>aB</sup> ± 0,01	0,20 <sup>dE</sup> ± 0,01	0,25 <sup>cB</sup> ± 0,01	0,29 <sup>bd</sup> ± 0,004
90	0,44 <sup>aA</sup> ± 0,04	0,27 <sup>cA</sup> ± 0,01	0,31 <sup>bcA</sup> ± 0,01	0,36 <sup>bA</sup> ± 0,01

Média ± desvio padrão; <sup>a-c</sup>A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres de tilápia (Tukey,  $p > 0,05$ ); <sup>A-D</sup>A mesma letra maiúscula na coluna indica ausência de diferença entre os dias de armazenamento para a mesma formulação.

Todos os valores de oxidação lipídica (0,22 a 0,44 mg de TBARS  $\text{kg}^{-1}$  de amostra) apresentados pelas formulações encontram-se abaixo do limiar de detecção humano (0,5 a 1,0 mg de TBARS  $\text{kg}^{-1}$ ) (De Carli et

al., 2013), que caracteriza alterações relacionadas a oxidação lipídica perceptíveis sensorialmente. Valores abaixo do limite detectável, também foram observados por Cilli et al. (2019) em hambúrgueres de salmão com adição de farinha de bagaço de uva.

## Conclusão

O extrato de erva-mate seco por *spray dryer* apresentou elevada atividade antioxidante, demonstrando potencial para ser utilizado como antioxidante natural na indústria de alimentos. A adição de 1,25% de extrato de erva-mate mostrou-se tão eficiente quanto a adição de eritorbato de sódio, sem comprometer parâmetros de qualidade dos hambúrgueres de tilápia.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Estadual de Londrina (UEL), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-graduação em Ciências de Alimentos da UEL.

## Referências

- Abeyrathne, E. D. N. S., Huang, X., & Ahn, D. U. (2018). Antioxidant, angiotensin-converting enzyme inhibitory activity and other functional properties of egg white proteins and their derived peptides – A review. *Poultry Science*, *97*, 1462-1468. doi: 10.3382/ps/pex399
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (2020). *Resolução - RDC nº 429 de 8 de outubro de 2020. Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados*. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, Brasil. Recuperado de <https://antigo.anvisa.gov.br>.
- Aguiar, R.S., Pretto, A., Villanova, J. V., Dias, K. C., Bender, A. B. B., Klinger, A. C. K., Silva, L. P., & Ferrigolo, F. R. G. (2022). Effects of micronized yerba mate on physicochemical, oxidative stability, and cooking characteristics of fish Burger. *Journal Processing and Preservation*, *46*(e17094), 1-10. doi: 10.1111/jfpp.17094
- Andreo, D., & Jorge, N. (2006). Antioxidantes naturais: técnicas de extração. *B CEPPA*, *24*(2), 319-336.
- Araújo, A. C. B., Savoldi, D. C., Mendonça, F. J., Marchi, D. F., Soares, A. L. (2022). Elaboration and evaluation of chicken burger patty added with oregano extract as a natural antioxidante. *Semina: Ciências Agrárias*, *42*(5), 2205-2220. doi: 10.5433/1679-0359.2022v43n5p2205
- Association Of Official Analytical Chemists (AOAC). (1995). *Official Methods of Analysis of the AOAC International*. 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington: AOAC.
- Benzie, I. F. F. & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant Power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, *239*(292), 70-76. doi: 10.1006/abio.1996.0292
- Bernardino Filho, R., Queiroga, A. X. M., Gomes, Q. O., Pereira, B. B. M., & Maracajá, P.B. (2014). Elaboração de hambúrguer formulado com filé de peixe tucunaré (*Cichla ssp.*). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, *9*(3):75-80.
- Berry, B. W. (1992). Low fat level effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of low-fat beef patties. *Journal of Food Science*, *57*(3), 537–540. doi: 10.1111/j.1365-2621.1992.tb08037.x

- Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32(7), 62– 66. doi: 10.1111/j.1745-4603.1978.tb01219.x
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. doi: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- Budin, A. C., Takano, L. V., Alvim, I. D., & Moura, S. C. S. R. (2023). Stability of yerba mate extract, evaluation of its microencapsulation by ionic gelation and fluidized bed drying. *Helyion*, 9(2023), e16611. doi:10.1016/j.helyion.2023.e16611
- Carvalho, F. A. L., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba-Orellana, S., Mattar, J., Brncic, S. R., Barba, F. J., & Lorenzo, J. M. (2019). Replacement of meat by spinach on physicochemical and nutritional properties of chicken burgers. *Journal of Food Processing Preservation*, 43(e13935), 1-8. doi: 10.1111/jfpp.13935
- Cilli, L. P., Contini, L. R. F., Sinnecker, P., Lopes, P. S., Andreo, M. A., Neiva, C. R. P., Nascimento, M. S., Yoshida, C. M. P., Venturini, A. C. (2019). Effects of grape pomace flour on quality parameters of salmon burger. *Journal of Food Processing Preservation*, 44(e14329), 1-11. doi: 10.1111/jfpp.14329
- Coelho, G. M., Weschenfelder, A. V., Meinert, E. M., Amboni, R. M. C., & Beirão, L. H. (2007). Effects of starch properties on textural characteristics of fish burgers: sensory and instrumental approaches. *B. CEPPA*, 25(1), 37-50.
- Costa, D. P. S., Gonçalves, T. M. V., & Conti-Silva, A. C. (2019). Potentiality of Using Mechanically Separated Meats of Nile Tilapia in Fishburgers: Chemical, Physical and Sensory Characterization. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 62(e19180436), 1-12. doi: 10.1590/1678-4324-2019180436
- Dal Bosco, A., Mattioli, S., Matics, Z., Szendrő, Z., Gerencsér, Z., Mancinelli, A. C., Kovács, M., Cullere, M., Castellini, C., & Dalle Zotte, A. (2019). The antioxidant effectiveness of liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) extract administered as dietary supplementation and/or as a burger additive in rabbit meat. *Meat Science*, 158(2019), 107921. doi: 10.1016/j.meatsci.2019.107921
- De Carli, E. M., Terra, N. N., Fries, L. L. M., Menezes, C. R., & Palezi, S. C. (2013). Descontaminação de cortes suínos com ácidos orgânicos comerciais, solução salina acidificada e luz ultravioleta. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(3), 1195-1204. doi: 10.5433/1679-0359.2013v34 n3p1195
- Dortzbach, D., Tokarski, F., Neppel, G., & Vieira, V. F. (Organizadores). (2018). *Indicação Geográfica Erva-mate do Planalto Norte Catarinense: história* (1ª ed). Epagri.
- Duarte, M. M., Gabira, M. M., Tomasi, J. C., Amano, E., Nogueira, A. C., Wendling, I. (2022). Bioactive compounds and leaf anatomy of yerba mate morphotypes. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 57(e02441). doi: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02441
- Fernandes, R. P. P., Trindade, M. A., Tonin, F. G., Pugine, S. M., Lima, C. G., Lorenzo, J. M., & Melo, M. P. (2017). Evaluation of oxidative stability of lamb burger with *Origanum vulgare* extract. *Food Chemistry* 233(2017), 101-109. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.04.100
- Fontan, R. C. I., Rebouças, K. H., Veríssimo, L. A. A., Machado, A. P. F., Fontan, G. C. R., & Bonomo, R. C. F. (2011). Influência do tipo de carne, adição de fosfato e proteína texturizada de soja na perda de peso por cocção e redução do tamanho de hambúrgueres. *Alimentos e Nutrição*, 22(3), 429-434.
- Gonçalves, L. D. A., & Magalhães, G. L. (2018). Hambúrguer bovino com substituição de gordura por farinha da casca de maracujá. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 13(4), 489-494. doi: 10.18378/rvads.v13i4.5773

- Gouw, V. P., Jung, J., & Zhao, Y. (2017). Functional properties, bioactive compounds, and in vitro gastrointestinal digestion study of dried fruit pomace powders as functional food ingredients. *LWT - Food Science and Technology*, *80*, 136-144. doi: 10.1016/j.lwt.2017.02.015
- Kumazawa, S., Hamasaka, T., & Nakayama, T. (2004). Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chemistry*, *84*(1), 329-339. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00216-4
- Lorenzo, J. M., González-Rodríguez, R. M., Sánchez, M., Amado, I. R., & Franco, D. (2013). Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage "chorizo". *Food Research International*, *54*(2013), 611-620. doi: 10.1016/j.foodres.2013.07.064
- Maciel, C. N., Seller, L. F. F., Souza, A. B., & Almeida, P. F. (2021). Formulation of fishburgers with the addition of different protein sources and taro flour. *Ciência Rural* *51*(2), e20200380. doi: 10.1590/0103-8478cr20200380
- Mateos, R., Baeza, G., Sarriá, B., & Bravo, L. (2018). Improved LC-MSn characterization of hydroxycinnamic acid derivatives and flavonols in different commercial mate (*Ilex paraguariensis*) brands. Quantification of polyphenols, methylxanthines, and antioxidant activity. *Food Chemistry*, *241*(2018), 232-241. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.08.085
- Mattje, L. G. B., Tormen, L., Bombardelli, M. C. M., Corazza, M. L., & Bairy, E. M. (2019). Ginger essential oil and supercritical extract as natural antioxidants in tilapia fish burger. *Journal of Food Processing Preservation*, *43*(e13942), 1-8. Doi:10.1111/jfpp.13942
- Meinhart, A. D., Bizzotto, C. S., Ballus, C. A., Rybka, A. C. P., Sobrinho, M. R., Cerro-Quintana, R. S., Teixeira-Filho, J., Godoy, H. T. (2010). Methylxanthines and Phenolics Content Extracted during the Consumption of Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Beverages. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, *58*, 2188-2193. doi: 10.1021/jf903781w
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2022). Portaria DAS nº 724, de 23 de dezembro de 2022. *Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do hambúrguer*. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, Brasil. Recuperado de <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sda-n-724-de-23-de-dezembro-de-2022-453548742>.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2017). Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017. *Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal*. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, Brasil. Recuperado de <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/mpa/legislacao/legislacao-geral-da-pesca/decreto-no-9-013-de-29-03-2017.pdf/view>.
- Miranda, A. V. S., Gomes, L. R., Santos, J. L., Rodrigues, S. M., Nascimento, G. K. S., Andrade, M. P. D., & Schmiele, M. (2022). Fibras alimentares como potenciais substitutos parciais de carne na qualidade tecnológica de hambúrguer de peixe. *Research, Society and Development*, *11*(11), e392111133717. doi: 10.33448/rsd-v11i11.33717
- Nunes, G. L., Boaventura, B. C. B., Pinto, S. S., Verruck, S., Murakami, F. S., Prudêncio, E. S., & Amboni R. D. M. C. (2015). Microencapsulation of freeze concentrated *Ilex paraguariensis* extract by spray drying. *Journal of Food Engineering*, *151*(2015), 60-68. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2014.10.031
- Oliveira, O. W., & Petrovick, P. R. (2010). Secagem por aspersão (*spray drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, *20*(4), 641-650.
- Oliveira, C. Y. B., Oliveira, C. D. L., Prasad, R., Ong, H. C., Araujo, E. S., Shabnam, N., & Gálvez, A. O. (2021). A multidisciplinary review of *Tetrademus obliquus*: a microalga suitable for large-scale biomass production and emerging environmental applications. *Reviews in Aquaculture*, *13*(3), 1-25. doi: 10.1111/raq.12536

