



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

GISELE DA SILVA POLVARINI

**VIABILIDADE DO USO DE EXTRATO TOTAL AQUOSO DE CAFÉ VERDE (*Coffea
canephora*) COMO ANTIOXIDANTE EM MAIONESE EM SUBSTITUIÇÃO A
AGENTES SINTÉTICOS**

ALEGRE –ES

2023

GISELE DA SILVA POLVARINI

VIABILIDADE DO USO DE EXTRATO TOTAL AQUOSO DE CAFÉ VERDE (*Coffea
canephora*) COMO ANTIOXIDANTE EM MAIONESE EM SUBSTITUIÇÃO A
AGENTES SINTÉTICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. André Gustavo Vasconcelos Costa
Coorientadora: Prof^a. Pollyana Ibrahim Silva
Coorientadora: Prof^a. Janaina Cecília Oliveira Villanova

ALEGRE – ES

2023

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

P762v Polvarini, Gisele da Silva, 1996-
Viabilidade do uso de extrato total aquoso de café verde
(*coffea canephora*) como antioxidante em maionese em
substituição a agentes sintéticos. / Gisele da Silva Polvarini. -
2023.

113 f. : il.

Orientador: André Gustavo Vasconcelos Costa.

Coorientadores: Pollyanna Ibrahim Silva, Janaina Cecília
Oliveira Villanova.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de
Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de
Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Café. 2. Maionese. 3. Oxidação. 4. Reologia. 5. Avaliação
sensorial. I. Costa, André Gustavo Vasconcelos. II. Silva,
Pollyanna Ibrahim. III. Villanova, Janaina Cecília Oliveira. IV.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências
Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 664

GISELE DA SILVA POLVARINI

**“ VIABILIDADE DO USO DE EXTRATO TOTAL AQUOSO DE CAFÉ
VERDE (*Coffea canephora*) COMO ANTIOXIDANTE EM
MAIONESE EM SUBSTITUIÇÃO A AGENTES SINTÉTICOS ”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em 29 de junho de 2023.

Prof. Dr. André Gustavo Vasconcelos Costa
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Orientador

Prof^a. Dr^a. Janaina Cecília Oliveira Villanova
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Coorientadora

Prof^a. Dr^a. Suzana Maria Della Lucia
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Examinadora Interna

Prof^a. Dr^a. Ceres Mattos Della Lucia
Universidade Federal de Viçosa - UFV
Examinadora Externa





Folha de Rosto Defesa Dissertação -Gisele da Silva Polvarini.

Data e Hora de Criação: 13/07/2023 às 14:30:31

Documentos que originaram esse envelope:

- Folha de Rosto Defesa Dissertação -Gisele da Silva Polvarini_.pdf (Arquivo PDF) - 1 página(s)



Hashs únicas referente à esse envelope de documentos

[SHA256]: 760951a0be8c228a228a666418b4b5d31a3607a090d115bcf1d06b8b2c912968

[SHA512]: 16bdbcb0e6e0662a0ef62d85c8ccc660a411c3f4ad6c138a07480a39c5889cbf4d33f2bf81508fe0463a13b05edf1f0870213f950f45438d9dba3cd379f671

Lista de assinaturas solicitadas e associadas à esse envelope



ASSINADO - Andre Gustavo Vasconcelos Costa (andre.g.costa@ufes.br)

Data/Hora: 13/07/2023 - 14:33:39, IP: 200.137.72.202, Geolocalização: [-20.762368, -41.535466]

[SHA256]: 9e9496779f5039e36bfc7e50a9bf28554c9e71ee5484578c50b8939cb9b52901



ASSINADO - Janáina Cecília Oliveira Villanova (pharmacotecnica@yahoo.com.br)

Data/Hora: 14/07/2023 - 10:16:35, IP: 179.109.143.126, Geolocalização: [-20.759663, -41.537395]

[SHA256]: 6b3877d12d32a95d60ea1420fe254bbd51b81a623f78ec92adc3f9345316db19



ASSINADO - Suzana Maria Della Lucia (smdlucia@yahoo.com.br)

Data/Hora: 14/07/2023 - 10:31:14, IP: 200.137.72.202

[SHA256]: a9cf7ac31a6b8e2e3ec531b2dab75bf090c3c22c5c589404f17f74c4e04714ea



ASSINADO - Ceres Mattos Della Lucia (cmdellalucia@ufv.br)

Data/Hora: 14/07/2023 - 10:44:18, IP: 177.98.198.147

[SHA256]: abdd4eebd9e995beb42109b3dd0a8f8698ff2d7545f707c80e678585115a4ca

Histórico de eventos registrados neste envelope

14/07/2023 10:44:18 - Envelope finalizado por cmdellalucia@ufv.br, IP 177.98.198.147

14/07/2023 10:44:18 - Assinatura realizada por cmdellalucia@ufv.br, IP 177.98.198.147

14/07/2023 10:44:17 - Envelope visualizado por cmdellalucia@ufv.br, IP 177.98.198.147

14/07/2023 10:31:14 - Assinatura realizada por smdlucia@yahoo.com.br, IP 200.137.72.202

14/07/2023 10:16:35 - Assinatura realizada por pharmacotecnica@yahoo.com.br, IP 179.109.143.126

13/07/2023 20:23:56 - Envelope visualizado por pharmacotecnica@yahoo.com.br, IP 179.109.143.22

13/07/2023 14:33:39 - Assinatura realizada por andre.g.costa@ufes.br, IP 200.137.72.202

13/07/2023 14:33:35 - Envelope visualizado por andre.g.costa@ufes.br, IP 200.137.72.202

13/07/2023 14:31:13 - Envelope registrado na Blockchain por andre.g.costa@ufes.br, IP 200.137.72.202

13/07/2023 14:31:12 - Envelope encaminhado para assinaturas por andre.g.costa@ufes.br, IP 200.137.72.202

13/07/2023 14:30:32 - Envelope criado por andre.g.costa@ufes.br, IP 200.137.72.202

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu namorado, Fábio Azevedo Carvalho, pelo apoio e companheirismo ao longo dessa caminhada.

Aos meus companheiros de mestrado pelos bons momentos e suporte emocional nos últimos anos. Principalmente, a Lara Louzada Aguiar por ser a melhor colega de casa que eu poderia achar.

Ao meu orientador, André Gustavo Vasconcelos Costa, e minhas coorientadoras, Pollyanna Ibrahim Silva e Janaina Cecília Oliveira Villanova, pela paciência com minhas debilidades e por todo conhecimento compartilhado comigo.

Aos professores (as) Sergio Henrique Saraiva, Suzana Maria Della Lucia, Mila Marques Gamba, Michel Picanço Oliveira, Ceres Mattos Della Lucia e Hercia Stampini Duarte Martino, por suas contribuições ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao Pedro Eyke Mitsuyasu Toshimitu e Elizeu Costa Silva, por sua colaboração na execução desse estudo até mesmo em horários tardios e finais de semana.

Aos técnicos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) – Ufes, Mayara Silva Dutra, Maurício Carlos Moraes, Letícia Bastos e Eduardo Lorencetti Fornazier, por suas contribuições no desenvolvimento da pesquisa.

Às instalações laboratoriais UFES Laboratórios de Farmácia, Central Analítica, Laboratório de Análise Sensorial, Laboratório de Química de Alimentos e Laboratório de Nutrição Experimental, por cederem espaço para o desenvolvimento da pesquisa.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PCTA), pela oportunidade de realização dessa pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES (Edital FAPES Universal 21/2018 – TO 139/2020; PDPG FAPES/CAPES - 2021-5S41N; Edital FAPES Universal 03/2021 – TO 478/2021), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Edital CNPq Universal – TO 409221/2018-0) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento do estudo (CAPES - Código de Financiamento 001).

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

<i>Figura 1 – Imagens de cafezeiro e das cerejas maduras (Coffea canephora).</i>	11
<i>Figura 2 – Fisiologia de cereja madura.</i>	12
<i>Figura 3 – Grãos de café beneficiado (Coffea canephora).</i>	13
<i>Figura 4 – Estrutura do ácido cinâmico e dos principais ácidos hidroxicinâmicos.</i>	19
<i>Figura 5 – Principais isômeros de ácido clorogênico em grãos de café.</i>	20
<i>Figura 6 – Principais metilxantinas do café verde.</i>	21
<i>Figura 7 – Esquema simplificado da formação de compostos fenólicos e terpenos.</i>	22
<i>Figura 8 – Principais diterpenos do café verde.</i>	23
<i>Figura 9 – Estrutura química da nicotinamida, ácido nicotínico e trigonelina.</i>	24
<i>Figura 10 – Análise gráfica no Software VOSviewer 1.6.16 de incidência de palavras-chave encontradas nos artigos.</i>	25

ARTIGO ORIGINAL

<i>Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa da obtenção dos grãos à captação de dados sobre a maionese.</i>	52
<i>Figura 2 – Processo de obtenção do extrato aquoso total de café verde conilon.</i>	53
<i>Figura 3 – Ficha de avaliação para aceitação sensorial e intenção de compra.</i>	62
<i>Figura 4 – Imagens de amostras de maionese em vidro relógio.</i>	64
<i>Figura 5 – Testes preliminares de estabilidade mecânica e térmica das maioneses.</i>	65
<i>Figura 6 – Microscopia confocal (Objetiva 20x) de amostras de maionese.</i>	66
<i>Figura 7 – pH das amostras de maionese incorporadas ou não de extrato aquoso de café verde armazenadas em BOD à 25°C por 28 dias (*).</i>	67
<i>Figura 8 – Perfil de textura das formulações de maionese incorporadas ou não com extrato de café verde, ao longo de 28 dias de armazenamento.</i>	69
<i>Figura 9 – Conteúdo de antioxidantes das amostras de maionese incorporadas com extrato aquoso de café verde, ao longo de 28 dias de armazenamento.</i>	74
<i>Figura 10 – Teor de compostos fenólicos, ácido clorogênico e cafeína de maioneses incorporadas com extrato aquoso de café verde, ao longo de 28 dias de armazenamento.</i>	75
<i>Figura 11 – Índice de peróxido das amostras de maionese incorporadas ou não com</i>	

<i>extrato aquoso de café verde, ao longo de 28 dias de armazenamento.</i>	<i>76</i>
<i>Figura 12 – Análise sensorial das amostras de maionese, incorporadas ou não com extrato aquoso de café verde.</i>	<i>78</i>

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

<i>Tabela 1 – Fatores que interferem na composição e ação antioxidante do café.</i>	<i>34</i>
--	-----------

ARTIGO ORIGINAL

<i>Tabela 1 – Formulações das emulsões óleo em água.</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 2 – Caracterização do extrato aquoso de café verde Conilon (base seca). ..</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 3 – Medição do diâmetro e índice de circularidade das gotículas (*).</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 4 – Colorimetria de amostra de maionese, ao longo de 28 dias de armazenamento.</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 5 – Cor global (ΔE) das amostras de maionese.</i>	<i>73</i>

SUMÁRIO

RESUMO.....	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 Referências Bibliográficas	4
2. OBJETIVOS	6
2.1 Geral.....	6
2.2 Específico.....	6
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1 Introdução	8
3.2 <i>Coffea arábica e Coffea canephora</i>	9
3.3 Estrutura e processamento dos grãos de café	12
3.4 Composição do café.....	14
3.4.1 Composição do café verde	15
3.5 Ácido clorogênico	19
3.6 Metilxantinas	20
3.7 Diterpenos	21
3.8 Trigonelina.....	23
3.9 Metodologia de seleção de artigos	24
3.10 Efeitos do café verde na saúde	25
3.11 Fatores que interferem na composição e na ação antioxidante do café.....	29
3.12 Conclusão	38
3.12 Referência Bibliográfica.....	39
4. ARTIGO ORIGINAL	48
4.1 Introdução	48
4.2 Materiais e métodos	51
4.2.1 Desenho experimental.....	51
4.2.2 Elaboração do extrato aquoso de café verde	52
4.2.3 Análise de compostos fenólicos totais (CFT) no extrato	53
4.2.4 Análise da atividade antioxidante por DPPH no extrato	54
4.2.5 Análise da atividade antioxidante por ABTS no extrato.....	54

4.2.6	Análise da atividade antioxidante por FRAP no extrato.....	55
4.2.7	Determinação de ácido clorogênico (5-CQA) e de cafeína no extrato.....	55
4.2.8	Determinação do pH no extrato.....	56
4.2.9	Elaboração da maionese.....	56
4.2.10	Análise organoléptica e pesquisa do tipo de emulsão formada.....	57
4.2.11	Estabilidade física.....	58
4.2.12	Avaliação microscópica.....	58
4.2.13	Análise de perfil de textura.....	59
4.2.14	Análise Colorimétrica.....	59
4.2.15	Extração de compostos antioxidantes.....	60
4.2.16	Cinética de estabilidade de compostos antioxidantes.....	60
4.2.17	Índice de peróxido.....	61
4.2.18	Análise sensorial.....	61
4.2.19	Planejamento experimental e análise estatística.....	63
4.3	Resultados.....	63
4.3.1	Caracterização do extrato de café verde (<i>Coffea canephora</i>).....	63
4.3.2	Análise organoléptica, estabilidade física e avaliação microscópica.....	64
4.3.3	pH.....	67
4.3.4	Análise de perfil de textura.....	68
4.3.5	Análise colorimétrica.....	71
4.3.6	Atividade antioxidante e conteúdo bioativo.....	73
4.3.7	Índice de peróxido.....	76
4.3.8	Análise Sensorial.....	77
4.4	Discussão.....	78
4.5	Conclusão.....	86
4.6	Referências Bibliográficas.....	87
5.	CONCLUSÃO GERAL.....	94
6.	APÊNDICES.....	95
7.	ANEXOS.....	96

RESUMO

“POLVARINI”, “Gisele da Silva”. **Viabilidade do uso de extrato total aquoso de café verde (*coffea canephora*) como antioxidante em maionese em substituição a agentes sintéticos.** 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Prof. Dr André Gustavo Vasconcelos Costa. Coorientador(es): Prof. Dr^a. Pollyana Ibrahim Silva e Prof^a. Dr^a. Janaina Cecília Oliveira Villanova.

A maionese, um dos molhos mais consumidos globalmente, é notável por sua alta concentração lipídica, tornando-a suscetível à oxidação. Para atender à tendência atual de produtos com rótulos limpos (*clean label*), há uma busca por antioxidantes vegetais. Aliado a isto, o estado do Espírito Santo (ES) é um importante produtor de café, cujo grão maduro, não torrado, é rico em compostos antioxidantes, como ácido clorogênico e cafeína. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a viabilidade do uso do extrato aquoso de café verde como antioxidante para maionese em substituição a antioxidantes sintéticos usualmente empregados. Os grãos de café conilon adquiridos de produtores da região do Caparaó (ES) foram triturados e o extrato foi obtido por percolação. No extrato, foram determinados o teor de compostos fenólicos totais (CFT), a atividade antioxidante e os teores de cafeína e ácido clorogênico (5-O-ACQ). Após caracterização química, o extrato foi incorporado nas formulações de maionese nas proporções de 0,5, 1 e 1,5 % p/p. Formulações com BHT, BHA e ácido cítrico foram preparadas como controle positivo (CTP). As preparações foram armazenadas por 28 dias para análise da estabilidade física e química. O perfil de textura da F1.5 diferiu da CTP após 28 dias de armazenamento apenas para a dureza e não houve diferença em relação aos demais parâmetros. A F1.5 garantiu a estabilidade em relação a ação antioxidante total, CFT e teor de 5-O-ACQ e cafeína durante todo o experimento. A incorporação do extrato elevou em até 77% o CFT das maioneses, melhorando sua atividade antioxidante. As maioneses com extrato demonstraram um aumento progressivo inferior do peróxido, quando comparado ao CTP, até o tempo de 21 dias. O índice de peróxido no tempo 28 foi igual para as formulações CTP e F1.5. A incorporação do extrato de café verde não afetou a aceitação sensorial das maioneses. Conclui-se que a aplicação do extrato aquoso de café verde conilon como antioxidante para maionese em substituição aos sintéticos mostrou-se viável, principalmente na concentração de 1,5 %.

Palavras-chave: Café, maionese, oxidação, análise reológica, análise sensorial.

ABSTRACT

"POLVARINI," "Gisele da Silva." **Viability of Using Aqueous Total Extract of Green Coffee (*Coffea canephora*) as an Antioxidant in Mayonnaise, Replacing Synthetic Agents.** 2023. Dissertation (master's in food science and technology) - Federal University of Espírito Santo, Alegre – ES. Advisor: Prof. Dr. André Gustavo Vasconcelos Costa. Co-advisor(s): Prof. Dr. Pollyana Ibrahim Silva and Prof. Dr. Janaina Cecília Oliveira Villanova.

Mayonnaise, one of the most globally consumed sauces, is known for its high lipid concentration, making it susceptible to oxidation. To meet the current trend of products with clean label, there is a demand for plant antioxidants. Furthermore, the state of Espírito Santo (ES) is a significant coffee producer, in which the mature unroasted grain coffee beans are rich in antioxidant compounds, such as chlorogenic acid and caffeine. This study aimed to evaluate the feasibility of using aqueous green coffee extract as an antioxidant in mayonnaise, replacing the synthetic antioxidants usually used. Conilon coffee beans obtained from producers in the Caparaó region (ES) were crushed and the extract was obtained by percolation. The extract was analyzed for total phenolic content (TPC), antioxidant activity, and levels of caffeine and chlorogenic acid (5-O-ACQ). After chemical characterization, the extract was incorporated into mayonnaise formulations in proportions of 0.5%, 1%, and 1.5% (w/w). Formulations with BHT, BHA, and citric acid were prepared as positive controls (CTP). The samples were stored by 28 days to physical and chemical analysis. The texture profile of F1.5 differed from CTP after 28 days of storage, only in terms of hardness, and there was no difference in relation to the other parameters. F1.5 ensured stability in relation to total antioxidant activity, TPC, and 5-O-ACQ and caffeine content throughout the experiment. The incorporation of the extract increased the TPC of mayonnaises by up to 77%, enhancing its antioxidant activity. Mayonnaise with the extract showed a progressive lower increase in peroxide when compared to CTP, up to 21 days. The peroxide index at day 28 was the same for the CTP and F1.5 formulations. The incorporation of green coffee extract did not affect the sensory acceptance of mayonnaise. In conclusion, the application of aqueous Conilon green coffee extract as an antioxidant in mayonnaise, as a substitute for synthetic antioxidants, proved to be viable, especially at a concentration of 1.5%.

Keywords: Coffee, mayonnaise, oxidation, rheological analysis, sensory analysis.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os molhos e condimentos são uma classe de produtos bastante difundida mundialmente (SPENCE, 2018). Entre estes molhos, a maionese destaca-se como sendo a mais versátil e popular da categoria. A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) no 716 de 2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define maionese como um “produto cremoso em forma de emulsão estável, óleo em água, preparado a partir de óleos vegetais, água e ovos, acidificado, podendo ser adicionado de outros ingredientes desde que não descaracterizem o produto”.

Convencionalmente, o ingrediente majoritário da maionese é o óleo vegetal, sendo que sua proporção na emulsão é de 70 a 80% (LI et al., 2023; SAVANI et al., 2023). Apesar deste fato, a maionese é considerada uma emulsão de óleo em água, pois as gotículas de óleo ficam dispersas na fase aquosa. As emulsões se formam a partir de agitação e calor sob arrefecimento. Mecanismos de floculação browniana, *creaming*, floculação de sedimentação e desproporcionamento podem levar a coalescência e posterior quebra da maionese (PARTICLE SCIENCES, 2011; RAVERA et al., 2021; SAVANI et al., 2023).

Devido ao alto percentual de gordura, principalmente insaturada, a maionese se torna muito susceptível ao processo de oxidação (LI et al., 2014). Trata-se de um processo complexo que envolve fatores intrínsecos e extrínsecos, como a presença de metais, a temperatura, a exposição à luz, o pH, a concentração e o tipo de óleo por exemplo (GHORBANI GORJI et al., 2016).

Desse modo, são comumente utilizados na preparação antioxidantes sintéticos, como butil hidroxitolueno (BHT), butil hidroxianisol (BHA), butil hidroquinona terciária (TBHQ); bem como sequestrantes, como o ácido etileno diamino tetra acético (EDTA) (LI et al., 2014). Estes aditivos previnem a rancificação dos lipídios, atuando na neutralização do estágio inicial ou interrompendo o estágio de propagação da oxidação (TINELLO; LANTE, 2020).

Entretanto, há uma crescente demanda por sistemas alimentícios mais saudáveis e amigáveis ao meio ambiente (*eco-friendly*). Tornando os produtos *clean label* uma forte tendência do mercado consumidor (NOGUEROL et al., 2021; HSU; SUNG; TSENG, 2023). O termo *clean label*, ou “rótulo limpo”, data de 1980 quando os consumidores se tornaram mais conscientes quanto aos ingredientes e aditivos que compõem suas dietas, buscando produtos com componentes mais naturais (LOFFREDI; ALAMPRESE, 2023; LOPES; S. SANT’ANA; FREIRE, 2023). Não há

uma definição legal para o que seria *clean label*, mas sim uma questão de familiaridade e aceitação de certos aditivos e ingredientes, como ácido láctico e cítrico, por parte dos consumidores em detrimento de outros, como o corante vermelho 40 (MARUYAMA; STRELETSKAYA; LIM, 2021).

A indústria alimentícia busca principalmente por componentes oriundos de fontes animais e vegetais, que possam ser obtidos de modo sustentável e não prejudiquem a palatabilidade da produto (LOFFREDI; ALAMPRESE, 2023). Os derivados vegetais são ricos em compostos bioativos, que podem agregar valor ao que é produzido, assim como contribuir para a bioeconomia (RAHMAN et al., 2021; GEBREEYESSUS, 2022).

O café é uma das maiores fontes naturais de componentes antioxidantes, assim como uma das principais commodities globais (SUALEH; TOLESSA; MOHAMMED, 2020). O Brasil é o maior produtor mundial de café, sendo que em 2019 o país foi responsável por fornecer cerca de 30% de toda a produção mundial (FAOSTAT, 2019). O estado do Espírito Santo está na segunda posição como produção mais representativa do país, sendo o maior produtor de café robusta e o terceiro maior produtor de café arábica nacional (BRASIL, 2021b).

O café verde refere-se às sementes cruas ou não torradas dos frutos maduros do gênero *Coffea*, o qual possui abundância de compostos bioativos com atividade antioxidante. Os grãos de café verde possuem cerca de 0,15 a 0,30 mg/g de antioxidante em sua composição, que podem ser extraídos como extrato aquoso total, sem necessidade de fracionamento e purificação, eliminando o uso de solventes, minimizando gastos de recursos, energia e tempo (DA SILVA et al., 2023; KASHKSARA; TAVAKOLIPOUR; MOKHTARIAN, 2023). O ácido clorogênico, um metabólito fenólico secundário, é o composto de maior interesse no grão (JESZKA-SKOWRON; STANISZ; DE PEÑA, 2016; ŞEMEN et al., 2017; SUALEH; TOLESSA; MOHAMMED, 2020).

Comparando as principais espécies de café, os grãos verdes da espécie *C. canephora* (conilon) apresentam maiores teores de ácidos clorogênicos (6,1 – 11,3 % m/m), quando comparados ao *C. arabica* (4,1 – 7,9 % m/m) (PIMPLEY; MURTHY, 2021). Do total de ácido clorogênico presente no café, 80% está na forma de ácido cafeoilquínico, com a espécie mais representativa sendo o ácido 5-cafeoilquínico (5-CQA) (PIMPLEY; MURTHY, 2021).

Assim sendo, o café verde conilon é uma fonte natural de componentes bioativos

com ação antioxidante, como o ácido clorogênico e cafeína (ŞEMEN et al., 2017; SUALEH; TOLESSA; MOHAMMED, 2020). Seus compostos de interesse podem ser arrastados por extração aquosa, sendo mais amigável ao meio ambiente (*eco-friendly*). Além disso, o café conilon é amplamente cultivado na região do Caparaó, o estabelecimento de um direcionamento alternativo possibilitaria o fomento da bioeconomia regional. No contexto acima mencionado, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do uso do extrato aquoso de café verde conilon como antioxidante para maionese em substituição a antioxidantes sintéticos usualmente empregados.

1.1 Referências Bibliográficas

- BRASIL. A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n° 716, de 1° julho de 2022. Diário Oficial da União: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2022.
- BRASIL, IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Estatística da Produção Agrícola. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021.
- DA SILVA, M. R.; JELLEY, R. E.; CARNEIRO, R. L.; FEDRIZZI, B.; WEBER, C. C.; FUNARI, C. S. Green solvents for the selective extraction of bioactive compounds from by-products of the coffee production chain. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 86, p. 103365, 2023.
- FAOSTAT. Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de café verde, 2019., 2019. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>
- GEBREEYESSUS, G. D. Towards the sustainable and circular bioeconomy: Insights on spent coffee grounds valorization. **Science of the Total Environment**, v. 833, p. 155113, 2022.
- GHORBANI GORJI, S.; SMYTH, H. E.; SHARMA, M.; FITZGERALD, M. Lipid oxidation in mayonnaise and the role of natural antioxidants: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 56, p. 88–102, 2016.
- HSU, J. L.; SUNG, C. C.; TSENG, J. T. Willingness-to-pay for ready-to-eat clean label food products at convenient stores. **Future Foods**, v. 7, 2023.
- JESZKA-SKOWRON, M.; STANISZ, E.; DE PEÑA, M. P. Relationship between antioxidant capacity, chlorogenic acids and elemental composition of green coffee. **Lwt**, v. 73, p. 243–250, 2016.
- KASHKSARA, K. M.; TAVAKOLIPOUR, H.; MOKHTARIAN, M. Effects of atmospheric-thermosonication process on phenolic compounds extraction, extraction productivity and antioxidant activity of freeze-dried green tea and green coffee aqueous extracts. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 12, p. 100582, 2023.
- LI, C. Y.; KIM, H. W.; LI, H.; LEE, D. C.; RHEE, H. I. Antioxidative effect of purple corn extracts during storage of mayonnaise. **Food Chemistry**, v. 152, p. 592–596, 2014.
- LI, M.; DOYLE, L.; VELAZQUEZ, R.; PANGLOLI, P.; WU, T. The amount of vinegar added before and after emulsification affects the physical property and stability of mayonnaise. **Lwt**, v. 182, p. 114899, 2023.
- LOFFREDI, E.; ALAMPRESE, C. Optimisation of a blend of emulsifier substitutes for clean-label artisanal ice cream. **Lwt**, v. 173, p. 114338, 2023.
- LOPES, S. J. S.; S. SANT'ANA, A.; FREIRE, L. Non-thermal emerging processing Technologies: Mitigation of microorganisms and mycotoxins, sensory and nutritional properties maintenance in clean label fruit juices. **Food Research International**, v. 168, p. 112727, 2023.
- MARUYAMA, S.; STRELETSKAYA, N. A.; LIM, J. Clean label: Why this ingredient but not that one? **Food Quality and Preference**, v. 87, 2021.
- NOGUEROL, A. T.; PAGÁN, M. J.; GARCÍA-SEGOVIA, P.; VARELA, P. Green or clean? Perception of clean label plant-based products by omnivorous, vegan, vegetarian and flexitarian consumers. **Food Research International journal**, v. 149, 2021.