- Associação Brasileira da Piscicultura (PEIXE BR). (2024). *Anuário 2024, Peixe BR da Piscicultura*. Recuperado de <https://www.peixebr.com.br/anuario-2024/>
- Penteado Junior, J. F., & Goulart, I. C. G. R. (2019). Erva 20: Sistema de produção para erva-mate (1ª ed). EMBRAPA.
- Pretto, A., Bender, A. B. B., Aguiar, R. S., Penchel, E. M., Serra, S. D. S., & Ferrigolo, F. R. G. (2023). Características físico-químicas de *fishburgueres* adicionados de erva-mate micronizada. In: *Ciência e Tecnologia de Alimentos: o avanço da ciência no Brasil* (V. 3). Editora científica digital. doi: 10.37885/221211156
- Reis, L. C. B., Souza, C. O., Silva, J. B. A., Martins, A. C., Nunes, I. L., & Druzian, J. I. (2015). Active biocomposites of cassava starch: The effect of yerba mate extract and mango pulp as antioxidant additives on the properties and the stability of a packaged product. *Food and Bioprocess Processing*, 94(2015), 382-391. doi: 10.1016/j.fbp.2014.05.004
- Ribeiro, J. S., Santos, M. J. M. C., Silva, L. K. R., Pereira, L. C. L., Santos, I. A., Lannes, S. C. S., & Silva, M. V. (2019). Natural antioxidants used in meat products: A brief review. *Meat Science*, 148(2019), 181-188. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.10.016
- Rosa, C. S., Kubota, E., Stein, M., Nogara, G. P., & Vizzoto, M. (2013). Avaliação do efeito de extrato de farinha de alfarroba (*Ceratonia siliqua L.*) na estabilidade oxidativa e cor de hambúrgueres congelados. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(5):93-98. doi: 10.5433/1679-0359.2013v34n5p2277
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Morais, S. M., Sampaio, C. G., Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. D. (2007a). *Metodologia Científica: determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH*. (Comunicado Técnico online 127). Fortaleza: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Recuperado de [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10224/1/Cot\\_127.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10224/1/Cot_127.pdf).
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Morais, S. M., Sampaio, C. G., Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. D. (2007b). *Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS•+*. (Comunicado Técnico online 128). Fortaleza: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Recuperado de [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10225/1/Cot\\_128.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10225/1/Cot_128.pdf).
- Sánchez-González, I., Jiménez-Escrig, A., & Saura-Calixto, F. (2005). In vitro antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). *Food Chemistry*, 90(1),133-139. doi: :10.1016/j.foodchem.2004.03.037
- Saraiva, B. R., Vital, A. C. P., Anjo, F. A., Ribas, J. C. R., & Pintro, P. T. M. (2019). 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*, 56(3), 1256-1265. doi: 10.1007/s13197-019-03589-w
- Savoldi, D. C., Mendonça, F. J., Vicenzi, B. G., Marchi, D. F., Marchi, J. F., Tonial, I. B., & Soares, A. L. (2021). Evaluation of traditional Brazilian sausage (linguiça calabresa) elaborated with oregano and basil extracts as natural antioxidants. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(6), 3757-3776. doi: 10.5433/1679-0359.2021v42n6Supl2p3757
- Shah, M. A., Bosco, S. J. D., Mir, S. A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, 98(2014), 21-23. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.03.020
- Silva, M. A. P., Vieira, P. H. S., & Oliveira Filho, P. R. C. (2016). Elaboração de fishburguer de saramunete (*Pseudupeneus maculatos*) utilizando diferentes tipos de farinhas vegetais. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 9(2), 36-51.

- Silva, F. A. P., Estévez, M., Ferreira, V. C. S., Silva, S. A., Lemos, L. T. M., Ida, E. I., Shimokomaki, M., & Madruga, M. S. (2018). Protein and lipid oxidations in jerky chicken and consequences on sensory quality. *LWT - Food Science and Technology*, *97*(2018), 341-348. doi: 10.1016/j.lwt.2018.07.022
- Silva, I. L. L., Coutinho, J. S., Goes, E. S. R., Tobal, T. M. (2023). Development of fish hamburger with reduced sodium content using sweet passion fruit shell flour. *Food Science and Technology*, *43*(e0095522), 1-8. doi:10.5327/fst.0095522
- Statsoft (2005). *Statistica*. Release 7. Copyright.
- Tarladgis, B. G., Pearson, A. M., & Dugan Jun, L. R. (1964). Chemistry of the 2- thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods – II Formation of the TBA – Malonaldehyde complex without acid-heat treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *15*(9), 602-607. doi: 10.1002/jsfa.2740150904
- Tonet, A., Zara, R. F., & Tiunan, T.S. (2019). Biological activity and quantification of bioactive compounds in yerba mate extract and its application in fish hamburger. *Brazilian Journal of Food Technology*, *22* (e2018054), 1-12. doi: 10.1590/1981-6723.05418
- Tonon, R. V., Brabet, C., Pallet, D., Brat, P., Hubinger, M. D. (2009). Physicochemical and morphological characterization of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. *Journal of Food Science and Technology*, *44*, 1950–1958.
- Troy, D. J., Desmond, E. M., & Buckley, D. J. (1999). Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional blends. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *79*, 507–516. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(19990315)79:4%3c507::AID-JSFA209%3e3.0.CO;2-6
- Valduga, A. T., Battestin, V., & Finzer, J. R. D. (2003). Secagem de extratos de erva-mate em secador por atomização. *Ciência e Tecnologia em Alimentos*, *23*(2), 184-189.
- Yatsu, F. K. J., Borghetti, G. S., & Bassani, V. L. (2011). Technological Characterization and Stability of *Ilex paraguariensis* St. Hil. Aquifoliaceae (Maté) Spray-Dried Powder. *Journal of Medicinal Food*, *14*(4), 413-419. doi: 10.1089=jmf.2010.0044
- Zehiroglu, C., & Sarikaya, S. B. O. (2019). The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(11), 4757-4774. doi: 10.1007/s13197-019-03952-x

### 6.3 ARTIGO CIENTÍFICO 3

#### **Elaboração de hambúrgueres bovinos com adição de extrato de erva-mate como antioxidante natural**

#### **Making beef burgers with the addition of yerba mate extract as a natural antioxidante**

Daniele Cristina Savoldi<sup>1\*</sup>, Carina Moro Benis<sup>1</sup>, Indira da Silva Papalia<sup>1</sup>, Natalia Ramos Pereira<sup>1</sup>,  
Pedro Henrique Freitas Cardines<sup>2</sup>, Adriana Lourenço Soares<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Discentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR, Brasil. E-mail: danyes\_pr@hotmail.com; carinamorobenis@gmail.com; indira.papalia@uel.br; natalia.pereira.ramos@uel.br

<sup>2</sup>Prof<sup>o</sup> Dr., Departamento de Bioquímica e Biotecnologia, Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR, Brasil. E-mail: pedrocardines@uel.br

<sup>3</sup>Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia em Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR, Brasil. E-mail: adri.soares@uel.br

\*Autor para correspondência

#### **Highlights:**

O extrato de erva-mate seco em *spray dryer* apresentou estabilidade da capacidade antioxidante durante armazenamento.

A adição de 1,25% de extrato de erva-mate foi ideal para inibição de oxidação lipídica e manutenção da qualidade de hambúrgueres.

Extrato de erva-mate seco por *spray-dryer* é uma alternativa viável para substituição de antioxidante sintético.

#### **RESUMO**

O objetivo da pesquisa foi elaborar hambúrgueres bovinos adicionados de extrato de erva-mate sombreada seco por *spray dryer* como antioxidante natural. Foram preparados extratos contendo 15% de erva-mate sombreada em infusão com água quente. O extrato foi seco em *spray dryer* e avaliado quanto a atividade antioxidante pelos métodos de DPPH, FRAP e Folin-Ciocalteu durante o período de 45 dias de armazenamento a -18°C. Foram preparadas quatro formulações de hambúrgueres bovinos com adição de diferentes concentrações do extrato de erva-mate seco em *spray dryer*, sendo formulação F1 (controle), F2 (eritorbato de sódio), F3 e F4 com 1,25 e 2,5% de extrato de erva-mate, respectivamente. Os hambúrgueres foram avaliados quanto a composição química aproximada, pH, atividade de água, oxidação lipídica, cor, textura, rendimento, encolhimento, perda de peso por cocção e capacidade de retenção de água. Quanto a atividade antioxidante, não ocorreu perda significativa para capacidade redutora (229,10 a 235,94 mg de EAG g<sup>-1</sup>), para o método FRAP (2,79 a 2,99 mmol de TEAC g<sup>-1</sup>) e para o método DPPH (28,81 a 33,79 g de DPPH g<sup>-1</sup>) durante os 45 dias de armazenamento. As formulações não diferiram entre si para proteínas, no entanto, houveram variações para os teores de lipídios, umidade e cinzas. Ocorreu redução do pH para as formulações durante o armazenamento. Em relação a análise de cor, aos 90 dias de armazenamento, a F4 apresentou o menor valor de L\* e maior valor de b\*. Em relação a oxidação lipídica, a formulação F4 apresentou a maior oxidação lipídica nos tempos de 1, 6 e 15 dias, seguida das formulações F1, F2 e F3 que não diferiram entre si. Aos 45, 60 e 90 dias de armazenamento a formulação F2 foi a formulação que se apresentou menos oxidada, seguida da formulação F3, F4 e F1. Observou-se um aumento na oxidação lipídica aos 90 dias de armazenamento para

46 F1 (controle) e F4, mostrando que houve uma maior estabilidade oxidativa para as formulações F2  
47 (antioxidante sintético) e F3 (1,25% de extrato de erva-mate). O extrato de erva-mate seco por *spray dryer*  
48 apresentou capacidade antioxidante adequada e estável durante o período de armazenamento. A adição de  
49 1,25% de extrato de erva-mate em hambúrgueres foi considerada a ideal para inibição da oxidação lipídica e  
50 manutenção da cor, sem alterar os demais parâmetros de qualidade como dureza, elasticidade, resiliência,  
51 rendimento, encolhimento e perda de peso por cocção. Tornando assim, interessante a utilização de  
52 antioxidantes naturais em substituição aos antioxidantes sintéticos para o controle da oxidação lipídica em  
53 produtos cárneos.