- PARTICLE SCIENCES. Emulsion Stability and Testing. **Technical Brief**, v. 2, 2011.
- PIMPLEY, V. A.; MURTHY, P. S. Influence of green extraction techniques on green coffee: Nutraceutical compositions, antioxidant potential and in vitro bio-accessibility of phenolics. **Food Bioscience**, v. 43, p. 101284, 2021.
- RAHMAN, M. H.; ALAM, M. S.; MONIR, M. M.; AHMED, K. Comprehensive effects of black cumin (*Nigella sativa*) and synthetic antioxidant on sensory and physicochemical quality of beef patties during refrigerant storage. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 4, p. 100145, 2021.
- RAVERA, F.; DZIZA, K.; SANTINI, E.; CRISTOFOLINI, L.; LIGGIERI, L. Emulsification and emulsion stability: The role of the interfacial properties. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 288, p. 102344, 2021.
- SAVANI, P.; PUTHIYEDATH, A.; GEORGE, S.; PRASAD, P. S.; ANNAPURE, U. S. Evaluation of the sensory properties and antioxidant activity of clean rosemary extracts for an effective replacement of EDTA in Mayonnaise. **Applied Food Research**, v. 3, 2023.
- ŞEMEN, S.; MERCAN, S.; YAYLA, M.; AÇIKKOL, M. Elemental composition of green coffee and its contribution to dietary intake. **Food Chemistry**, v. 215, p. 92–100, 2017.
- SPENCE, C. The psychology of condiments: A review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 11, n. August 2017, p. 41–48, 2018.
- SUALEH, A.; TOLESSA, K.; MOHAMMED, A. Biochemical composition of green and roasted coffee beans and their association with coffee quality from different districts of southwest Ethiopia. **Heliyon**, v. 6, n. 12, p. 05812, 2020.
- TINELLO, F.; LANTE, A. Accelerated storage conditions effect on ginger- and turmeric-enriched soybean oils with comparing a synthetic antioxidant BHT. **Lwt**, v. 131, p. 109797, 2020.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a viabilidade do uso do extrato aquoso de café verde conilon como antioxidante para maionese em substituição a antioxidantes sintéticos usualmente empregados.

2.2 Específico

- Obter extrato aquoso total de café verde;
- Analisar o extrato aquoso total de café verde em relação ao pH e as concentrações de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante, ácido clorogênico e cafeína;
- Preparar emulsões de óleo em água (maionese) sem adição de antioxidantes, para a controle negativo, com adição de antioxidantes sintéticos, para o controle positivo, e de extrato aquoso total de café verde, para as formulações teste;
- Armazenar as maioneses durante 28 dias em BOD à 25 °C;
- Determinar a estabilidade física preliminar e reológica das preparações ao longo do armazenamento;
- Estudar a cinética de degradação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante das formulações, durante o período de armazenamento;
- Estudar a cinética do ácido clorogênico e cafeína nas formulações, durante o período de armazenamento;
- Avaliar a oxidação lipídica na emulsão, ao longo do período de armazenamento;
- Avaliar a aceitação sensorial e intenção de compra das formulações de maionese.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

COMPOSTOS BIOATIVOS DO CAFÉ: AÇÃO ANTIOXIDANTE, EFEITOS NA SAÚDE E FATORES QUE INTERFEREM NA SUA COMPOSIÇÃO

Resumo

O comércio de café o coloca como uma das maiores commodities globais, sendo o cultivo tropical mais amplamente comercializado no mundo. O Brasil é o principal produtor e exportador de café, suprindo mais de 30 % da produção mundial do grão verde. No café verde estão concentrados uma grande gama de compostos bioativos oriundos do metabolismo primário e secundário da planta. Os fitoquímicos do café vêm sendo visados devido ao seu poder oxirredutor em níveis biológicos e tecnológicos. Nesse contexto, o objetivo desta revisão foi fazer um apanhado sobre os compostos bioativos do café, sua ação antioxidante, efeitos na saúde e fatores que interferem na sua composição. Para a elaboração da revisão narrativa foi realizado um apanhado de artigos científicos que datam de 2021 a 2023 na base de dados Science Direct. Diversos estudos reportaram os benefícios a saúde humana dos compostos bioativos naturalmente disponíveis no café, apresentando efeitos que reduzem o risco de desenvolvimento de diversas comorbidades. Os efeitos benéficos do café estão ligados principalmente a sua ação antioxidante e anti-inflamatória, conferida por sua abundância em ácidos clorogênicos e cafeína. Não obstante, o conteúdo fenólico e atividade antioxidante do café apresentam grandes variações de acordo com fatores intrínsecos e extrínsecos. Nesse contexto, a utilização do café verde como fonte natural de antioxidantes para a aplicação nas indústrias alimentícias e farmacêuticas ainda pode ser bastante explorada.

3.1 Introdução

O comércio de café o coloca como uma das maiores commodities globais, sendo o cultivo tropical mais amplamente comercializado no mundo. O Brasil é o principal produtor e exportador de café, suprimindo mais de 30 % da produção mundial do grão verde. O que também torna o café uma importante commodity para a economia do país, juntamente com as exportações de algodão e gado (BOHL; GROSS; SOUZA, 2019; FAO, 2023).

A comercialização do café possui grande impacto na economia do país além de ser um mercado crescente, com uma demanda e produção exponencial. A produção se concentra principalmente em famílias agrícolas de baixa renda, consistindo geralmente na subsistência dessas famílias. O café por ser um produto diretamente direcionado ao mercado é muito susceptível a desequilíbrios devido a oferta e demanda, as mudanças climáticas e a disponibilidade hídrica (HAJJAR et al., 2019; SPORCHIA et al., 2023; FAO, 2023).

Os três maiores produtores do país são integrantes da região sudeste, sendo Minas Gerais (MG) em primeiro lugar, com mais de 1,7 milhões de toneladas produzidas na última safra de fevereiro de 2023, seguida por Espírito Santo (ES), com 834 mil toneladas e São Paulo (SP) com 295 mil toneladas (BRASIL, 2023). Diferentemente de MG que produziu majoritariamente café arábica, o ES teve mais de 77 % de sua safra em café canephora (BRASIL, 2023).

Os produtores cafeeiros colaboram com grande parte da receita de exportações do Brasil, porém, trata-se de famílias que subsistem a partir deste cultivo, o que descreve bem as famílias agricultoras do ES. A produção e rentabilidade do café são susceptíveis a desequilíbrios devido a fatores climáticos e comerciais, pela ordem de oferta e demanda, e pelo baixo valor agregado dos grãos, que comumente são comercializados sem processamento (HAJJAR et al., 2019; ICO, 2022). O comércio do grão para a bebida também está sujeito a seletividade do mercado consumidor, que foca em sacas de grãos selecionados e de variedades mais suaves. Estados com produções massivas de canephora, como o ES, precisam garantir a manutenção da renda das famílias agricultoras por meio de direcionamentos alternativos dos grãos (HAJJAR et al., 2019; ICO, 2022). O café já vem sendo estudado quanto aos seus componentes e suas diversas propriedades que podem ter amplas aplicações, principalmente os da variedade canephora (BRZEZICHA et al., 2021; LEE, 2021;

RIBEIRO; ROCHA; PRUDENCIO, 2021; FUNAKOSHI-TAGO et al., 2022; HAN; LICZBIŃSKI; BUKOWSKA, 2022; STIEFEL; LINDEMANN; MORLOCK, 2022; WANG et al., 2022b).

O café vem sendo reconhecido quanto ao potencial antioxidante principalmente devido ao seu conteúdo fenólico, com os isômeros de ácidos clorogênicos se destacando. Além de outros compostos relevantes e seus derivados, como metilxantinas, principalmente a cafeína, diterpenos e melanoidinas. Entre as variedades de café comercialmente relevantes, as robustas se destacam quanto ao conteúdo fenólico e de cafeína em detrimento dos arábicas. Enquanto os grãos verdes secos robustas apresentam em média 11,1 e 2,5 % de ácido clorogênico e cafeína, o arábica fica em torno de 8,8 e 1,4 % para os mesmos elementos, nessa ordem (LEMOS et al., 2022).

Assim como a variedade afeta o teor composicional de compostos de interesse no café, o grau de torra também os afeta significativamente. Principalmente quando se considera a termossensibilidade dos ácidos clorogênicos. De uma torra média a escura o café verde pode perder de 70 a 90 % do conteúdo de ácido clorogênico, respectivamente. Apesar da torra elevar o teor de ácido cafeico e melanoidinas, a ação antioxidante desses componentes não é o bastante para substituir o efeito dos ácidos clorogênico (LIAO et al., 2022).

Em detrimento dessa ação antioxidante e anti-inflamatória do café, o mesmo vem sendo pesquisado como um aditivo funcional para a indústria de alimentos, principalmente o grão verde. Já é possível encontrar aplicações do café em produtos cárneos (SAYED MOSTAFA; FAWZY EL AZAB, 2022a), de panificação, como cookies (DESAI et al., 2020; HAN; LEE, 2021) e pães (ŚWIECA et al., 2017; ZAIN; BABA; SHORI, 2018), em bebidas mistas (RIBEIRO et al., 2014; AGUNBIADE; FAGBEMI; ADERINOLA, 2022; ARIFAN et al., 2023), leite de soja (SEŃCZYK; ŚWIECA; GAWLIK-DZIKI, 2017) e bebidas funcionais, como a Kombucha (DE MIRANDA et al., 2023), assim como em filmes alimentícios ativos (VIDAL et al., 2020; PAPADAKI et al., 2022; WANG et al., 2022b; STEFANOWSKA et al., 2023).

3.2 Coffea arábica e Coffea canephora

As espécies de cafezeiros são dicotiledôneas perenes lenhosas pertencentes a família Rubiaceae, a subfamília Ixorodeae e a tribo Coffea, que engloba os gêneros

Coffea e *Psilanthus*, ambos possuem mais de 124 espécies registadas. Oriundas da África, Ásia e ilhas do Oceano Índico, são plantas muito difíceis de identificar como pertencentes ao gênero *Coffea* devido à alta variabilidade de formatos e cores dos arbustos (MARCOLAN; ESPINDULA, 2015; BEZ et al., 2023;).

Segundo historiadores, a primeira menção ao café ocorreu em 575, mas sua descrição científica só foi ser feita em 1591, porém, essa primeira espécie encontrada só foi ser nomeada da maneira que conhecemos hoje em 1737 por Carl Von Linné, conhecido como Lineu (MARCOLAN; ESPINDULA, 2015). Os rubiáceos provem de locais com clima tropical e subtropical e possuem cerca de 500 gêneros conhecidos, sendo que o *Coffea* é o que possui maior importância socioeconômica. Segundo a *International Coffee Organization* (ICO) há em média 25 espécies do gênero *Coffea* importantes, se destacando economicamente a *Coffea arabica* e a *Coffea canephora*, seguidas pelas espécies *Coffea liberica* e *Coffea dewevrei*, que são cultivadas em menor escala; popularmente estas espécies são conhecidas como café arábica, robusta, libérica e excelsa, respectivamente (ICO, 2023).

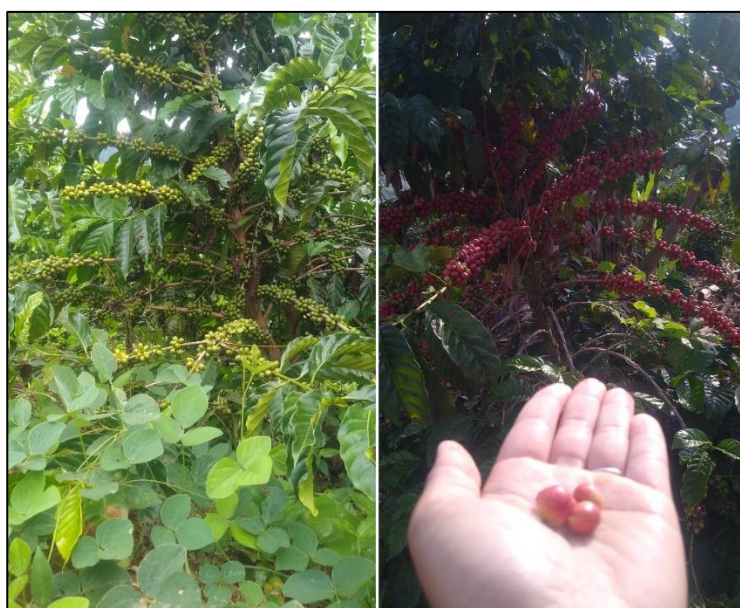
O arbusto das espécies *Coffea arabica* e a *Coffea canephora* se caracterizam por ser grande e com folhas de um verde mais escuro e com formato ovular. Trata-se de plantas nativas da Etiópia que crescem melhor em altitudes mais elevadas, 1000 a 2000 metros acima do nível do mar. Sendo muito susceptível a variações no ambiente, como incidência solar, temperatura ambiental e disponibilidade hídrica. Se destaca por ser a espécie mais importante no comércio internacional (ETAFA, 2022).