54  
55 **Palavras-chave:** Erva-mate. Oxidação lipídica. Hambúrguer bovino.

## 57 **Introdução**

58 O consumo de alimentos processados e congelados tem aumentado devido às necessidades impostas  
59 pela vida moderna, onde o tempo de preparo dos alimentos é fator limitante (Mancini et al., 2017; Gonçalves  
60 & Magalhães, 2018). Apesar disso, os consumidores estão cada vez mais conscientes da relação entre dieta e  
61 saúde, buscando uma alimentação mais saudável (Gonçalves & Magalhães, 2018; Carvalho et al., 2019), livre  
62 de conservantes e aditivos químicos (Silva et al., 2021).

63 O hambúrguer é um produto cárneo que se destaca pela praticidade e conveniência e tem tido seu  
64 consumo aumentado nos últimos anos (Bastos et al., 2014; Mancini et al., 2017; Dal Bosco et al., 2019; Rios-  
65 Mera et al., 2019). No entanto, no seu processamento e armazenamento são passíveis de sofrerem oxidação  
66 lipídica devido a moagem da carne com aumento do contato com o oxigênio associado ao alto teor de ferro  
67 não hemínico e hemínico das carnes vermelhas que atuam como pró-oxidantes (Oliveira et al., 2012; Milani  
68 et al., 2012; Jayasena; Jo, 2014; Leão et al., 2017; Ribeiro et al., 2019). O que limita a qualidade e  
69 aceitabilidade, afetando atributos como sabor, aroma, cor, textura, valor nutricional (Contini et al., 2014;  
70 Pereira et al., 2017; Ribeiro et al., 2019). Para prevenir a oxidação e preservar atributos sensoriais, os  
71 antioxidantes têm sido utilizados (Pereira et al., 2015; Ghabraie et al., 2016; Ribeiro et al., 2019).

72 Há uma busca crescente por alternativas naturais aos aditivos sintéticos e os extratos de frutas e  
73 vegetais se destacam como uma opção por apresentarem compostos bioativos que exercerem atividades  
74 funcionais benéficas à saúde humana (Ribeiro et al., 2019) e podem melhorar as características de sabor e  
75 estender a vida útil dos produtos cárneos (Fernandes et al., 2017).

76 Os extratos de erva-mate, apresentam uma alta atividade antioxidante que tem sido atribuída aos  
77 compostos polifenólicos encontrados em grandes quantidades nas folhas de erva-mate (Mateos et al., 2018;  
78 Tonet et al., 2019). Vários fatores podem influenciar a capacidade antioxidante do extrato de erva-mate, desde  
79 a localização da planta, bem como o solo, a exposição solar e a época do ano em que as folhas foram coletadas  
80 (Budin et al., 2023). Portanto, podemos inferir que a incorporação de extratos polifenólicos de erva-mate aos  
81 alimentos pode ser uma maneira eficaz de proporcionar uma estabilidade oxidativa, além de estimular o cultivo  
82 deste vegetal nativo.

83 Deste modo, o objetivo desta pesquisa foi elaborar hambúrgueres bovinos adicionados de extrato de  
84 erva-mate sombreada seco por *spray dryer* como antioxidante natural.

85  
86

## 87 **Material e métodos**

### 88 *Material*

89 As folhas de erva-mate utilizadas para obtenção do produto, foram coletadas no mês de julho de 2023  
90 de ervais nativos sombreados cultivados de forma orgânica, em uma pequena propriedade da região de  
91 Bituruna – PR. Posteriormente, as folhas foram processadas em uma cooperativa da região para obtenção do  
92 produto final, a partir do qual foram preparados os extratos e realizada a aplicação em hambúrgueres bovinos  
93 para avaliação da vida de prateleira.

94

### 95 *Preparo do extrato de erva-mate sombreada e secagem em spray dryer*

96 Foram preparados 3200 L de extrato contendo 15% (m v<sup>-1</sup>) de erva mate sombreada em infusão com  
97 água quente a 60°C sob agitação por 10 min (Meinhart et al., 2010), os extratos foram filtrados a vácuo e  
98 submetidos a secagem por *spray dryer* (LabMaq, MSD 1.0, Brasil) utilizando como adjuvante de secagem a  
99 maltodextrina 10% (m v<sup>-1</sup>) de acordo com o teor de sólidos solúveis presentes no extrato filtrado. O extrato seco  
100 foi armazenado a -18°C e avaliado quanto a atividade antioxidante durante o período de 45 dias de  
101 armazenamento a -18°C. Os extratos foram diluídos de acordo com o solvente utilizado em cada método de  
102 análise para avaliação da atividade antioxidante.

103

### 104 *Atividade antioxidante do extrato de erva-mate sombreada durante armazenamento*

105 O extrato da erva-mate sombreada, foi avaliado quanto a atividade antioxidante por diferentes  
106 métodos (DPPH, FRAP e Folin-Ciocalteu). Para determinação do sequestro do radical DPPH utilizou-se a  
107 metodologia descrita por Brand-Williams et al. (1995) e modificado por Rufino et al. (2007) e os resultados  
108 foram expressos em EC<sub>50</sub>, como g de extrato por g<sup>-1</sup> de DPPH. O método de FRAP foi realizado de acordo com  
109 Benzie e Strain (1996) e Sánchez-González et al. (2005) e os resultados expressos em mmol de Trolox  
110 equivalente g<sup>-1</sup> de extrato. A capacidade redutora por Folin, foi avaliada conforme metodologia descrita por  
111 Kumazawa et al. (2004) com modificações, utilizando ácido gálico como padrão e os resultados foram  
112 expressos em mg de EAG por g<sup>-1</sup> de extrato.

113

### 114 *Preparação dos hambúrgueres bovinos*

115 Foram elaboradas 4 formulações de hambúrgueres bovinos, F1 - formulação controle (sem adição de  
116 antioxidante), F2- formulação com antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio), F3- formulação com  
117 adição de 1,25% de extrato de erva-mate e F4- formulação com adição de 2,5% de extrato de erva-mate. As  
118 concentrações de extrato foram definidas em testes preliminares. As formulações corresponderam a 1,5 kg de  
119 massa, que foram utilizados para produção de 60 hambúrgueres bovinos de aproximadamente 20 g cada um.

120 Os hambúrgueres foram elaborados com carne bovina moída adquirida no comércio local de  
121 Londrina-PR. Os ingredientes utilizados na elaboração dos hambúrgueres foram pesados de acordo com cada  
122 formulação (Tabela 1). Inicialmente, a carne bovina e o toucinho foram misturados em processador de  
123 alimentos (SIRE, Cutter, Brasil), em seguida foram adicionados os demais ingredientes e aditivos à massa  
124 cárnea, misturados até a completa homogeneização. Os hambúrgueres bovinos foram moldados em forma

125 própria, embalados em sacos plásticos para alimentos e armazenados em *freezer* a temperatura de -18 °C para  
126 posterior as análises.

127

#### 128 *Composição química aproximada, pH e atividade de água dos hambúrgueres bovinos*

129 A composição química aproximada foi determinada de acordo com as metodologias da AOAC  
130 (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 1995).

131 As análises de pH e atividade de água foram realizadas em triplicata nos tempos de 1, 45 e 90 dias  
132 de armazenamento a -18 °C. A determinação de pH foi realizada utilizando um potenciômetro de contato (Testo  
133 205, Testo, Germany) e a atividade de água foi medida por ponto de orvalho através do equipamento Aqualab  
134 4 TEV (4 TEV, AquaLab, USA).

135

#### 136 *Análises de rendimento, encolhimento, perda de peso e capacidade de retenção de água dos hambúrgueres*

137 A partir do produto cozido foram realizadas as análises de rendimento, encolhimento e perda de peso.  
138 Os hambúrgueres de cada formulação foram pesados crus e cozidos em chapa elétrica com temperatura de  
139 aproximadamente 150°C, por 2 minutos cada lado, para o cozimento completo e o produto atingir internamente  
140 72°C (Fontan et al., 2011). O rendimento foi calculado por meio da razão entre a massa da amostra cozida e a  
141 amostra crua, multiplicada por 100% (Berry, 1992). A porcentagem de encolhimento dos hambúrgueres, foi  
142 determinada com paquímetro digital, com base na diferença de diâmetro dos hambúrgueres antes e após a  
143 cocção, dividido pelo diâmetro do hambúrguer cru e multiplicado por 100% (Berry, 1992). E a perda de peso  
144 por cocção, foi avaliada, com base na diferença entre o peso inicial (hambúrgueres crus) e o peso final  
145 (hambúrgueres cozidos), multiplicado por 100% (Fontan et al., 2011).

146 A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada conforme metodologia descrita por Troy  
147 et al. (1999) com modificações. A metodologia consistiu em pesar 10 g de cada hambúrguer (peso inicial) em  
148 um tubo falcon de 50 mL e aquecer em banho-maria a 90° C, por 10 min. e então resfilar a temperatura  
149 ambiente. Posteriormente, as amostras foram envolvidas em gaze, transferidas para tubos falcon de 50 mL com  
150 algodão em sua base e centrifugadas a 8200 rpm a 4°C, por 10 min e pesadas novamente (peso final). A CRA  
151 foi determinada pela diferença de peso inicial e peso final e o resultado obtido foi dividido pelo teor de umidade  
152 da amostra e multiplicado por 100%.

153

#### 154 *Análise de cor e textura dos hambúrgueres*

155 A análise de cor foi realizada utilizando o colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta, Japão) com  
156 iluminante D65 e ângulo de observação de 10°. Foram realizadas em cada lado da amostra três leituras em  
157 diferentes pontos e os resultados expressos pelo sistema CIELab (L\*, a\* e b\*).