Segundo a ICO (2023) o café arábica demora cerca de 9 meses entre a floração e o amadurecimento completo da cereja, necessitando de cerca de 15° a 24°C e precipitação pluvial de 1500 a 2000 mm para seu crescimento ótimo. Esta espécie possui um sistema radicular profundo, podendo chegar até 1,5 m e é bastante susceptível a pragas e doenças. As principais variedades de *C. arabica* cultivadas são popularmente conhecidas como *typica* e *bourbon* (BEZ et al., 2023).

O *C. canephora* é popularmente conhecido pelo termo “café Robusta”. Entretanto, este termo engloba duas variedades botânicas, o que pode causar confusão. As variedades mais compactas e oriundas das regiões baixas da Guiné, Costa do Marfim e África Oeste são designadas como café “Conilon”, enquanto as variedades mais brutas e oriundas das regiões baixas da África Central são denominadas de café “Robusta” (RAMALHO et al., 2009; MARCOLAN; ESPINDULA, 2015).

O café conilon pertencente ao grupo Guineano é caracterizado por possuir arbustos menores, com folhas e frutos de menor tamanho (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), assim como pela qualidade inferior da bebida feita a partir de seus grãos quando comparado ao café arábica, porém, possuem menor exigência hídrica mas são mais susceptíveis aos avanços do fungo *Hemileia vastatrix*, responsável por causar a doença ferrugem nos cafeeiros (MARCOLAN; ESPINDULA, 2015).

Figura 1 – Imagens de cafeeiro e das cerejas maduras (*Coffea canephora*).



Fonte: Acervo pessoal do autor.

Quando comparado ao café arábica, a espécie robusta apresenta em geral mais resistente a ferrugem no cafeeiro, assim como a nematoides e broca. É dada grande importância a resistência quanto a ferrugem por se tratar de uma doença causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* nas folhas da planta, causando desfolha devido a elevada síntese de etileno, podendo reduzir 70% da produção (MARIN et al., 2021; AYALEW et al., 2022).

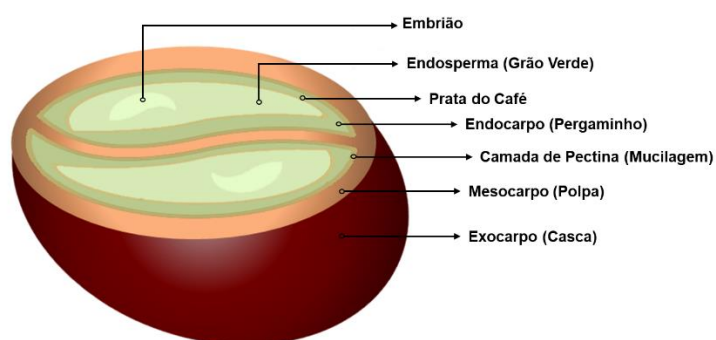
Segundo a IOC, o *C. canephora* leva cerca de 10 a 11 meses entre a floração e o amadurecimento completo da cereja e possuem um sistema radicular mais superficial quando comparado ao arábica. Além de precisarem de uma temperatura em torno de 24 e 30 °C, precipitação pluviométrica média anual em torno de 1500 a 1800 mm e elevação de até 700 metros acima do nível do mar para um melhor desempenho da planta. A variável de *C. canephora* mais cultivada no Brasil é o

conilon, principalmente o grupo Kouillou, nos estados do Espírito Santo, Rondônia e Bahia (MARCOLAN; ESPINDULA, 2015).

3.3 Estrutura e processamento dos grãos de café

Os arbustos de *Coffea* geram frutos chamados de cerejas de café, pois possuem uma coloração avermelhada quando maduras. A cereja madura pode ser destrinchada em 5 camadas principais, o exocarpo, que se trata da casca protetora externa do fruto composta por uma camada lignocelulósica compacta (SABOGAL-OTÁLORA; PALOMO-HERNÁNDEZ; PIÑEROS-CASTRO, 2022; MAIMULYANTI et al., 2023). O mesocarpo é composto por duas partes, a externa, que é a parte carnuda do fruto, e a interna, que é uma mucilagem, ou camada peptídica que recobre o endocarpo da cereja (SERNA-JIMÉNEZ et al., 2023). O endocarpo, ou pergaminho do café é uma camada lignocelulósica fibrosa que cobre o endosperma do fruto, ou seja, o grão verde do café (BENITEZ et al., 2019; REIS et al., 2020). Entre o grão verde e o pergaminho ainda há um perisperma denominado pele de prata ou prata do café, é a última camada que reveste o grão em si, que por sua vez contém o embrião do fruto do cafeeiro. Cada cereja possui dois grãos de formato elíptico ou ovular envoltos pelas camadas de pericarpo descritas anteriormente (DONG et al., 2023) (Figura 2).

Figura 2 – Fisiologia de cereja madura.



Fonte: Acervo pessoal do autor.

A colheita plena é a mais comum no Brasil, o que forma sacas com cerejas em diferentes estágios de maturação. A partir desse café natural, composto por cerejas maduras, verdes e boias; realiza-se o processamento destes frutos para a obtenção do grão. Há três tipos de pós-colheita possíveis, as mais convencionais são por via

seca ou por via húmida, e a por via semi-seca que tem sido atualmente explorada (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL, 2017; BARRIOS-RODRÍGUEZ et al., 2021; CORTÉS-MACÍAS et al., 2022).

O processamento por via seca é o mais comumente utilizado no país, e se baseia em levar os frutos integrais diretamente para a secagem a fim de evitar a fermentação indesejável e/ou a decomposição das cerejas. A secagem pode ser feita em secadores mecânicos ou por secagem em terreiro sob o sol. Os frutos devem atingir de 10 a 12 % de umidade durante a secagem, é o percentual ideal para armazenamento e beneficiamento do café (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL, 2017; CORTÉS-MACÍAS et al., 2022; KIM et al., 2022). Finalizada a secagem inicia-se o beneficiamento do café de maneira mecanizada, procedendo com o descascamento das cerejas, que remove da casca ao pergaminho e parte da prata do café. Obtém-se assim o café verde descascado e não lavado (Figura 3) (BARRIOS-RODRÍGUEZ et al., 2021; KIM et al., 2022).

Figura 3 – Grãos de café beneficiado (*Coffea canephora*).



Fonte: Acervo pessoal do autor.

No processamento por via úmida são necessárias cerejas mais selecionadas, exigindo uma colheita seletiva ou posterior separação dos frutos que precisam estar maduros, ou seja, excluindo os verdes e as boias. Assim sendo, este processo gera um café de melhor qualidade e com mais valor agregado. Os frutos devem estar completamente maduros e por conseguinte, com a casca menos aderida ao grão, pois

o processo inicia-se com o descascamento e despulpamento das cerejas (HAMDOUCHE et al., 2016; SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL, 2017; CORTÉS-MACÍAS et al., 2022). Após o descascamento e despulpamento os grãos com endocarpo e cobertos por mucilagem passam por um processo de fermentação em água onde essa camada de pectina é degradada. Posteriormente esse café é lavado até a remoção completa da mucilagem, e então encaminhado a secagem (12 %). Após a secagem o café é encaminhado a uma máquina de beneficiamento que irá remover por atrito o pergaminho, obtendo enfim o café verde beneficiado (HAMDOUCHE et al., 2016; BARRIOS-RODRÍGUEZ et al., 2021).

Por fim, o processo semi-seco combina os métodos de via seca e úmida, pois se inicia com o descascamento e despulpamento assim como a via úmida descrita acima, todavia, pula a etapa de fermentação, encaminhando os grãos com pergaminho e mucilagem diretamente para a secagem (10 a 12 %) e posteriormente para a máquina de beneficiamento, que remove o pergaminho e a mucilagem seca do grão (BARRIOS-RODRÍGUEZ et al., 2021; CORTÉS-MACÍAS et al., 2022). O tipo de processamento pós-colheita afeta a composição fitoquímica dos grãos de café verde, que são ricos em compostos biologicamente ativos, como o ácido clorogênico, a cafeína e a trigonelina. Especificamente o tipo de secagem a que os grãos são submetidos e o processo de fermentação. A secagem dos grãos influencia na sua atividade metabólica, o que por consequência atua sobre a composição fenólica (KIM et al., 2022; KULAPICHITR et al., 2022; ACQUATICCI et al., 2023).

3.4 Composição do café

A casca da cereja de café trata-se de uma camada lignocelulósica compacta, composta basicamente por celulose, lignina e hemicelulose que representa de 40 a 50 % das cerejas em base seca. Além de conter também cafeína, taninos, pectina, monossacarídeo, dissacarídeos, proteínas, gorduras, fibra bruta e polifenóis, como o ácido clorogênico (63 mg/L de extrato de casca). O estágio de amadurecimento da cereja do café é identificado pela coloração da casca, apesar de que pode haver variação de cor do fruto amadurecido dependendo da variedade do cafeeiro. Diversos estudos que visam utilizar a casca, um resíduo do tratamento pós-colheita das cerejas de café, como fonte de compostos fenólicos, açúcares e fibra (DE FARIAS MARQUES et al., 2022; SABOGAL-OTÁLORA; PALOMO-HERNÁNDEZ; PIÑEROS-CASTRO,

2022; MAIMULYANTI et al., 2023).

A polpa da cereja de café corresponde a 30 % do peso total do fruto seco e 40 % do fruto úmido, sendo composta por 50 % de carboidratos, 20 % de fibras, 10 % de proteínas, 2,5 % de gordura, 6 – 10 % de minerais e 1,3 % de cafeína e polifenóis (DA SILVEIRA et al., 2020; HU et al., 2023). Sua composição é rica em fibra, cafeína, taninos, pectina e polifenóis, como flavan-3-óis, ácidos hidroxicinâmicos, flavonoides (epicatequina, catequina) e antocianinas, destacando-se a presença do ácido clorogênico como principal composto fenólico (DA SILVEIRA et al., 2020; MYO; KHAT-UDOMKIRI, 2022; ONTAWONG et al., 2023). A polpa como um resíduo do processamento úmido do café vem sendo visada para a extração principalmente de cafeína e de polifenóis, alguns autores também pesquisam sobre a extração da pectina provinda da mucilagem na polpa do café (MANASA; PADMANABHAN; ANU APPAIAH, 2021; LOUKRI et al., 2022; SERNA-JIMÉNEZ et al., 2023).

O pergaminho é uma camada lignocelulósica fibrosa que recobre o grão verde do café. Para utilização deste resíduo as pesquisas atuais visam sua utilização como fonte de fibra. O endocarpo se apresenta como uma boa fonte de fibras dietéticas insolúveis (Xilanas, lignina e celulose). Possuindo cerca de 22 % de celulose e 53 % de lignina. Segundo Benitez (2019), os flocos de pergaminho se destacam na retenção de óleo, poder de geleificação e capacidade de hidratação, assim como propriedades hipoglicêmicas em testes *in vitro* (BENITEZ et al., 2019; REIS et al., 2020). A película de prata é uma camada fina que reveste o grão verde de café e o separa do restante do fruto. Geralmente se destaca no momento da torra do grão. A prata do café é composta por 86 % de fibra alimentar solúvel e possui baixo teor de gordura. A composição da prata favorece sua capacidade de retenção de água e de espessar e estabilizar emulsões (PALANISAMY THANGAVELU et al., 2022).

3.4.1 Composição do café verde

A semente é a parte de real interesse econômico no fruto do cafeeiro, sendo considerado café verde o grão seco não torrado provindo de cerejas maduras que passaram pelo processo de pós-colheita e beneficiamento (Figura 3). No café verde estão concentrados uma grande gama de compostos bioativos oriundos do metabolismo primário e secundário da planta. O teor desses compostos pode variar de acordo com fatores intrínsecos, como a variedade e estágio de maturação na

colheita, e extrínsecos, como condições de climáticas e de cultivo, disponibilidade hídrica e pós-colheita (JESZKA-SKOWRON; FRANKOWSKI; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, 2020; WORKU; ASTATKIE; BOECKX, 2023).

O café verde vem sendo pesquisado quanto as suas propriedades funcionais devido ao seu elevado percentual de estruturas bioativas. Sua composição fitoquímica é composta por macronutrientes, micronutrientes, diterpenos, ácidos fenólicos, metilxantinas e ácidos nicotínicos. Quando se compara as duas espécies com maior importância socioeconômicas quanto aos macronutrientes, o café arábica possui maiores teores de carboidratos, proteínas e fibras, com 9-12; 9,8 e 46 - 53 g/ 100g, do que o café robusta, com 6-11; 9,5 e 35 - 44 g/ 100g, respectivamente (KLEINWÄCHTER; BYTOF; SELMAR, 2015; FENG et al., 2023).

Aproximadamente metade da composição da semente do café se baseia em polissacarídeos (celulose e hemicelulose) não digeríveis, constituindo assim fibras dietéticas. O grão também possui carboidratos simples, como monossacarídeos (frutose, glicose, galactose, manose e arabinose), e oligossacarídeos, como sacarose (dissacarídeo), rafinose (trissacarídeo) e estaquiose (tetrassacarídeo). Dos carboidratos simples do grão de café, a sacarose é a mais representativa, consistindo em mais de 90 % dos açúcares da semente (SERNA-JIMÉNEZ et al., 2023).