158 A análise de perfil de textura (TPA) foi realizada em texturômetro TA.XTplus (Texture Analyser  
159 TA.XTplus, Stable Micro Systems, UK) (Bourne, 1978), utilizando velocidade pré-teste 5,0 cm min<sup>-1</sup>, teste  
160 20,0 cm min<sup>-1</sup> e pós-teste 10,0 cm min<sup>-1</sup>, força de 0,98 N e distância de compressão de 0,70 cm. As amostras  
161 foram cortadas em cubos de 1 cm<sup>3</sup>, utilizou-se probe P35 comprimindo 2 vezes até 50% do seu tamanho. A

162 análise foi realizada em sextuplicata, com 6 repetições, onde foram avaliados os parâmetros de dureza (N),  
163 elasticidade (mm), coesividade, mastigabilidade (N) e resiliência.

164

#### 165 *Avaliação da oxidação lipídica dos hambúrgueres bovinos*

166 A oxidação lipídica foi determinada utilizando a metodologia das substâncias reativas ao ácido  
167 tiobarbitúrico (TBARS) descrita por Tarladgis et. (1964). O método consistiu em misturar 10,0g de amostra  
168 com 15,0 mL de ácido tricloroacético 7,5% ( $\text{m v}^{-1}$ ) e agitar em turrax (Turratec TE-102, Tecnal, Brazil) a 7000  
169 rpm por 1 minuto, seguido de centrifugação (Eppendorf, 5810 R, Germany) a 6000 rpm a 24°C por 20 minutos  
170 e filtração em papel filtro Whatman Nº1. Em seguida, foram reagidos 5,0 mL do extrato com 5,0 mL de ácido  
171 2-tiobarbitúrico 0,02 mol L<sup>-1</sup> em banho-maria fervente por 35 minutos, após resfriamento a absorvância foi  
172 lida a 532nm em espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom, England). Uma curva padrão com 1,1,3,3-  
173 tetraetoxipropano em ácido sulfúrico 1% variando de 200 a 4800 mmol L<sup>-1</sup> foi construída e os resultados foram  
174 expressos em mg de TBARS (Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) por quilograma de amostra. As  
175 análises foram realizadas em triplicata em hambúrgueres bovinos armazenados a -18 °C nos tempos de 1, 6,  
176 15, 30, 45, 60 e 90 dias de armazenamento a -18°C.

177

#### 178 *Análise Estatística*

179 Os resultados foram analisados no Programa Statistica versão 7.0 (Statsoft, 2005) através de análise  
180 de variância (ANOVA), seguido pelo teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

181

## 182 **Resultados e Discussão**

### 183 *Atividade antioxidante do extrato de erva-mate sombreada durante o armazenamento*

184 O extrato de erva-mate seco em *spray dryer* foi avaliado quanto a sua atividade antioxidante durante  
185 o período de armazenamento de 45 dias a -18°C (Figura 1). Observou-se que não ocorreu perda significativa  
186 da capacidade antioxidante medida pela capacidade redutora (A) e pelo o método FRAP (B), que variaram de  
187 229,10 a 235,94 mg de EAG g<sup>-1</sup> e 2,79 a 2,99 mmol de TEAC g<sup>-1</sup> de extrato, respectivamente. Valores menores  
188 para capacidade redutora (151,8 mg EAG g<sup>-1</sup>) foram encontrados por Machado et al. (2020) ao avaliar extrato  
189 hidroalcoólico de erva-mate.

190 Assim como, para FRAP e Capacidade redutora, não houve perda significativa ( $p>0,05$ ) da atividade  
191 antioxidante durante o período de armazenamento para o método de DPPH (C). A atividade antioxidante variou  
192 de 33,79 a 28,81 g de DPPH g<sup>-1</sup> de extrato. Diferente do presente estudo, Savoldi et al. (2021) encontraram  
193 uma perda de 37,32% e 51,36% ao avaliarem extratos liofilizados de orégano e manjeriço, respectivamente,  
194 pelo método de DPPH durante 39 dias de armazenamento a -18°C.

195 O extrato de erva-mate apresentou alta capacidade antioxidante, sugerindo que os compostos  
196 fenólicos sejam os principais contribuintes para a atividade antioxidante da erva-mate, conforme observado  
197 por Mateos et al. (2018), demonstrando viabilidade na sua aplicação como antioxidante natural.

198

199

## 200 *Composição química aproximada, pH e atividade de água dos hambúrgueres bovinos*

201 Em relação a composição química aproximada, as formulações de hambúrguer não diferiram entre  
202 si para o teor de proteínas ( $p>0,05$ ) (Tabela 2). A formulação F4 apresentou o maior teor de lipídios e cinzas  
203 ( $p<0,05$ ) e menor teor de umidade, o que pode ser atribuído ao maior teor de extrato que contém óleo, minerais  
204 e baixa umidade. Todas as formulações apresentam valores de proteínas e lipídios de acordo com o Padrão de  
205 Identidade e Qualidade para hambúrgueres, sendo concentração máxima de gordura de 25% e teor mínimo de  
206 proteínas de 15% (Ministério da Pecuária Agricultura e Abastecimento [MAPA], 2022).

207 Ferreira et al. (2011) encontraram valores semelhantes de lipídios (11,72%), proteína (18,66%),  
208 cinzas (2,96%) e maiores de umidade (63,86%) para hambúrgueres bovinos adicionados de extrato etanólico  
209 de folhas secas de erva-mate verde. Valores semelhantes para cinzas (2,49 a 2,91%), proteínas (18,81 a  
210 20,45%), lipídios (11,42 a 14,96%) e maiores de umidade (60,74 a 62,95%) foram relatados por Oliveira et al.  
211 (2014) para hambúrgueres bovinos com adição de farinha de linhaça como substituto de gordura e com redução  
212 de sódio.

213 Rosa et al. (2013) obtiveram valores semelhantes de lipídios (10,10 a 10,60%), proteínas (18,60 a  
214 18,74%) e cinzas (2,33 a 2,61%) e maiores para umidade (65,25 a 65,77%) para hambúrgueres bovinos com  
215 adição de extrato de alfarroba. Valores menores para lipídios (3,29 a 5,41%) foram encontrados por Câmara  
216 et al. (2017) para hambúrgueres bovinos com e sem adição de extra de alecrim, chá verde e óleo de linhaça.

217 Ferreira e Silva (2018) relataram valores médios de umidade (53,81 a 55,98%), cinzas (1,23 a 1,58%)  
218 e proteínas (11,91 a 12,96%) menores que o presente estudo e valores de lipídios (29,51 a 32,49%) maiores  
219 para hambúrgueres bovinos de diferentes marcas.

220

## 221 *Rendimento, encolhimento, perda de peso e capacidade de retenção de água dos hambúrgueres bovinos*

222 A adição de extrato de erva-mate não alterou ( $p>0,05$ ) os parâmetros de rendimento, encolhimento e  
223 perda de peso por cocção (Tabela 3). Valores maiores para perda de peso (29,40 e 23,04%) e menores de  
224 rendimento (20,29 e 16,4%) foram encontrados por Silva et al. (2014) para hambúrgueres bovino e bubalino,  
225 respectivamente.

226 A adição de extrato de erva-mate influenciou a capacidade de retenção de água (CRA) (Tabela 3),  
227 sendo que a formulação F4, apresentou os menores valores ( $p<0,05$ ), seguida da formulação F2 e F3 as quais  
228 não diferiram entre si ( $p>0,05$ ), e da formulação F1, a qual apresentou maior valor ( $p<0,05$ ). A menor CRA  
229 observada para F4 está relacionado a menor umidade e maior teor de lipídios (Tabela 2). E apesar da CRA ter  
230 sido menor não influenciou na perda de peso por cocção e no rendimento após cocção. Bernardino Filho et al.  
231 (2012) obtiveram valores semelhantes de rendimento (69,83 a 72,44%), menores para encolhimento (11,03 a  
232 13,27%) e semelhantes de capacidade de retenção de água (67,66 a 71,86%) para hambúrgueres padrão e  
233 adicionados de inulina como ingrediente funcional prebiótico e substituto de gordura.

234

## 235 *Perfil de textura dos hambúrgueres bovinos*

236 Em relação a textura, podemos verificar que a adição de extrato de erva-mate nos hambúrgueres  
237 bovinos não influenciou ( $p>0,05$ ) os parâmetros de dureza, elasticidade e resiliência (Tabela 4).

238 A formulação F3 apresentou os maiores valores para os parâmetros de coesividade e mastigabilidade,  
239 quando comparada com F1, não diferindo das formulações F2 e F4 ( $p>0,05$ ). Valores semelhantes para dureza  
240 (48,37 a 55,71), elasticidade (1,00), maiores de coesividade (0,77 a 0,91) e menores de mastigabilidade (3,60  
241 a 5,19) para hambúrgueres de búfalo foram relatadas por Moretto et al. (2020).

242

#### 243 *pH e atividade de água dos hambúrgueres bovinos*

244 A Tabela 5 apresenta os resultados de pH e atividade de água dos hambúrgueres nos tempos de 1, 45  
245 e 90 dias de armazenamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ . As formulações não diferiram entre si ( $p>0,05$ ) no tempo inicial de 1 dia.  
246 No entanto, a formulação F4, apresentou o menor valor de pH ( $p<0,05$ ) aos 90 dias de armazenamento, o que  
247 pode ser devido à natureza ácida do extrato de erva-mate (pH 5,84). Valores menores de pH também foram  
248 verificados por Fernandes et al. (2017) para hambúrgueres de cordeiro adicionados de extrato de orégano após  
249 120 dias de armazenamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

250 Quanto a variação do pH ao longo dos 90 dias de armazenamento, pode-se observar que houve uma  
251 redução ( $p<0,05$ ) do pH para as formulações. Os valores de pH variaram de 6,02 a 6,26, estando próximos dos  
252 limites aceitáveis para produtos cárneos (5,4 a 6,2) (Mantovani et al., 2011). Valores semelhantes de pH foram  
253 relatados para hambúrgueres bovinos adicionados de extrato de alecrim, chá verde e óleo de linhaça (Câmara  
254 et al., 2017) e para hambúrgueres bovinos com redução de sódio e adição de antioxidantes naturais (Quadros e  
255 Rodrigues, 2020).

256 Em relação a atividade de água, as formulações de hambúrgueres não apresentaram diferenças entre  
257 si ( $p<0,05$ ) (Tabela 5) nos tempos de 1 e 45 dias de armazenamento. No entanto, houve um aumento na  
258 atividade de água nas formulações F1, F2 e F3, para o tempo de 45 dias de armazenamento a  $-18^{\circ}\text{C}$ , sendo uma  
259 desvantagem, pois quanto maior a disponibilidade de água maior propensão ao crescimento de microrganismos  
260 (Silvestre et al., 2013). Os valores de atividade de água variaram de 0,96 a 0,98 durante o período de  
261 armazenamento dos hambúrgueres ( $-18^{\circ}\text{C}$  por 90 dias). Valores de atividade de água semelhantes foram  
262 descritos por outros autores (López-Vargas et al., 2014; Câmara et al., 2017; Ribeiro et al., 2021).

263

#### 264 *Cor dos hambúrgueres bovinos*

265 Analisando a Tabela 6, podemos observar que nos tempos de 1 e 45 dias as formulações F1 e F2  
266 apresentaram os maiores valores de  $L^*$  ( $p<0,05$ ), seguidas das formulações F3 e F4, apesar das formulações  
267 F2 e F3, não diferirem entre si ( $p>0,05$ ) no tempo de 1 dia. No entanto, aos 90 dias de armazenamento, a  
268 formulação F4 diferiu das demais formulações apresentando o menor valor de  $L^*$ , demonstrando que a  
269 concentração de 2,5% de extrato de erva-mate influenciou nesse parâmetro, deixando os hambúrgueres bovinos  
270 mais escuros. Quanto aos valores de  $L^*$  para a mesma formulação durante o armazenamento, houve um  
271 aumento ( $p<0,05$ ) em todas as formulações aos 45 dias de armazenamento e se manteve ( $p>0,05$ ) durante o  
272 período de armazenamento (90 dias a  $-18^{\circ}\text{C}$ ), com exceção da formulação F1 que não apresentou diferença  
273 ( $p>0,05$ ) em relação ao tempo de 1 dia (Tabela 6).

274 Aumento nos valores de  $L^*$  também foram relatados por López-Vargas et al. (2014) para  
275 hambúrgueres suínos adicionados de pó de albedo de maracujá., estes autores atribuíram o escurecimento

276 devido fato do pó de albedo de maracujá ser composto estruturalmente por macromoléculas que são reidratadas  
277 e permanecem fora da matriz cárnea, o mesmo também pode ter ocorrido com os hambúrgueres bovinos pelo  
278 fato do extrato de erva-mate ter sido elaborado com maltodextrina e apresentar propriedades higroscópicas.

279 No tempo inicial de armazenamento (1 dia), a formulação F2 apresentou os maiores valores de  $a^*$ ,  
280 seguida das formulações F1, F3 e F4 (Tabela 6). E aos 45 e 90 dias de armazenamento, a formulação F1,  
281 apresentou os maiores valores de  $a^*$ , seguida da F2, F3 e da F4, indicando que a concentração de extrato de  
282 erva-mate influenciou na cor dos hambúrgueres bovinos, os quais apresentaram coloração vermelha menos  
283 intensa. Houve redução nos valores de  $a^*$  para todas as formulações aos 45 dias de armazenamento e se  
284 manteve aos 90 dias de armazenamento, com exceção da formulação F4 que apresentou menores valores de  
285  $a^*$  em relação aos outros tempos de armazenamento, apresentando menor intensidade de cor vermelha.

286 Nos tempos de 1 e 45 dias de armazenamento, a formulação F4 apresentou os maiores valores de  $b^*$ ,  
287 seguida das formulações F1 e F2, que não diferiram entre si ( $p>0,05$ ) e da formulação F3 (Tabela 6). Após 90  
288 dias de armazenamento, a formulação F4, apresentou maior valor, seguida da F2, F1 e F3, que apresentou  
289 menores valores de  $b^*$ , apesar de não ter diferido ( $p>0,05$ ) da formulação F1. Houve, uma redução nos valores  
290 de  $b^*$  aos 45 dias de armazenamento, seguido de um aumento aos 90 dias de armazenamento (Tabela 6).

291 A adição de 2,5% de extrato de erva-mate (F4) alterou a coloração dos hambúrgueres tornando-os  
292 mais escuros, mais amarelados e menos avermelhados, isto é, devido a coloração do extrato de erva-mate  
293 ( $L^*75,33$ ,  $a^*-1,10$ ,  $b^* 19,36$ ), no entanto, a adição de 1,25% de extrato de erva-mate (F3) não promoveu  
294 alterações na coloração quando comparada com F1 e F2 e manteve a coloração mais estável durante o período  
295 de armazenamento.

296

### 297 *Avaliação da oxidação lipídica dos hambúrgueres bovinos*

298 Em relação a oxidação lipídica (Tabela 7), a formulação F4 (2,5% de extrato de erva-mate),  
299 apresentou a maior oxidação lipídica ( $p<0,05$ ) nos tempos de 1, 6 e 15 dias, seguida das formulações F1, F2 e  
300 F3 que não diferiram entre si ( $p>0,05$ ). Aos 30 dias de armazenamento a formulação F2 apresentou a menor  
301 oxidação lipídica ( $p<0,05$ ), seguida da formulação F3 (1,25% de extrato de erva-mate) e F1 (controle), que não  
302 diferiram entre si ( $p>0,05$ ), e da F4, formulação com maiores valores de TBARS.

303 Após 45, 60 e 90 dias de armazenamento foi observado que a formulação F2 (antioxidante sintético)  
304 foi a formulação que se apresentou menos oxidada ( $p<0,05$ ), seguida da formulação F3 (1,25% de extrato de  
305 erva-mate), F4 e F1 (controle), sendo que as duas últimas apresentaram maiores valores de TBARS não  
306 diferindo entre si ( $p>0,05$ ).

307 Os valores de TBARS variaram durante o período de armazenamento de 0,23 a 0,53 mg de TBARS  
308  $\text{kg}^{-1}$  de amostra. Apesar disso, nenhuma formulação apresentou valores de TBARS acima do limiar de detecção  
309 humano (0,5 a 1,0 mg de TBARS  $\text{kg}^{-1}$ ) (De Carli et al., 2013), caracterizado pelo aparecimento do sabor de  
310 ranço.

311 Quanto a oxidação lipídica durante o tempo de armazenamento para a mesma formulação, observou-  
312 se um aumento evidente na oxidação lipídica aos 90 dias de armazenamento a  $-18^\circ\text{C}$  para as formulações F1  
313 (controle) e F4 (Tabela 7), mostrando que houve uma maior estabilidade oxidativa para as formulações F2

314 (antioxidante sintético) e F3 (1,25% de extrato de erva-mate). Uma vez que a análise de TBARS quantifica os  
315 produtos secundários formados pela decomposição de hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados  
316 (Fernandes et al. 2017). A concentração de 1,25% de extrato de erva-mate (extrato natural) parece ter inibido  
317 a formação de compostos secundários da oxidação lipídica, reduzindo a conversão para malonaldeído, a mesma  
318 observação foi feita por Fernandes et al. (2017) ao adicionarem extrato de orégano em hambúrguer de cordeiro  
319 e por Aguiar et al. (2022) ao avaliarem hambúrgueres de peixe adicionados de erva-mate micronizada, o qual  
320 verificou que a erva-mate micronizada adicionada em níveis de 1,5% a 2,0% não conseguiu impedir a oxidação  
321 primária. No entanto, após longos períodos de conservação, o efeito começa a ser percebido, o que pode ser  
322 confirmado pela redução da oxidação secundária, através dos resultados do TBARS, ao longo do tempo. Esse  
323 efeito pode ser atribuído à presença de ácidos clorogênicos na erva-mate, que tem sido amplamente estudada  
324 e aplicada devido à sua capacidade antioxidante (Aguiar et al., 2022).

325 Destaca-se que a formulação F3 (1,25% de extrato de orégano), juntamente com a formulação F2  
326 (eritorbato de sódio) foram as formulações que apresentaram os valores mais baixos de oxidação lipídica,  
327 demonstrando que a adição de 1,25% de extrato de erva-mate foi a concentração que pareceu ser ideal para  
328 manutenção da cor e inibição da oxidação lipídica.

329

### 330 **Conclusão**

331 O extrato de erva-mate seco por spray dryer apresentou capacidade antioxidante adequada e estável  
332 durante o período de armazenamento. A adição de 1,25% de extrato de erva-mate em hambúrgueres bovinos  
333 foi considerada a ideal para inibição da oxidação lipídica e manutenção da cor, sem alterar os demais  
334 parâmetros de qualidade como dureza, elasticidade, resiliência, rendimento, encolhimento e perda de peso por  
335 cocção. Tornando assim, interessante a utilização de antioxidantes naturais em substituição aos antioxidantes  
336 sintéticos para o controle da oxidação lipídica em produtos cárneos.

337

### 338 **Agradecimentos**

339 Os autores agradecem a Universidade Estadual de Londrina (UEL), Coordenação de  
340 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-graduação em Ciências de  
341 Alimentos da UEL.

342

### 343 **Referências**

344 Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (2020). *Resolução - RDC nº 429 de 8 de outubro de*  
345 *2020. Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados*. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal,  
346 Brasil. Recuperado de <https://antigo.anvisa.gov.br>.

347 Aguiar, R.S., Pretto, A., Villanova, J. V., Dias, K. C., Bender, A. B. B., Klinger, A. C. K., Silva, L. P., &  
348 Ferrigolo, F. R. G. (2022). Effects of micronized yerba mate on physicochemical, oxidative stability, and  
349 cooking characteristics of fish Burger. *Journal Processing and Preservation*, 46(e17094), 1-10. doi:  
350 10.1111/jfpp.17094

351 Association Of Official Analytical Chemists (AOAC). (1995). *Official Methods of Analysis of the AOAC*  
352 *International*. 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington: AOAC.