O café verde arábica possui de 15 a 17 % de teor lipídico se destacando contra os 7 a 10 % presentes no robusta. Em ambos, cerca de 75 % dos lipídios são compostos por triacilgliceróis, 18,5 % por diterpenos e ácidos graxos livres (AGL) e 4,9 % por esteróis. O cafestol e kahweol são os diterpenos mais representativos do café verde, se destacando no arábica em detrimento do robusta, todavia o 16-O-metilcafestol, um derivado do cafestol, é de maior ocorrência no robusta, atuando como um marcador analítico da variedade (KLEINWÄCHTER; BYTOF; SELMAR, 2015; SILVA et al., 2022a; VIENCZ et al., 2023).

Quanto aos AGL, o arábica possui maior conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados, como o ácido linolênico, enquanto a robusta se sobressai em conteúdo de ácidos graxos saturados e monoinsaturados, como o ácido oleico. O perfil lipídico do robusta está mais associado aos diacilgliceróis e fosfolipídios, enquanto o do arábica está mais ligado aos triacilgliceróis e ao C5-HTs (uma forma lipídica mais compacta) (KLEINWÄCHTER; BYTOF; SELMAR, 2015; SILVA et al., 2022a).

O conteúdo mineral dos grãos de café verde varia pouco em relação ao arábica (4,2 g/100g) e robusta (4,4 g/100g). Oligoelementos como cálcio, cobre, manganês e

selênio atuam juntamente com metabólicos secundários do café, como o ácido clorogênico nas vias de oxirredução da planta, auxiliando na sua ação protetora contra o estresse oxidativo. O café verde possui cerca de 13,3 mg/kg de cobre e 24,1 mg/kg de manganês, destes teores uma média de 62,3 e 31,5 % são arrastados para o extrato em processos de percolação (JESZKA-SKOWRON; STANISZ; DE PEÑA, 2016).

O café verde possui uma distinta composição fitoquímica, composta por metabólitos primários e secundários da planta. Destaque vem sendo dado atualmente a alguns metabólitos secundários que possuem propriedades benéficas relacionadas a sua atividade antioxidantes tanto em relação a sua aplicação em sistemas alimentares susceptíveis a oxidação, quanto seu efeito na neutralização de radicais livres oriundos de estresse oxidativos em organismos vivos (HU et al., 2023; SERNA-JIMÉNEZ et al., 2023). Os principais metabólitos secundários do café verde são o ácido clorogênico e seus isômeros, a cafeína e a trigonelina. Também são encontrados no café verde alcaloides, terpenoides e carotenoides. Os fitoquímicos do café verde vêm sendo estudados quanto ao seu potencial funcional na saúde humana, devido a sua ação antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, hipoglicemiante e hepatoprotetora (HU et al., 2023; SERNA-JIMÉNEZ et al., 2023).

O café verde tem sua ação antioxidante atribuída principalmente aos seus ácidos fenólicos, majoritariamente o ácido clorogênico e lactonas, como ácidos cafeoilquínicos, feruloilquínicos e dicafeoilquínicos (BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019). Entre os isômeros do ácido clorogênico, o Ácido 5- O -cafeoilquínico (5-CQA) é o mais representativo do grão verde do café, assim como vários ácidos diacil e triacilquínicos. Dos ácidos mono cafeoilquínicos, os isômeros 5-CQA, 4-CQA e 3-CQA são os mais representativos, nessa ordem. O grão verde de café robusta se destaca quanto aos teores de ácido clorogênico em detrimento do arábica, possuindo 42,26; 6,78 e 5,07 mg/100g em contraste aos 37,88; 5,28 e 3,64 mg/100g do arábica de 5-CQA, 4-CQA e 3-CQA, respectivamente (BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019; MACHEINER et al., 2019; BONDAM et al., 2022; WORKU; ASTATKIE; BOECKX, 2023).

O café robusta possui também teores superiores de ácido dicafeoilquínicos (diCQA), considerando os isômeros 4,5- diCQA; 3,5- diCQA e 3,4- diCQA, com 4,49; 4,84 e 5,45 mg/100g em detrimento dos 2,32; 2,73 e 1,92 mg/100g do CA, respectivamente (BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019; DONG et al., 2023; WORKU;

ASTATKIE; BOECKX, 2023). As metilxantinas mais representativas no café verde são a cafeína, teofilina e teobromina, todavia, a primeira se destaca em teor e grau de importância. O percentual de cafeína no grão verde se altera de acordo com a espécie do café, com a *C. canephora* (1,5 a 4 %) se destacando em detrimento da *C. arábica* (0,7 a 1,6 %) (BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019; MACHEINER et al., 2019; SERNA-JIMÉNEZ et al., 2023).

Consequentemente, tanto no grão verde quanto em infusões aquosas o café robusta apresenta níveis superiores de cafeína. Jeszka-Skowron, Frankowski e Zgola-Grzeskowiak (2020) encontraram teores entre 13,7 e 25,6 mg/g e 10,1 a 13,9 mg/g para infusões de café verde robusta e arábica, nessa ordem. A cafeína e a teobromina possuem estruturas que propiciam a neutralização de radicais hidroxilas, portanto, atuam como importantes compostos antioxidantes do café verde (MACHEINER et al., 2019; JESZKA-SKOWRON; FRANKOWSKI; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, 2020; DONG et al., 2023; SERNA-JIMÉNEZ et al., 2023). Os teores de teobromina não variam significativamente, quando se compara as variedades de café robusta e arábica. Entretanto, há uma grande diferença de níveis ao se comparar o conteúdo de teofilina dos grãos, que é mais abundante nos robusta, porém, ao realizar infusões este composto é arrastado a níveis indetectáveis (JESZKA-SKOWRON; FRANKOWSKI; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, 2020).

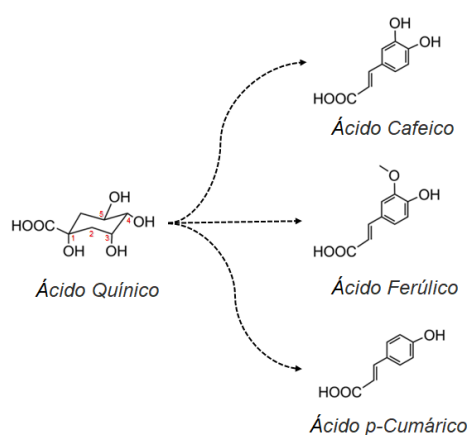
O ácido nicotínico e a nicotinamida são oriundos da degradação da trigonelina no café, por isso estão presentes em maiores proporções em grãos torrados. Os teores desses compostos são baixos em grãos verdes, mas após tratamento térmico os níveis de ácido nicotínico podem aumentar em até 17 vezes e da nicotinamida em até 4 vezes (JESZKA-SKOWRON; FRANKOWSKI; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, 2020). Estes dois compostos também são precursores da vitamina B₃ (niacina).

A trigonelina é abundante no grão verde do café, representando aproximadamente 1 % do seu peso em base seca. Quanto ao conteúdo de trigonelina, o café arábica possui um teor superior, chegando a aproximadamente 17 mg/g, quando comparado ao robusta, que se aproxima de 13 mg/g. Entretanto, o percentual de degradação deste composto é maior em cafés da variedade robusta (JESZKA-SKOWRON; FRANKOWSKI; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, 2020; DONG et al., 2023; VIENCZ et al., 2023).

3.5 Ácido clorogênico

Os ácidos clorogênicos (AC) são ácidos fenólicos amplamente distribuídos no reino vegetal, sendo o café a principal fonte, contribuindo com até 1 mg/mL de café coado na ingestão diária (BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019). Os AC são derivados da esterificação entre ácidos hidroxicinâmicos, como ácidos cafeico, ferúlico e p-cumárico; e o ácido quínico (Figura 4); sendo também conhecidos como trans-cinâmico (HALL; TREVISAN; DE VOS, 2022).

Figura 4 – Estrutura do ácido cinâmico e dos principais ácidos hidroxicinâmicos.



Fonte: Adaptado de Clifford et al. (2017).

As lactonas do ácido clorogênico são classificadas de acordo com o ácido cinâmico esterificado e com a posição do anel ciclohexano no ácido quínico. Quando a esterificação ocorre com o ácido cafeico, são denominados de ácido cafeoilquínico (ACQ). Dependendo do número de resíduos de ácido cafeico ligados, podem ser classificados pelo prefixo “mono” e “di”, sendo ácidos monocafeoilquínico e dicafeoilquínico (diACQ) (BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019).

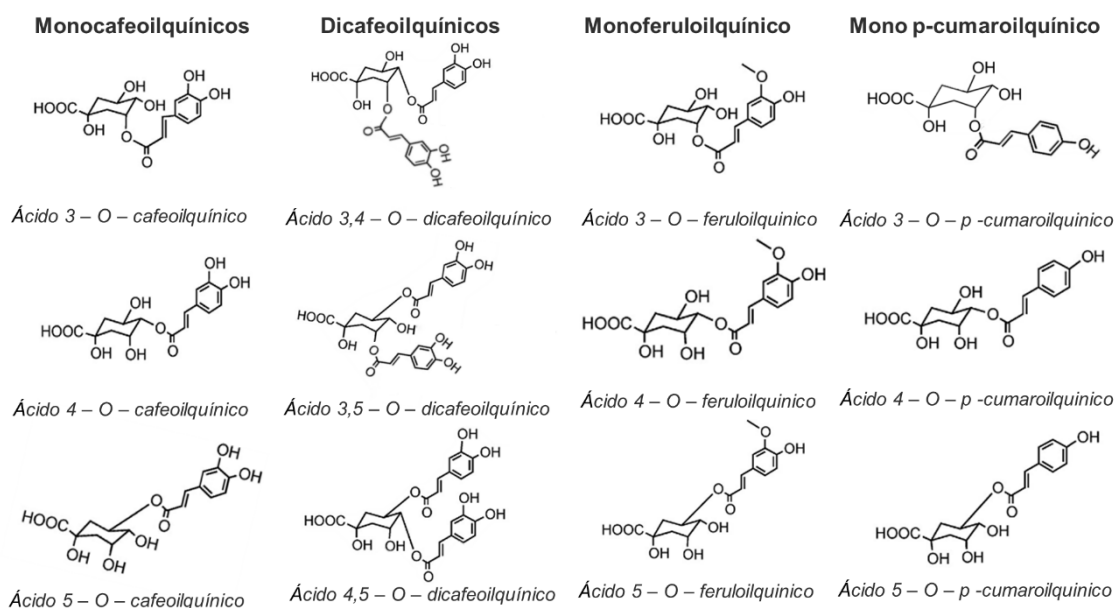
O mesmo se dá para os ácidos ferúlico e p-cumárico, sendo denominados como ácidos feruloilquínico (AFQ) e ácidos p-cumaroilquínico (ApCQ), respectivamente. Quanto ao número de insaturações, similarmente ao descrito acima, é indicado por prefixos. Não necessariamente serão os mesmos tipos de resíduos de cinâmicos esterificados, podendo formar compostos como o ácido 3 - O - p - cumaroil - 4 - O - cafeoilquínico e o ácido 3 - O - feruloil - 4 - O - cafeoilquínico, por exemplo (BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019).

Os compostos fenólicos mais abundantes são os ácidos cafeoilquínico,

dicafeoilquínicos, feruloilquínicos, p-cumaroilquínicos e cafeoil-feruloilquínicos. Do conteúdo total de fenólicos do café verde, o ACQ é o grupo mais representativo, englobando mais de 85%. Seus principais isômeros são o 5, 4 e 3 para monocafeoilquínicos e os 3,4; 3,5 e 4,5 para os dicafeoilquínicos (Figura 5) (CLIFFORD et al., 2017; BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019; HALL; TREVISAN; DE VOS, 2022).

O isômero ácido 5 – O – cafeoilquínico (5-ACQ) é o mais abundante na natureza, bem como no café verde, englobando até 69% dos ACQ. Por esse motivo, o 5-ACQ é a principal molécula a ser utilizada na identificação cromatográfica do AC. O 4-ACQ representa de 8,5 a 11,4 % e o 3-ACQ de 4,4 a 6,8 % (HALL; TREVISAN; DE VOS, 2022). Quanto aos compostos AFQ e ApCQ, os isômeros 3, 4 e 5 também são os mais representativos no café verde (BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019).

Figura 5 – Principais isômeros de ácido clorogênico em grãos de café.



Fonte: Adaptado de Clifford et al. (2017).

3.6 Metilxantinas

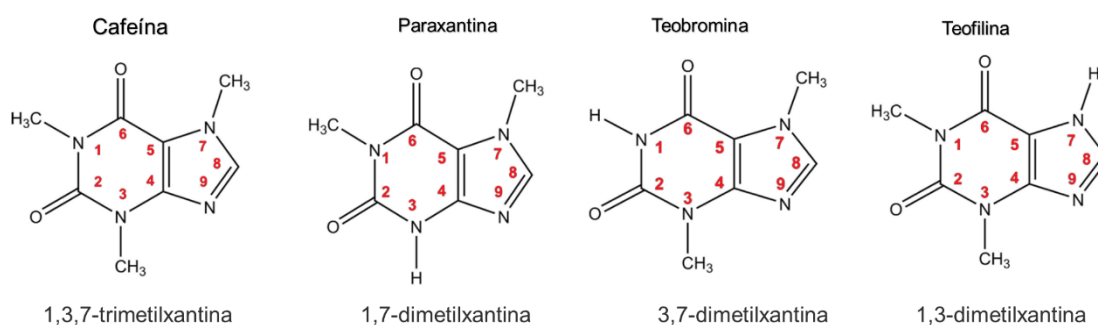
As metilxantinas (MX) constituem um grupo de alcaloides com base purínica (com dois anéis de carbono e nitrogênio – hexagonal e pentagonal) amplamente distribuídos. As MX identificadas até o momento na natureza foram a cafeína, teobromina, teofilina, aminofilina, 3-isobutil-1-metil xantina, paraxantina e

pentoxifilina. O café (*Coffea*), o chá (*Camellia sinensis*) e o cacau (*Theobroma cacao*) são principais fontes de cafeína, teobromina e teofilina (ONÃTIBIA-ASTIBIA; MARTÍNEZ-PINILLA; FRANCO, 2016; CARRAGETA et al., 2018).