- 353 Bastos, S. C., Pimenta, M. E. S. G., Pimenta, C. J., Reis, T. A., Nunes, C. A., Pinheiro, A. C. M., Fabrício, L.  
354 F. F., & LeaL, R. S. (2014). Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory  
355 characteristics. *Journal Food Science Technology*, 51(9), 2046–2053. doi: 10.1007/s13197-013-1233-2.
- 356 Benzie, I. F. F. & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of  
357 “Antioxidant Power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(292), 70-76. doi:  
358 10.1006/abio.1996.0292
- 359 Bernardino Filho, R., Oliveira, C. P., Gomes, Q. O. (2012). Elaboração de hambúrguer bovino adicionado de  
360 inulina como ingrediente funcional prebiótico e substituto de gordura. *Revista Verde de Agroecologia e*  
361 *Desenvolvimento Sustentável*, 7(4), 33-37.
- 362 Berry, B. W. (1992). Low fat level effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of low-fat beef  
363 patties. *Journal of Food Science*, 57(3), 537–540. doi: 10.1111/j.1365-2621.1992.tb08037.x
- 364 Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32(7), 62– 66. doi: 10.1111/j.1745-  
365 4603.1978.tb01219.x
- 366 Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate  
367 Antioxidant Activity. *Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. doi: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- 368 Budin, A. C., Takano, L. V., Alvim, I. D., & Moura, S. C. S. R. (2023). Stability of yerba mate extract,  
369 evaluation of its microencapsulation by ionic gelation and fluidized bed drying. *Helyion*, 9(2023), e16611.  
370 doi: 10.1016/j.helyion.2023.e16611
- 371 Câmara, A. K. F. I., Fujimoto, G., Ribeiro, M. C. E., Novello, D., & Pollonio, M. A. R. (2017). Efeito da  
372 adição de extrato de alecrim, chá verde e óleo de linhaça sobre a estabilidade oxidativa, propriedades físico-  
373 químicas e sensoriais de hambúrguer bovino. *B. CEPPA*, 35(1), 1-14.
- 374 Carvalho, F. A. L., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba-Orellana, S., Mattar, J., Brncic, S. R., Barba, F. J., &  
375 Lorenzo, J. M. (2019). Replacement of meat by spinach on physicochemical and nutritional properties of  
376 chicken burgers. *Journal of Food Processing Preservation*, 43(e13935), 1-8. doi: 10.1111/jfpp.13935
- 377 Contini, C., Álvarez, R., O’Sullivan, M., Dowling, D. P., Gargan, S. O., & Monahan, F. J. (2014). Effect of an  
378 active packaging with citrus extract on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. *Meat*  
379 *Science*, 96(2014), 1171-1176. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.11.007
- 380 Dal Bosco, A., Mattioli, S., Matics, Z., Szendrő, Z., Gerencsér, Z., Mancinelli, A. C., Kovács, M., Cullere, M.,  
381 Castellini, C., & Dalle Zotte, A. (2019). The antioxidant effectiveness of liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.)  
382 extract administered as dietary supplementation and/or as a burger additive in rabbit meat. *Meat Science*,  
383 158(2019), 107921. doi: 10.1016/j.meatsci.2019.107921
- 384 De Carli, E. M., Terra, N. N., Fries, L. L. M., Menezes, C. R., & Palezi, S. C. (2013). Descontaminação de  
385 cortes suínos com ácidos orgânicos comerciais, solução salina acidificada e luz ultravioleta. *Semina:*  
386 *Ciências Agrárias*, 34(3), 1195-1204. doi: 10.5433/1679-0359.2013v34n3p1195
- 387 Ferreira, R. A. R., & Silva, R. H. (2018). Avaliação da composição centesimal de hambúrgueres bovinos  
388 encontrados nos mercados de Uberaba. *Higiene Alimentar*, 32(278/279), 79-84.
- 389 Ferreira, E. L., Sampaio, G. R., Torres, E. A. F. S., & Bastos, D. H. M. (2011). Natural Antioxidant from Yerba  
390 Maté (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Prevents Hamburger Peroxidation. *Brazilian Archives Biology*  
391 *Technology*, 54(4), 803-809.
- 392 Fernandes, R. P. P., Trindade, M. A., Tonin, F. G., Pugine, S. M., Lima, C. G., Lorenzo, J. M., & Melo, M. P.  
393 (2017). Evaluation of oxidative stability of lamb burger with *Origanum vulgare* extract. *Food Chemistry*  
394 233(2017), 101-109. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.04.100

- 395 Fontan, R. C. I., Rebouças, K. H., Veríssimo, L. A. A., Machado, A. P. F., Fontan, G. C. R., & Bonomo, R. C.  
396 F. (2011). Influência do tipo de carne, adição de fosfato e proteína texturizada de soja na perda de peso por  
397 cocção e redução do tamanho de hambúrgueres. *Alimentos e Nutrição*, 22(3), 429-434.
- 398 Ghabraie, M., Vu, K. D., Tata, L., Salmieri, S., & Lacroix, M. (2016). Antimicrobial effect of essential oils in  
399 combinations against five bacteria and their effect on sensorial quality of ground meat. *LWT-Food Science  
400 and Technology*, 66(2016), 332-339. doi: 10.1016/j.lwt.2015.10.055
- 401 Gonçalves, L. D. A., & Magalhães, G. L. (2018). Hambúrguer bovino com substituição de gordura por farinha  
402 da casca de maracujá. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 13(4), 489-494. doi:  
403 10.18378/rvads.v13i4.5773
- 404 Kumazawa, S., Hamasaka, T., & Nakayama, T. (2004). Antioxidant activity of propolis of various geographic  
405 origins. *Food Chemistry*, 84(1), 329-339. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00216-4
- 406 Jayasena, D. D., & Jo, C. (2014). Potential Application of Essential Oils as Natural Antioxidants in Meat and  
407 Meat Products: A Review. *Food Reviews International*, 30(1), 71-90. doi: 10.1080/87559129.2013.853776
- 408 Leão, L. L., Oliveira, F. S., Souza, R. S., Farias, P. K. S., Fonseca, F. S. A., Martins, E. R., & Souza, R. M.  
409 (2017). Uso de antioxidantes naturais em carnes e seus subprodutos. *Caderno de Ciências Agrárias*, 9(1),  
410 94-100.
- 411 López-Vargas, J. H., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2014). Quality  
412 characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit  
413 (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. *Meat Science*, 97(2014), 270-276. doi:  
414 10.1016/j.meatsci.2014.02.010
- 415 Machado, A. A. R., Peixoto, N. C., Hautrive, T. P., Uczay, J., & Bezerra, A. S. (2020). Efeito Antioxidante  
416 da *Ilex paraguariensis* e Condimentos na Oxidação Lipídica de Filés de *Oreochromis niloticus*. *Revista  
417 Contexto e Saúde*, 20(39), 35-40. doi: 10.21527/2176-7114.2020.39.35-40
- 418 Mancini, S., Paci, G., Fratini, F., Torracca, B., Nuvoloni, R., Dal Bosco, A., Roscini, V., & Preziuso, G. (2017).  
419 Improving pork burgers quality using *Zingiber officinale* Roscoe powder (ginger). *Meat Science*,  
420 129(2017), 161-168. doi: 10.1016/j.meatsci.2017.03.004
- 421 Mantovani, D., Corazza, M. L., Filho, L. C., & Costa, S. C. (2011). Avaliação higiênico-sanitária de linguiças  
422 tipo frescal após inspeção sanitária realizada por órgãos federal, estadual e municipal na região noroeste do  
423 Paraná. *Revista Saúde e Pesquisa*, 4(3), 357-362.
- 424 Mateos, R., Baeza, G., Sarriá, B., & Bravo, L. (2018). Improved LC-MSn characterization of hydroxycinnamic  
425 acid derivatives and flavonols in different commercial mate (*Ilex paraguariensis*) brands. Quantification of  
426 polyphenols, methylxanthines, and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 241(2018), 232-241. doi:  
427 10.1016/j.foodchem.2017.08.085
- 428 Meinhart, A. D., Bizzotto, C. S., Ballus, C. A., Rybka, A. C. P., Sobrinho, M. R., Cerro-Quintana, R. S.,  
429 Teixeira-Filho, J., Godoy, H. T. (2010). Methylxanthines and Phenolics Content Extracted during the  
430 Consumption of Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Beverages. *Journal Agricultural and Food Chemistry*,  
431 58, 2188-2193. doi: 10.1021/jf903781w
- 432 Milani, L. I. G., Terra, N. N., Fries, L. L. M., & Kubota, E. H. (2012). Efeito de extratos de caqui (*Diospyros  
433 kaki* L.) cultivar Rama Forte e do extrato oleoso de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) nas características  
434 sensoriais e na estabilidade da cor de hambúrguer de carne bovina congelado. *Semina: Ciências Agrárias*.  
435 33(3), 1085-1093. Doi: 10.5433/1679-0359.2012v33n3p1085  
436
- 437 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2022). Portaria DAS nº 724, de 23 de  
438 dezembro de 2022. *Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do hambúrguer*. Diário Oficial da

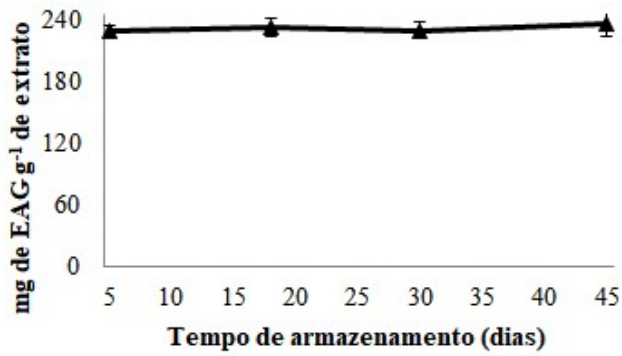
- 439 União, Brasília, Distrito Federal, Brasil. Recuperado de <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-sda-440>  
440 n-724-de-23-de-dezembro-de-2022-453548742.
- 441 Moretto, A., Byruchko, R. T., Modesto, E. C., Motta, A. S., Friedrich, M. T., & Rezzadori, K. (2020). Effect  
442 of olive oil replacement on physicochemical, technological, and microbiological properties of buffalo  
443 burger modification. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(e14624), 1-8. doi:  
444 10.1111/jfpp.14624
- 445 Oliveira, R. R., Lage, M. E., Neto Silveira, O. J., & Sales, M. C. (2012). Antioxidantes naturais em produtos  
446 cárneos. *PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, 6(10), 1319-1324.
- 447 Oliveira, D. F., Mileski, J. P. F., Carli, C. G., Marchi, J. F., Silva, D. C., Coelho, A. R., & Tonial, I. B. (2014).  
448 Farinha de linhaça dourada como substituto de gordura animal em hambúrguer de carne bovina com  
449 redução de sódio. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17(4), 273-282. Doi: 10.1590/1981-6723.0714
- 450 Pereira, L. F. S., Inácio, M. L. C., Pereira, R. C., & De Angelis-Pereira, M. C. (2015). Prevalência de Aditivos  
451 em Alimentos Industrializados Comercializados em uma Cidade do Sul de Minas Gerais. *Revista Ciências*  
452 *Em Saúde*, 5(3), 46–52. doi: 10.21876/rcsfmit.v5i3.381
- 453 Pereira, D., Pinheiro, R. S., Heldt, L. F. S., Moura, C., Bianchin, M., Almeida, J. F., Reis, A. S., Ribeiro, I. S.,  
454 Haminiuk, C. W. I., & Carpes, S. T. (2017). Rosemary as natural antioxidant to prevent oxidation in chicken  
455 burgers. *Food Science and Technology*, 37(Suppl. 1), 17-23. doi: 10.1590/1678-457X.31816
- 456 Quadros, D. A., & Rodrigues, F. M. (2020). Avaliação de diferentes formulações com redução de sódio e  
457 adição de antioxidante natural em hambúrguer bovino. *Brazilian Journal of Food Research*, 11(2), 124-  
458 141.
- 459 Ribeiro, W. O., Ozaki, M. M., Santos, M., Rodríguez, A. P., Pflanzer, S. B., & Pollonio, M. A. R. (2021).  
460 Interaction between papain and transglutaminase enzymes on the textural softening of burgers. *Meat*  
461 *Science*, 174(2021), 108421. doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108421
- 462 Ribeiro, J. S., Santos, M. J. M. C., Silva, L. K. R., Pereira, L. C. L., Santos, I. A., Lannes, S. C. S., & Silva,  
463 M. V. (2019). Natural antioxidants used in meat products: A brief review. *Meat Science*, 148(2019), 181-  
464 188. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.10.016
- 465 Rios-Mera, J. D., Saldaña, E., Cruzado-Bravo, M. L. M., Patinho, I., Selani, M. M., Valentin, D., Contreras-  
466 Castillo, C. J. (2019). Reducing the sodium content without modifying the quality of beef burgers by adding  
467 micronized salt. *Food Research International*, 121(2019), 288-295. doi: 10.1016/j.foodres.2019.03.044
- 468 Rosa, C. S., Kubota, E., Stein, M., Nogara, G. P., & Vizzoto, M. (2013). Avaliação do efeito de extrato de  
469 farinha de alfarroba (*Ceratonia siliqua L.*) na estabilidade oxidativa e cor de hambúrgueres congelados.  
470 *Semina: Ciências Agrárias*, 34(5):93-98. doi: 10.5433/1679-0359.2013v34n5p2277
- 471 Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Morais, S. M., Sampaio, C. G., Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto,  
472 F. D. (2007). *Metodologia Científica: determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela*  
473 *Captura do Radical Livre DPPH*. (Comunicado Técnico online 127). Fortaleza: Empresa Brasileira de  
474 Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Recuperado de  
475 [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10224/1/Cot\\_127.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/10224/1/Cot_127.pdf).
- 476 Sánchez-González, I., Jiménez-Escrig, A., & Saura-Calixto, F. (2005). In vitro antioxidant activity of coffees  
477 brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). *Food Chemistry*, 90(1),133-139. doi:  
478 :10.1016/j.foodchem.2004.03.037
- 479 Savoldi, D. C., Mendonça, F. J., Vicenzi, B. G., Marchi, D. F., Marchi, J. F., Tonial, I. B., & Soares, A. L.  
480 (2021). Evaluation of traditional Brazilian sausage (linguiça calabresa) elaborated with oregano and basil  
481 extracts as natural antioxidants. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(6), 3757-3776. doi: 10.5433/1679-  
482 0359.2021v42n6Supl2p3757

- 483 Silva, F. L., Silva, T. S., Vargas, F. C., Franzolin, R., & Trindade, M. A. (2014). Nota Científica:  
484 Características físico-químicas e aceitação sensorial de hambúrguer de búfalo em comparação com  
485 hambúrguer bovino. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17(4), 340-344. doi: 10.1590/1981-6723.2614
- 486 Silva, B. D., Bernardes, P. C., Pinheiro, P. F., Fantuzzi, E., & Roberto, C.D. (2021). Chemical composition,  
487 extraction sources and action mechanisms of essential oils: Natural preservative and limitations of use in  
488 meat products. *Meat Science*, 176, 108463. doi: 10.1016/j.meatsci.2021.108463
- 489 Silvestre M. K. S. et al. Avaliação da qualidade da carne bovina *in natura* comercializada no Município de  
490 Alexandria – RN. *Acta Veterinária Brasilica*, 7(4), 327 – 331; 2013.
- 491 Statsoft (2005). *Statistica*. Release 7. Copyright.
- 492 Tarladgis, B. G., Pearson, A. M., & Dugan Jun, L. R. (1964). Chemistry of the 2- thiobarbituric acid test for  
493 determination of oxidative rancidity in foods – II Formation of the TBA – Malonaldehyde complex without  
494 acid-heat treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 15(9), 602-607. doi:  
495 10.1002/jsfa.2740150904
- 496 Troy, D. J., Desmond, E. M., & Buckey, D. J. (1999). Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-  
497 replacing functional blends. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 507–516. doi:  
498 10.1002/(SICI)1097- 0010(19990315)79:4%3c507::AID-JSFA209%3e3.0.CO;2-6.
- 499 Tonet, A., Zara, R. F., & Tiunan, T.S. (2019). Biological activity and quantification of bioactive compounds  
500 in yerba mate extract and its application in fish hamburger. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22  
501 (e2018054), 1-12. doi: 10.1590/1981-6723.05418
- 502
- 503
- 504
- 505
- 506
- 507
- 508
- 509
- 510
- 511
- 512
- 513
- 514
- 515
- 516
- 517
- 518
- 519
- 520

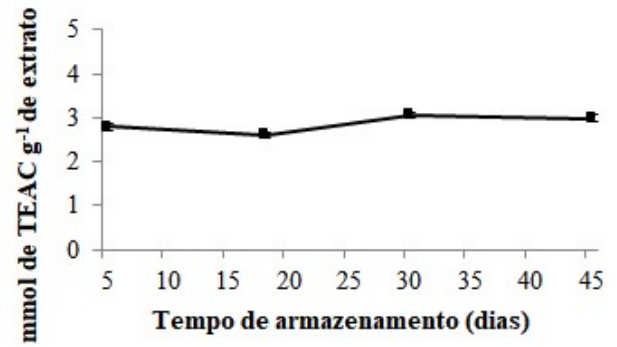
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550

**Tabela 1** Formulações de hambúrgueres bovinos F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate

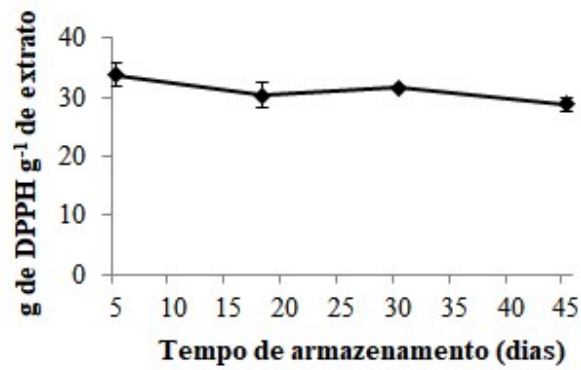
Ingredientes (%)	F1	F2	F3	F4
Carne bovina moída (Patinho)	63,74	63,49	62,49	61,24
Gordura animal (Toucinho)	20,00	20,00	20,00	20,00
Proteína isolada de soja	4,00	4,00	4,00	4,00
Água gelada	10,00	10,00	10,00	10,00
Sal	1,70	1,70	1,70	1,70
Alho em pó	0,25	0,25	0,25	0,25
Cebola em pó	0,11	0,11	0,11	0,11
Pimenta branca em pó	0,20	0,20	0,20	0,20
Eritorbato de sódio	0,00	0,25	0,00	0,00
Extrato de erva-mate	0,00	0,00	1,25	2,5
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>



(A)



(B)



(C)

551  
552 **Figura 1.** Avaliação da capacidade redutora (A) pelo método Folin-Ciocalteu e atividade antioxidante pelos  
553 métodos de FRAP (B) e DPPH (C) do extrato seco de erva-mate durante 45 dias de armazenamento a -18°C.

554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570

571  
572  
573  
574

**Tabela 2 Composição química aproximada das formulações de hambúrgueres bovinos, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate**

Parâmetros	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
Lipídios (%)	10,99 <sup>c</sup> ± 0,29	11,58 <sup>bc</sup> ± 0,16	12,42 <sup>b</sup> ± 0,22	15,91 <sup>a</sup> ± 0,17
Proteínas (%)	18,73 <sup>a</sup> ± 1,01	17,59 <sup>a</sup> ± 0,29	17,70 <sup>a</sup> ± 1,70	17,84 <sup>a</sup> ± 0,34
Umidade (%)	59,56 <sup>ab</sup> ± 0,74	59,86 <sup>a</sup> ± 0,42	58,24 <sup>bc</sup> ± 0,07	58,05 <sup>c</sup> ± 0,66
Cinzas (%)	2,63 <sup>b</sup> ± 0,04	2,70 <sup>ab</sup> ± 0,04	2,69 <sup>ab</sup> ± 0,04	2,80 <sup>a</sup> ± 0,07

575  
576  
577  
578  
579

Média ± desvio padrão.

<sup>a-c</sup> A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres bovinos (Tukey,  $p > 0,05$ ).

580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603

604 **Tabela 3** Rendimento, taxa de encolhimento e perda de peso após cocção e capacidade de retenção  
 605 **de água (CRA) de hambúrgueres bovinos, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2:**  
 606 **formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com**  
 607 **1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate**

Parâmetros	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
Rendimento após cocção (%)	74,30 <sup>a</sup> ± 3,57	69,17 <sup>a</sup> ± 6,85	70,01 <sup>a</sup> ± 2,62	72,79 <sup>a</sup> ± 2,09
Taxa de encolhimento (%)	28,27 <sup>a</sup> ± 4,31	32,51 <sup>a</sup> ± 6,21	31,58 <sup>a</sup> ± 3,81	29,04 <sup>a</sup> ± 3,61
Perda de peso após cocção (%)	25,70 <sup>a</sup> ± 3,57	30,83 <sup>a</sup> ± 6,85	29,99 <sup>a</sup> ± 2,62	27,21 <sup>a</sup> ± 2,09
Capacidade de retenção de água (%)	94,73 <sup>a</sup> ± 0,15	94,34 <sup>b</sup> ± 0,11	94,25 <sup>b</sup> ± 0,12	93,93 <sup>c</sup> ± 0,06

608 Média ± desvio padrão.

609 <sup>a-c</sup>A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres  
 610 bovinos (Tukey, p>0,05).  
 611  
 612  
 613  
 614  
 615  
 616  
 617  
 618  
 619  
 620  
 621  
 622  
 623  
 624  
 625  
 626  
 627  
 628  
 629  
 630  
 631  
 632  
 633  
 634  
 635

636  
637  
638  
639

**Tabela 4 Perfil de textura (TPA) de hambúrgueres de bovinos, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate**

Parâmetros – TPA	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
Dureza (N)	40,63 <sup>a</sup> ± 12,56	47,80 <sup>a</sup> ± 13,31	49,14 <sup>a</sup> ± 17,00	48,86 <sup>a</sup> ± 17,33
Elasticidade (mm)	1,04 <sup>a</sup> ± 0,34	1,20 <sup>a</sup> ± 0,57	1,20 <sup>a</sup> ± 0,60	1,01 <sup>a</sup> ± 0,16
Coabilidade	0,45 <sup>b</sup> ± 0,07	0,47 <sup>ab</sup> ± 0,05	0,50 <sup>a</sup> ± 0,07	0,48 <sup>ab</sup> ± 0,05
Mastigabilidade (N)	21,35 <sup>b</sup> ± 9,93	27,08 <sup>ab</sup> ± 9,44	29,61 <sup>a</sup> ± 9,95	27,41 <sup>ab</sup> ± 9,32
Resiliência	15,95 <sup>a</sup> ± 6,80	15,71 <sup>a</sup> ± 3,39	17,43 <sup>a</sup> ± 3,06	16,88 <sup>a</sup> ± 3,48

640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667

Média ± desvio padrão.