Metilxantinas são os principais psicoestimulantes consumidos naturalmente por humanos, possuindo ação no sistema nervoso central (SNC) e culminando no aumento de atividades motoras (LIU et al., 2023). A cafeína é a principal MX ingerida, pois está presente em uma gama de alimentos, como em bebidas à base de café, chás, produtos de chocolate e guaraná (CARRAGETA et al., 2018).

A cafeína é uma xantina de tripla metilação (1,3,7-trimetilxantina) com rápida absorção no sistema gastrointestinal. Cerca de 80% da cafeína se converte em 1,7-metilxantina, seguidas por 3,7-metilxantina (12%) e 1,3-metilxantina (7%). Esses compostos são conhecidos como paraxantina, teobromina e teofilina, respectivamente (Figura 6) (CAMANDOLA; PLICK; MATTSON, 2019; LIU et al., 2023).

Figura 6 – Principais metilxantinas do café verde.



Fonte: Adaptado de Carrageta et al. (2018).

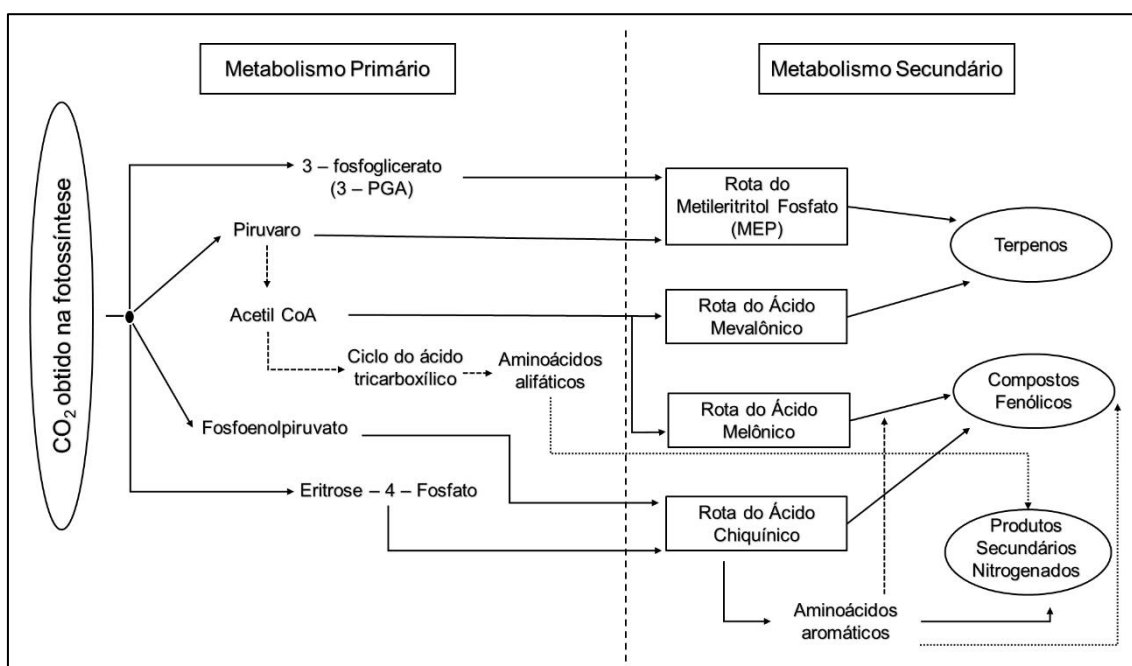
3.7 Diterpenos

Os terpenos englobam uma grande classe de metabólitos secundários comumente produzidos nas plantas, podendo ser classificados como alcenos naturais, ou seja, são hidrocarbonetos com uma ligação dupla entre carbonos (C). Os terpenos são formados pela junção de unidades isoprênicas (C₅) a partir do acetil Co A ou intermediários glicolíticos, formando compostos geralmente lipofílicos (TAIZ et al., 2021).

Os terpenos podem ser classificados segundo o número de unidades isoprênicas, podendo ser hemiterpenos (5 C), monoterpenos (10 C), sesquiterpenos

(15 C), diterpenos (20 C), triterpenos (30 C), tetraterpenos (40 C) e politerpenos (>40 C). Os terpenos são formados a partir do metabolismo secundário do carbono com produtos oriundos do metabolismo primário. Há duas rotas possíveis para a formação dos terpenos, a do ácido mevalônico ($C_6H_{12}O_4$) e a do metileritritol fosfato (MEP), que a partir de uma série de reações formam a unidade básica para sintetizar os terpenos, o isopentenil difosfato ($C_6H_{12}O_7P_2$ - IPP) (Figura 7) (TAIZ et al., 2021).

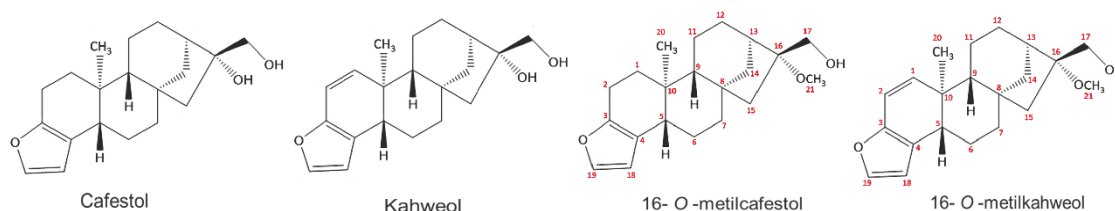
Figura 7 – Esquema simplificado da formação de compostos fenólicos e terpenos.



Fonte: Adaptado de Taiz et al. (2021).

A fração lipídica do café é composta basicamente por triacilgliceróis, diterpenos livres e esteróis, bem como dos produtos da esterificação dos dois últimos (WANG et al., 2018). Os diterpenos mais importantes do café são o cafestol ($C_{20}H_{28}O_3$), o kahweol ($C_{20}H_{26}O_3$), o 16-O-metilcafestol ($C_{21}H_{30}O_3$) e o 16-O-metilkahweol ($C_{21}H_{28}O_3$) (Figura 8) (MOEENFARD; ALVES, 2020). Entretanto, apenas 0,4 % da fração lipídica do café corresponde a diterpenos livres, a maior parte, cerca de 18% do conteúdo lipídico do café, corresponde a diterpenos esterificados com ácidos graxos (WANG et al., 2018).

Figura 8 – Principais diterpenos do café verde.



Fonte: Adaptado de Moeenfard e Alves (2020).

O 16- O -metilcafestol (16-OMC) é um diterpeno mais abundante no café robusta, quando comparado ao arábica. Até recentemente considerava-se o 16-OMC um composto exclusivo do café robusta, porém, produtos de sua esterificação foram encontrados no café arábica (GUNNING et al., 2018). Os principais ácidos graxos em que se há relato de esterificação diterpênica no café são os ácidos graxos de cadeia longa C₁₆, C₁₈, C_{18:1} e C_{18:2}; e os de cadeia muito longa C₂₀ e C₂₂ (WANG et al., 2018).

Considerando o conteúdo total de diterpenos do café verde, o café arábica possui teores superiores, com 1,3 a 1,9 % em base seca, do que o café robusta, com 0,2 a 1,5 % em base seca. O cafestol e o 16-OMC são os diterpenos predominantes no café verde robusta e o kahweol o mais representativo no café verde arábica (MOEENFARD; ALVES, 2020).

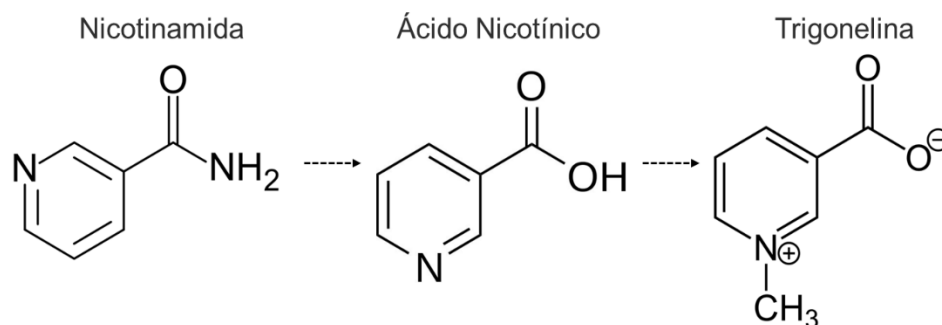
3.8 Trigonelina

A trigonelina o segundo fitoalcaloide mais importante no café verde, sendo superado apenas pelas metilxantinas (YISAK; REDI-ABSHIRO; CHANDRAVANSI, 2018; PEERAPEN; BOONMARK; THONGBOONKERD, 2022). A trigonelina, também denominada de ácido *N* – metil nicotínico, é um derivado da conjugação *N* – metil de piridinas (JESZKA-SKOWRON; FRANKOWSKI; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, 2020). A trigonelina é um metabólito secundário nitrogenado que corresponde de 1 a 2% do peso seco das sementes verdes do café e trata-se de um composto antioxidante, termossensível e pode ser convertido em ácido nicotínico (Vitamina B₃) em processos de torra (ASHIHARA; DENG; NAGAI, 2011; MIZUNO et al., 2014; PEERAPEN; CHANTHICK; THONGBOONKERD, 2023).

Nas plantas, a principal via de formação da trigonelina ocorre pelo ciclo dos nucleotídeos das pirimidinas, que atuam no catabolismo e recuperação do NAD e NADP. A nicotinamida, uma das formas do Vitamina B₃, é formada por meio do

catabolismo do NAD, e posteriormente convertida pela enzima nicotinamidase em ácido nicotínico, também conhecido como niacina ou Vitamina B₃ (ASHIHARA; DENG; NAGAI, 2011; SASAMOTO; ASHIHARA, 2014). Por meio da enzima nicotinato fosforibosiltransferase a niacina é então recuperada e convertida em ácido nicotínico mononucleotídeo (NaMN). A partir do NaMN há duas rotas metabólicas principais que levam a síntese da trigonelina, pelo ciclo de nucleotídeos de pirimidina, que forma o nicotinato, um precursor imediato da trigonelina; ou pela formação do ribosídeo de nicotinato seguida pela síntese também do nicotinato. A trigonelina sintase é a enzima *N* - metiltransferase que promove a doação do grupo metil (CH₃) do S-adenosil-L-metionina (SAM) na síntese final da trigonelina (Figura 9) (ASHIHARA; DENG; NAGAI, 2011; SASAMOTO; ASHIHARA, 2014).

Figura 9 – Estrutura química da nicotinamida, ácido nicotínico e trigonelina.



Fonte: Sasamoto e Ashihara (2014).

3.9 Metodologia de seleção de artigos

Para a elaboração da revisão narrativa dos tópicos “3.10 Efeitos do café verde na saúde” e “3.11 Fatores que interferem na composição e na ação antioxidante do café” foi realizado um apanhado de artigos na base de dados Science Direct.

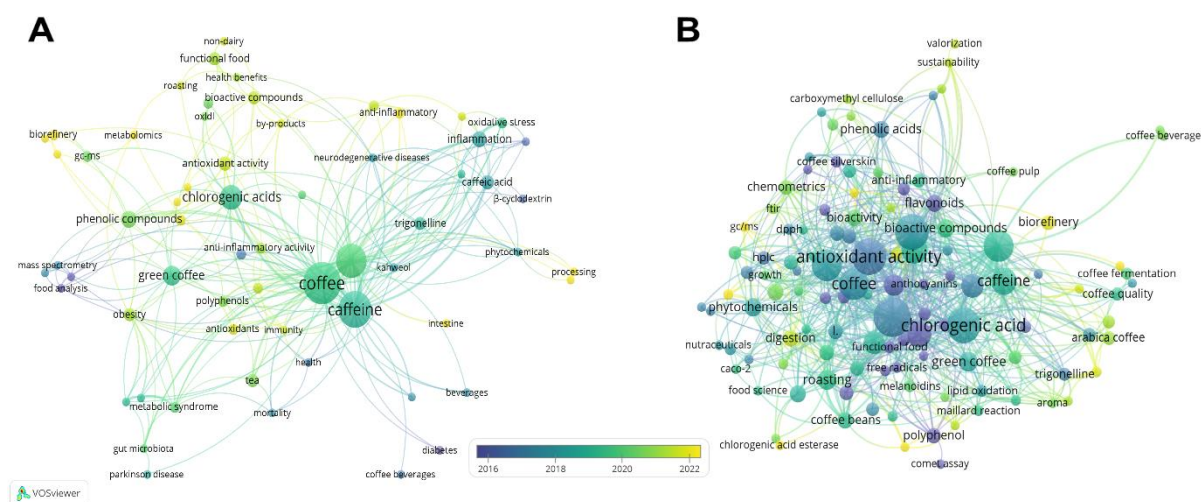
Os artigos do tópico 3.10 foram obtidos por meio das palavras-chave: *coffee*, *health*, *caffeine*, *chlorogenic acid* e *anti-inflammatory*; seguidas pelo operador boleado “AND”. A base de dados obteve 719 estudos correspondentes de 1967 a 2023, porém, após restringir a busca apenas para artigos de pesquisa entre os anos de 2021 e 2023, restaram apenas 109 artigos. Foi realizada então uma verificação individual desses artigos a fim de filtrar os que realmente abordavam sobre a ação dos componentes do café na saúde, obtendo os 25 trabalhos de referência a ação do café na saúde

humana.

Os artigos do tópico 3.11 foram obtidos por meio das palavras-chave: *Antioxidant activity, green coffee seed e Chlorogenic Acid*; seguidas pelo operador boleado “AND”. A Science Direct encontrou 465 artigos correspondentes, de 1999 a 2023. Devido ao grande volume de trabalhos as pesquisas foram delimitadas as produções científicas que fossem artigos de pesquisa do último ano, ou seja, de 2022 a 2023, chegando ao total de 99 artigos. Foi realizada então uma verificação individual desses artigos a fim de filtrar os que realmente abordavam sobre a atividade antioxidante do café, obtendo os 19 trabalhos referentes a ação antioxidante do café.

Na figura 10 pode-se visualizar um gráfico criado através do software VOSviewer 1.6.16 que demonstra a incidência das palavras-chave presentes artigos indicados pelas palavras-chave supracitadas.

Figura 10 – Análise gráfica no Software VOSviewer 1.6.16 de incidência de palavras-chave encontradas nos artigos.



A: Artigos que correspondem a pesquisa das palavras-chave “*Antioxidant activity AND green coffee seed AND Chlorogenic Acid*” na Science Direct.

A: Artigos que correspondem a pesquisa das palavras-chave “*Coffee AND Health AND Caffeine AND Chlorogenic Acid ANS Anti-inflammatory*” na Science Direct.

3.10 Efeitos do café verde na saúde

Os antioxidantes naturais do café vêm sendo visados devido a importância da aplicação de compostos com poder de reduzir o estresse oxidativo em níveis biológicos e tecnológicos. Biologicamente, o estresse oxidativo se refere ao

desbalanço entre as espécies reativas e compostos antioxidantes, o qual está associado a processos inflamatórios no organismo, podendo culminar em doenças metabólicas, ateroscleróticas, neurodegenerativas e câncer (RUMPF; BURGER; SCHULZE, 2023).

O estresse oxidativo se trata de um desequilíbrio entre a quantidade de espécies reativas produzidas, geralmente sendo radicais pró-oxidantes que reagem com o oxigênio (ERO) ou nitrogênio (ERN), e as espécies antioxidantes presentes. Esses radicais livres são espécies moleculares independentes que possuem um ou mais elétrons desemparelhados na camada de valência, o que os torna altamente reativos. Os EROs são espécies geradas naturalmente pela respiração celular, e são muitos mais reativos que o oxigênio molecular (O_2). Normalmente uma superprodução de EROs, ou seja, em quantidades superiores aos antioxidantes endógenos sintetizados, está associada aos estados patológicos em seres vivos (ARAÚJO, 2019).

A capacidade antioxidante do ácido clorogênico e da cafeína abundantes no café, assim como suas capacidades anti-inflamatórias já foram comprovadas em estudos *in vitro* por meio de macrófagos de camundongos. Os componentes bioativos do café demonstraram capacidade anti-inflamatória ao inibir importantes marcadores inflamatórios do organismo, como: óxido nítrico (ON), óxido nítrico sintase induzível (iNOS), ânion superóxido e citocinas pró-inflamatórias, fator de necrose tumoral-alfa ($TNF-\alpha$), interleucina-6 (IL-6) e 1β (IL- 1β), ciclooxigenase-2 (COX-2) e prostaglandina E2 (PGE 2). Os extratos aquosos de café foram capazes ainda de reduzir a translocação de p65NF- κ B, inativando por desfosforilação as vias de sinalização inflamatórias MAPK e fator nuclear kappa B (NF- κ B). Os extratos de café robusta se destacaram com melhor perfil antioxidante e anti-inflamatório em detrimento do arábica devido ao seu maior conteúdo de ácido clorogênico e cafeína (FUNAKOSHITAGO et al., 2022; LEMOS et al., 2022; ONTAWONG et al., 2023).

O ácido clorogênico e cafeína se mostraram especialmente eficientes na inibição da produção de ânion superóxido, $TNF\alpha$ e IL- 6 (LEMOS et al., 2022; SILVA et al., 2022b; ONTAWONG et al., 2023). Nesse contexto, de ação anti-inflamatória e antioxidante dos componentes bioativos do café verde, seu potencial anticarcinogênico também foi atestado (SILVA et al., 2022b). Quando testado em câncer colorretal em ratos winstar os fitoquímicos do café verde demonstraram respostas favoráveis. O extrato de café verde pode diminuir a excreção de lactulose e

manitol pela urina, aumentar o teor de imunoglobulina secretora nas fezes e reduzir a progressão dos tumores colorretais malignos, mantendo a integridade da barreira intestinal dos ratos (SILVA et al., 2022b). O efeito de apoptose do extrato de café verde já foi também confirmado em linhagens celulares de adenocarcinoma de próstata PC-3 e DU-145. Os fitoquímicos do café verde mostraram ação especialmente efetiva na indução de apoptose em estágios avançados do câncer de próstata (MONTENEGRO et al., 2021).

Além dos efeitos benéficos supracitados, o ácido clorogênico foi apontado também por sua atuação na prevenção de doenças cardiovasculares (DCV) por medição da função vasodilatadora (FVD) da artéria braquial e alterações no lipídoma plasmático em estudos clínicos controlados randomizados. Foi determinado que o consumo de cerca 302 mg de um conjunto de diferentes isômeros de ácido clorogênico pode aumentar em até 1% a vasodilatação por até 24 horas após o consumo. Além de regular o metabolismo de ácidos graxos e da lipoproteína de baixa densidade oxidada (LDL - ox) ligada a processos ateroscleróticos relacionados ao desenvolvimento de DCV (LARA-GUZMÁN; ÁLVAREZ; MUÑOZ-DURANGO, 2021; NAYLOR et al., 2021).

O ácido clorogênico juntamente com a cafeína contribuem na redução do risco de desenvolvimento de obesidade, um quando clínico que impacta no desenvolvimento de diversas comorbidades. Esses fitoquímicos inibem a atividade da lipase pancreática, uma enzima secretada pelo pâncreas que possui a importante função de promover a hidrólise de lipídeos no sistema digestivo humano. O ácido clorogênico é apontado como inibidor da enzima ácido graxo sintase, enquanto a cafeína inibe a lipase pancreática e promove a lipólise. Por meio de testes em lipases pancreáticas suínas, Ahmad et al. (2021) determinou que a concentração de ácido clorogênico e cafeína afetam diretamente a capacidade de inibição da lipase. Assim sendo, em proporções de até 200 µg/mL é possível obter uma inibição de até 79,63 % dessa enzima (AHMAD et al., 2021).

Os benefícios da cafeína em relação a prevenção da obesidade e das comorbidades causadas foram comprovadas em camundongos e humanos (HENN et al., 2023; MARTINS et al., 2023). O café favorece a redução da massa corporal, melhora o metabolismo da glicose e contribuiu com uma distribuição mais uniforme de tecido adiposo. Além disso, também auxilia na redução da síntese do marcador inflamatório IL-6 e da esteatose hepática, assim como diminui a infiltração de

macrófagos. Em camundongos com dietas hiper lipídicas, o café liofilizado correspondeu a 1 % da alimentação ingerida, assim sendo capaz de favorecer a expressão termogênica e a biogênese mitocondrial (RAMOS; DA COSTA; ARRUDA, 2022; EL-KERSH et al., 2023; MARTINS et al., 2023).

O café possui a capacidade de aumentar os níveis séricos de adipopeptina, um hormônio secretado pelas células do tecido adiposo que atua no sistema endócrino, melhorando a sensibilidade dos receptores à insulina e da Interleucina 13 (IL-13), que regula respostas inflamatórias. Com redução das concentrações de leptina e da proteína C-reativa (PCR), que geralmente estão altas em indivíduos em um estado altamente inflamatório, como é o caso da obesidade. Assim sendo, foi possível atestar que o consumo de 1 xícara de café diariamente reduz em até 4% o risco de desenvolvimento de diabetes melitos tipo 2 e de resistência à insulina (SHAHINFAR et al., 2021; OCHOA-ROSALES et al., 2023).

A cafeína e outras metilxantinas vem sendo apontadas como substâncias neuroprotetora devido ao seu efeito estimulante do Sistema Nervoso Central (SNC), prevenindo síndromes neurodegenerativas, como a doença de Parkinson e Alzheimer. A capacidade neuroprotetora da cafeína, da paraxantina e da teofilina estão diretamente relacionadas ao antagonismo não seletivo de receptores de adenosina (A_1 e A_{2A}). Além disso, a cafeína e paraxantina também possuem a habilidade de aumentar os níveis de glutathione, um antioxidante produzido intracelularmente (ARROYAVE-OSPINA et al., 2023; MATSUMURA et al., 2023).

LIU et al. (2023) determinou uma relação entre o teor de metabólitos da cafeína na urina e a função cognitiva de idosos. Os ácidos 1-metilúrico, teofilina e paraxantina foram os que mais impactaram na capacidade de aprendizado e na função executiva, ou seja, a capacidade cognitiva na execução de tarefas. Além da influência do consumo de café no SNC e conseqüentemente na proteção das funções cognitivas, a ingestão de 2 a 3 xícaras por dia foi também associada a menor incidência de desenvolvimento de problemas mentais como ansiedade e depressão (MIN et al., 2023).

A cafeína e a trigonelina foram estudados quanto ao seu efeito hepatoprotetor em humanos. Esses fitoquímicos induzem mecanismos de translação que protegem a funcionalidade dos hepatócitos (PEERAPEN; CHANTHICK; THONGBOONKERD, 2023). O café verde já demonstrou ótima capacidade de hepatoproteção quando testado em ratos winstar com necrose hepática induzida por paracetamol. Sua

capacidade de restaurar a funcionalidade das células hepáticas está atrelada principalmente a ação antioxidante e anti-inflamatória da cafeína (MAHMOUD et al., 2021).

Para potencializar a ação benéfica à saúde dos componentes bioativos do café é importante considerar o nível de torra do grão, pois influencia a absorção de compostos fenólicos em nível biológico. O ácido clorogênico, composto mais predominante no grão em estado verde, quando estudado em modelo *in vitro* de digestão gastrointestinal e fermentação colônica foi decomposto principalmente no intestino delgado, com as frações adjacentes sendo degradadas no cólon. Enquanto as melanoidinas do café torrado atuaram similarmente as fibras, sendo mais estáveis durante a digestão. A atividade antioxidante e bioacessibilidade dos fitoquímicos do café apresentaram maior eficiência na digestão intestinal. Perdendo sua atividade eventualmente devido as interações com outros componentes, como minerais e ferro, no ambiente alcalino da digestão intestinal (WU et al., 2022).

Portanto, diversos estudos reportaram os benefícios a saúde humana dos compostos bioativos naturalmente disponíveis no café, apresentando efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios, hiperglicêmicos, hipolipemiantes, neuro protetor, hepatoprotetor, entre outros. Assim, apenas o consumo de café já está associado a redução do risco de desenvolvimento de diversas comorbidades (HOU et al., 2022). Os compostos bioativos do café ainda podem ser bastante explorados quando a sua funcionalidade em aplicações industriais, trazendo efeitos duplamente benéficos.

3.11 Fatores que interferem na composição e na ação antioxidante do café

Os potenciais antioxidantes do café vem sendo amplamente estudando devido ao seu amplo espectro de compostos bioativos com ação antioxidante, como o ácido clorogênico e a cafeína. As análises antioxidantes mais frequentemente realizadas são com os radicais 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfônico (ABTS) e de total de compostos fenólicos, e menos frequentemente a de determinação de redução de íons férricos (FRAP). Porém, diversos fatores podem influenciar a composição fenólico e atividade antioxidante dos grãos de café (SCHWARZMANN; WASHINGTON; RAO, 2022).

Ao compara a ação antioxidante de cafés verdes, torrados e solúveis das variedades arábica e robusta é possível observar que a torra do café afeta

significativamente o conteúdo fenólico dos grãos. Isso ocorre devido à degradação dos isômeros do ácido clorogênico e a formação das melanoidinas. Os compostos fenólicos estão mais atrelados a maiores capacidades antioxidantes do que as melanoidinas, apesar de também possuírem certa atividade. Assim sendo, cafés verdes ou levemente torrados demonstram maior capacidade antioxidante, principalmente na neutralização de íons férricos (FRAP), em comparação com os fortemente torrados ou solúveis. De café verde para torra clara e escura ocorre uma queda significativa da representatividade antioxidante principalmente para ácidos diclorogênicos a cafeína (EL-HAWARY et al., 2022).