<sup>a-b</sup>A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres bovinos (Tukey,  $p > 0,05$ ).

668  
669  
670  
671

**Tabela 5 Avaliação de pH e atividade de água de hambúrgueres bovinos, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate**

Dias de estocagem a -18°C	Formulações	Parâmetros	
		pH	Atividade de água
01	F1	6,16 <sup>aB</sup> ± 0,02	0,96 <sup>aB</sup> ± 0,002
	F2	6,17 <sup>aB</sup> ± 0,01	0,96 <sup>aB</sup> ± 0,002
	F3	6,14 <sup>aA</sup> ± 0,02	0,97 <sup>aB</sup> ± 0,002
	F4	6,13 <sup>aA</sup> ± 0,02	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,001
45	F1	6,20 <sup>bA</sup> ± 0,02	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,003
	F2	6,26 <sup>aA</sup> ± 0,02	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,002
	F3	6,14 <sup>cA</sup> ± 0,01	0,98 <sup>aA</sup> ± 0,001
	F4	6,11 <sup>cA</sup> ± 0,01	0,97 <sup>aA</sup> ± 0,004
90	F1	6,06 <sup>aC</sup> ± 0,01	0,98 <sup>abA</sup> ± 0,003
	F2	6,07 <sup>aC</sup> ± 0,02	0,98 <sup>aA</sup> ± 0,005
	F3	6,08 <sup>aB</sup> ± 0,02	0,97 <sup>abAB</sup> ± 0,003
	F4	6,02 <sup>bb</sup> ± 0,02	0,97 <sup>bA</sup> ± 0,005

672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691

<sup>a-c</sup>A mesma letra minúscula na coluna indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres bovinos (Tukey,  $p > 0,05$ ).

<sup>A-C</sup>A mesma letra maiúscula na coluna indica ausência de diferença entre os dias de armazenamento para a mesma formulação.

692  
693  
694  
695

**Tabela 6** Parâmetros de cor, luminosidade (L\*), componente vermelho-verde (a\*), componente amarelo-azul (b\*) de hambúrgueres bovinos, F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate

Dias	Formulações	Parâmetros de cor		
		L*	a*	b*
01	F1	56,83 <sup>aB</sup> ± 1,19	14,92 <sup>bA</sup> ± 0,65	12,43 <sup>bcA</sup> ± 0,55
	F2	55,75 <sup>abB</sup> ± 1,54	16,32 <sup>aA</sup> ± 1,07	12,65 <sup>bA</sup> ± 0,32
	F3	54,74 <sup>bB</sup> ± 1,34	8,73 <sup>cA</sup> ± 0,46	12,15 <sup>cA</sup> ± 0,44
	F4	51,69 <sup>cB</sup> ± 1,67	7,97 <sup>dA</sup> ± 0,71	13,77 <sup>aA</sup> ± 0,69
45	F1	57,82 <sup>aA</sup> ± 0,85	9,99 <sup>aB</sup> ± 0,52	8,38 <sup>bcC</sup> ± 0,72
	F2	58,14 <sup>aA</sup> ± 1,03	9,36 <sup>bB</sup> ± 0,55	8,61 <sup>bC</sup> ± 0,72
	F3	56,44 <sup>bA</sup> ± 0,92	5,78 <sup>cB</sup> ± 0,36	7,88 <sup>cC</sup> ± 0,80
	F4	55,53 <sup>cA</sup> ± 1,19	4,78 <sup>dB</sup> ± 0,36	10,76 <sup>aC</sup> ± 0,86
90	F1	57,46 <sup>aAB</sup> ± 1,35	9,91 <sup>aB</sup> ± 0,59	9,44 <sup>cB</sup> ± 1,14
	F2	58,05 <sup>aA</sup> ± 1,56	9,02 <sup>bB</sup> ± 0,58	10,95 <sup>bB</sup> ± 0,89
	F3	57,15 <sup>aA</sup> ± 1,00	5,89 <sup>cB</sup> ± 0,44	9,49 <sup>cB</sup> ± 0,68
	F4	55,45 <sup>bA</sup> ± 0,94	4,19 <sup>dC</sup> ± 0,20	12,76 <sup>aB</sup> ± 0,60

696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716

Média ± desvio padrão;

<sup>a-d</sup>A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres bovinos (Tukey,  $p > 0,05$ );

<sup>A-C</sup>A mesma letra maiúscula na coluna indica ausência de diferença entre os dias de armazenamento para a mesma formulação.

717  
718  
719  
720

**Tabela 7** Oxidação lipídica (mg de TBARS kg<sup>-1</sup> de amostra) de hambúrgueres bovinos F1: formulação controle (sem antioxidante); F2: formulação com adição antioxidante sintético (0,25% de eritorbato de sódio); F3: formulação com 1,25% extrato de erva-mate; F4: formulação com 2,5% de extrato de erva-mate

Dias de estocagem a -18°C	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
1	0,26 <sup>bD</sup> ± 0,01	0,23 <sup>bDE</sup> ± 0,02	0,26 <sup>bC</sup> ± 0,02	0,38 <sup>aB</sup> ± 0,02
6	0,23 <sup>bD</sup> ± 0,02	0,20 <sup>bE</sup> ± 0,01	0,24 <sup>bC</sup> ± 0,004	0,38 <sup>aB</sup> ± 0,02
15	0,35 <sup>bC</sup> ± 0,02	0,31 <sup>bA</sup> ± 0,004	0,35 <sup>bAB</sup> ± 0,03	0,44 <sup>aB</sup> ± 0,04
30	0,37 <sup>bBC</sup> ± 0,002	0,29 <sup>cABC</sup> ± 0,01	0,37 <sup>bAB</sup> ± 0,01	0,40 <sup>aB</sup> ± 0,003
45	0,39 <sup>aB</sup> ± 0,02	0,27 <sup>cBCD</sup> ± 0,02	0,33 <sup>bB</sup> ± 0,02	0,40 <sup>aB</sup> ± 0,02
60	0,40 <sup>aB</sup> ± 0,01	0,29 <sup>cAB</sup> ± 0,01	0,35 <sup>bAB</sup> ± 0,02	0,42 <sup>aB</sup> ± 0,01
90	0,53 <sup>aA</sup> ± 0,004	0,25 <sup>cCD</sup> ± 0,01	0,40 <sup>bA</sup> ± 0,03	0,52 <sup>aA</sup> ± 0,03

721  
722  
723  
724

<sup>a-c</sup>A mesma letra minúscula na linha indica ausência de diferença entre as formulações de hambúrgueres bovinos (Tukey, p>0,05).

<sup>A-D</sup>A mesma letra maiúscula na coluna indica ausência de diferença entre os dias de armazenamento para a mesma formulação.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tipo de cultivo (erva-mate sombreada e pleno sol) não influenciou na composição química e parâmetros físico-químicos da erva-mate, com exceção do teor de fósforo que foi maior para a erva-mate pleno sol, indicando que a forma de cultivo nas condições avaliadas exerceu pouca influência na composição química.

A erva-mate comercial apresentou maiores variações entre os parâmetros avaliados, provavelmente devido a heterogeneidade e mistura de vários tipos de ervas-mate e ao período de beneficiamento e armazenamento, visto que, as amostras de erva-mate pleno sol e sombreada foram colhidas e processadas artesanalmente e exclusivamente para este trabalho.

Os resultados da atividade antioxidante demonstraram que o tipo de cultivo (pleno sol e sombreada) da erva-mate influenciou na capacidade antioxidante observado nos diferentes métodos e extrações avaliados. A extração hidroalcolica apresentou melhor resultado para atividade antioxidante, independentemente do tipo de erva-mate.

Foram identificados nos extratos de erva-mate, quatro compostos bioativos, sendo eles, ácido clorogênico, teobromina, cafeína e rutina. O extrato a quente foi tão eficiente quando o hidroalcolico para extração dos compostos bioativos, entre os tipos de erva-mate, contudo, a erva-mate comercial apresentou menor conteúdo de cafeína para extração com água quente que a erva-mate sombreada e pleno sol.

Embora a extração hidroalcolica tenha sido mais eficiente, a infusão em água quente e fria também proporcionaram elevada atividade antioxidante demonstrando potencial de utilização dos extratos de erva-mate em alimentos para controle da oxidação lipídica.

O extrato de erva-mate sombreada seco em *spray dryer* apresentou boa capacidade antioxidante pelos métodos avaliados e sua capacidade redutora permaneceu estável durante o período de armazenamento.

Quanto a aplicação do extrato de erva-mate sombreada seco em *spray dryer* em hambúrguer de tilápia, foi verificado que a formulação F3, com adição de 1,25% de extrato de erva-mate mostrou-se tão eficiente quanto a adição de eritorbato de sódio, no combate a oxidação lipídica, sem comprometer parâmetros de proteínas e cinzas, atividade de água, dureza, coesividade, rendimento, encolhimento e perda de peso por cocção.

Assim, como para os hambúrgueres de tilápia, a adição de 1,25% de erva-mate na formulação de hambúrguer bovino apresentou se mais eficiente no controle da oxidação lipídica, do que a formulação com adição de 2,5% de erva-mate, ficando atrás apenas da

formulação com adição de antioxidante sintético. Além de manter estáveis os parâmetros de cor, dureza, elasticidade, resiliência, rendimento, encolhimento e perda de peso por cocção.

Considerando os resultados obtidos na oxidação lipídica, torna-se interessante a utilização de antioxidantes naturais em substituição ou associação aos antioxidantes sintéticos para o controle da oxidação lipídica em produtos cárneos, como hambúrgueres, no entanto, mais estudos com outras concentrações de extratos devem ser realizados.