Segundo Liao et al. (2022) os grãos de café apresentaram uma tendência a elevar sua atividade antioxidante e conteúdo fenólico quando submetidos a torra média, porém, todas as amostras tiveram uma redução das concentrações na torra escura. Isso ocorre, pois, algumas melanoidinas de baixo peso molecular formadas durante a torra do café podem compensar até certo ponto a capacidade antioxidante perdida com a degradação dos isômeros do ácido clorogênico. Todavia, esses componentes possuem atividade redutora inferior aos compostos presentes no café verde (LIAO et al., 2022). Assim, na torra escura a degradação de compostos é muito elevada e ocorre a perda fenólicos, culminando nessa redução da atividade antioxidante (CORTÉS-MACÍAS et al., 2022).

O café verde apresenta elevada concentração de polifenóis e atividade antioxidante pronunciada, sendo especialmente abundantes em ácidos cafeoilquínicos e cafeína (AHMED ALI et al., 2022). Entretanto, ao comparar variedades, é possível determinar que o café verde robusta apresenta maior potencial antioxidante, com 65,87 % quando comparado ao grão verde arábica, com 59,81 %. Ao fracionar componentes específicos do café verde e avaliar sua capacidade antioxidante, conclui-se que os ácidos monoclorogênicos possuem o maior potencial (GRZELCZYK et al., 2022).

Além do nível de torra e variedade, alguns autores levantaram a hipótese de que o tratamento pós-colheita e o processamento também desempenham um papel na composição fenólica e atividade antioxidante dos grãos (CORTÉS-MACÍAS et al., 2022; VÁRADY et al., 2022). Em relação a influência do pós-colheita (via seca, úmida e semi-seca), Cortés-Macías et al. (2022) concluíram que, apesar de influenciar aspectos sensoriais da bebida, não atua de maneira significativa na composição fenólica dos grãos. Todavia, ao considerar o processamento, pode-se afirmar que

processos fermentativos tendem a elevar a atividade antioxidante e composição fenólica dos grãos (CORTÉS-MACÍAS et al., 2022; VÁRADY et al., 2022).

Outro fator que influencia na atividade antioxidante do café é o processo de secagem pós-colheita, como por exemplo, a secagem em terreiro (ST), por bomba de calor (BC) e em bandeja (SB). O teor de ácido clorogênico está diretamente ligado a atividade antioxidante do café, sendo que segundo o estudo consultado, a ST e a secagem em BC à 50 °C apresentam concentrações finais semelhantes de ácido clorogênico. Aparentemente, maiores temperaturas de secagem geram grãos com valores superiores de atividade antioxidante e composição fenólica. Se destacando a secagem por BC à 50 °C com até 91,0 % de atividade antioxidante (KULAPICHITR et al., 2022).

Há muitos fatores que podem influenciar o conteúdo fenólico dos grãos de café. A altitude de cultivo foi testada por Martinez et al. (2022) no desenvolvimento de cafés arábica na região de Caparaó, Brasil. Em altitude de 1200 metros, foram encontrados os maiores teores de compostos fenólicos e de atividade antioxidante. Entretanto, em relação às outras altitudes avaliadas (800, 1000 e 1400 metros) não foi encontrado um padrão devido à grande variabilidade nos teores medidos. Assim, não é possível afirmar que a altitude de cultivo influencia de fato o teor fenólico dos grãos de café (MARTINEZ et al., 2022).

Porém, considerando diferentes origens geográficas foi possível determinar que se trata de um fator que culmina em variações no conteúdo bioativo do café verde (MIAO et al., 2022). Ao considerar países da África, América do Sul e Central os estudos divergem quanto aos dados. Enquanto alguns relatam maiores teores de compostos fenólicos em amostras de café verde da América do Sul, mais especificamente no Brasil, com atividade antioxidante em torno de 94,17% (DEMIANOVÁ et al., 2022). Outros destacam o café verde de Honduras, América Central, pelo conteúdo fenólico, enquanto o Brasil, apresenta a menor concentração (MIAO et al., 2022; DONG et al., 2023). Portanto, até mesmo grãos da mesma origem geográfica, porém, de lotes diferentes apresentam variações significativas no conteúdo bioativo, principalmente quanto a cafeína e ação antioxidante (DEMIANOVÁ et al., 2022; MIAO et al., 2022; DONG et al., 2023).

Recentemente vem crescendo o interesse na aplicação do café verde em produtos variados devido a sua ação antioxidante comprovada. Há estudos sobre sua aplicação em alimentos, como por exemplo, a aplicação do pó de café verde em

almôndegas bovinas nas proporções de 250, 500 e 1000 ppms. Em carne bovina foi possível observar capacidade antioxidante hidrofílica (H-DPPH) superior à lipofílica (L-DPPH) (SAYED MOSTAFA; FAWZY EL AZAB, 2022). Isso é devido à natureza dos fitoquímicos antioxidantes do café, que apresentam uma inclinação polar. O pó de café verde demonstrou capacidade de manter a integridade oxidativa das almôndegas (SAYED MOSTAFA; FAWZY EL AZAB, 2022).

Alguns subprodutos e resíduos do pós-colheita e processamento do café também vem recebendo destaque em estudos sobre suas possíveis aplicações. Extratos e sedimentos de biomassa residual gerada da prensagem a frio do café verde para a obtenção de óleo podem ser aplicados em filmes de carboximetilcelulose para embalagens ativas. Os filmes incorporados de extratos e sedimentos da biomassa são positivamente influenciados quanto ao seu efeito antioxidante, principalmente na proteção oxidativa de sistemas polares (VIDAL et al., 2022).

Outro resíduo que vem sendo explorado é a borra do café. O extrato da borra de café verde especificamente, quando aplicada em filmes comestíveis de proteína de soro de leite resultam em boa capacidade carreadora de compostos fenólicos. Os componentes antioxidantes desse extrato mantem a integridade oxidativa dos filmes por até 12 meses à 5 °C, com capacidade antioxidante de até 73,2 % (PAPADAKI et al., 2022). Ao submeter o próprio café verde aos seus resíduos ao processo de fermentação espontânea é possível alterar o perfil e bioatividade dos polifenóis. A fermentação retarda a putrefação dos resíduos do café e aumentou a atividade antioxidante, provavelmente devido a atividade enzimática que impulsiona a produção de moléculas de menor peso molecular e, portanto, com maior atividade antioxidante (ABBASI-PARIZAD et al., 2022).

Os materiais utilizados na extração dos componentes bioativos do café interferem diretamente na concentração dos componentes de interesse. Ou seja, se será utilizado o próprio grão ou resíduos de seu processamento, assim como qual resíduo será utilizado, como borras, prata ou pergaminho do café. Sendo também essencial definir o melhor método de extração aplicável. Como os componentes de interesse do café são hidrofílicos, geralmente utiliza-se uma extração aquosa convencional. Porém, há vantagens em realizar essa extração com assistência do ultrassom, que pode extrair de 22,2 a 55,3 % mais compostos fenólicos do material (SERNA-JIMÉNEZ et al., 2023).

De todo modo, o café e seus resíduos podem ser definidos como uma ótima

fonte de polifenóis. Devido a sua atividade antioxidante os polifenóis podem ser aplicados em diversos setores, como alimentícios e farmacêuticos (SERNA-JIMÉNEZ et al., 2023). Não obstante, o conteúdo fenólico e atividade antioxidante do café apresentam grandes variações de acordo com sua origem geográfica, espécie e variedade, com as técnicas de cultivo, pós-colheita, processamento e de acordo com a eficiência de extração dos seus compostos, como evidenciado ao longo do texto. Já existem pesquisas sobre sua aplicação como antioxidante natural em filmes e produtos alimentícios, porém, sua aplicação industrial ainda não é comum. Observe um resumo dos principais fatores que influenciam no conteúdo fenólico e atividade antioxidante do café na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Fatores que interferem na composição e ação antioxidante do café.

Matéria-prima	Análises antioxidantes	Resultado	Referência
Extratos de grãos de café <i>peaberry</i> torrados de diferentes origens geográficas.	ABTS, DPPH, FRAP e CFT	- O café <i>peaberry</i> é uma fonte abundante de antioxidantes, independentemente do estilo de preparo, porém a origem geográfica dos grãos interfere no potencial antioxidante.	Schwarzmann, Washington e Rao (2022)
Café verde, torrado e solúvel (<i>C. arabica</i> e <i>C. canephora</i>) do Brasil e Oriente Médio.	DPPH, FRAP e CFT	- A atividade antioxidante de diferentes amostras de café torrado e verde se correlacionava com diferenças na composição de metabólitos, onde os compostos fenólicos, como o ácido cafeoilquínico, eram mais cruciais do que as melanoidinas.	EI-Hawary et al. (2022)
Café <i>C. canephora</i> da Índia e <i>C. arabica</i> do Brasil. Extratos dos grãos verdes e torrados.	DPPH	- Em extratos liofilizados, o café verde é mais estável porque possui maior teor de cafeína termoestável; - O uso de baixas temperaturas de processamento, abaixo de 110 °C, evita a degradação de compostos valiosos do café como ingrediente alimentar funcional.	Grzelczyk et al. (2022)
Extrato de grãos de café verde e torrado de diferentes origens geográficas.	DPPH e CFT	- Os fenólicos formados durante a torrefação do café podem compensar a diminuição da capacidade antioxidante devido à degradação do ácido clorogênico até certo ponto. Porém, os fenólicos no café verde possuem capacidade redutora superior.	Liao et al. (2022)

*ABTS: 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico); DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazil; FRAP: *Ferric Reducing Antioxidant Power*; CFT: Compostos fenólicos totais; ORAC: *Oxygen Radical Absorbance Capacity*; CUPRAC: copper reducing antioxidant capacity.

Tabela 1 – Continua.

<p>Grãos de café <i>C. arabica</i> verdes e torrados de tratamentos pós-colheita seco, semi-seco e úmido na Colômbia.</p>	<p>ABTS, DPPH e CFT</p>	<p>- A influência da concentração de ácidos clorogênicos na atividade antioxidante é mantida em amostras de café verde, enquanto no café torrado a capacidade antioxidante pode estar correlacionada principalmente com outros compostos gerados durante o tratamento térmico. Já os métodos de pós-colheita não afetaram a ação antioxidante, somente os atributos sensoriais.</p>	<p>Cortés-Macías et al. (2022)</p>
<p>Grãos de café <i>C. arabica</i> verdes e torrados especiais de diferentes localidades e processamentos.</p>	<p>ORAC e CFT</p>	<p>- O método de processamento afeta a composição bioativa do café; - Grãos fermentados anaerobiamente apresentaram maiores teores de compostos bioativos e demonstraram maior atividade antioxidante no café torrado.</p>	<p>Várady et al. (2022)</p>
<p>Seis variedades diferentes de café verde <i>C. arabica</i> iemenita.</p>	<p>ABTS, DPPH, FRAP, CUPRAC e CFT</p>	<p>- A cafeína e os ácidos cafeoilquínicos foram os principais fito constituintes; - Essas variedades podem ser consideradas como promotoras de saúde em escala industrial.</p>	<p>Ahmed Ali et al. (2022)</p>
<p>Café verde <i>C. arabica</i> L. cv. <i>catimor</i> da Tailândia com diferentes secagens pós-colheita.</p>	<p>DPPH, FRAP e CFT</p>	<p>- Os cafés verdes secos em bomba de calor à 50 ° C apresentaram maior CFT e atividades antioxidantes do que os cafés secos ao sol e em bandeja; - A bomba de calor a 50 °C é uma alternativa viável à secagem ao sol, considerando seu menor tempo de secagem e sua capacidade de preservar precursores de sabor, componentes bioativos, propriedades físicas e potencial antioxidante.</p>	<p>Kulapichitr et al. (2022)</p>

*ABTS: 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico); DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazil; FRAP: *Ferric Reducing Antioxidant Power*; CFT: Compostos fenólicos totais; ORAC: *Oxygen Radical Absorbance Capacity*; CUPRAC: copper reducing antioxidant capacity.

Tabela 1 – Continua.

Grãos de arabica do Caparaó (Brasil) em diferentes altitudes.	ABTS, DPPH e CFT	- A altitude não foi determinante na atividade antioxidante e composição fenólica.	Martinez et al. (2022)
Avaliação de 18 amostras de café verde de origens geográficas distintas.	CFT	- O conteúdo de polifenóis foi significativamente maior em grãos de café de <i>Baoshan Longyang</i> em comparação com outros locais. - Os fenólicos dos grãos de café asiáticos foram significativamente maiores em comparação com o café de outros continentes.	Miao et al. (2022)
Grãos verdes de <i>C. arabica</i> de regiões geográficas distintas.	DPPH e CFT	- A cafeína e a capacidade antioxidante total são as maiores variáveis entre grãos de diferentes origens geográficas; - 91,17% da variabilidade da localidade se deve as cetonas, ácidos, ésteres, aldeídos, alcenos, álcoois e nitrilas. Com destaque para as cetonas entre os voláteis.	Demianová et al. (2022)
Composição dos grãos de café <i>C. arabica</i> de diferentes origens geográficas	CFT	- O conteúdo bioativo de diferentes lotes de amostras coletadas da mesma região exibiu diferenças significativas, possivelmente devido às complexas influências da interação do processamento pós-colheita, tempo de armazenamento e condições de cultivo.	Dong et al. (2023)
Pó de café verde aplicado à almondegas bovinas.	DPPH e CFT	- Almôndegas com 500 e 1000 ppm de café obtiveram H-DPPH de 2 a 3,5 % maiores até a segunda semana de armazenamento em comparação com outras amostras. - A adição de café verde melhorou a luminosidade e a estabilidade das almôndegas por duas semanas.	Sayed Mostafa, Fawzy El Azab (2022)

*ABTS: 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico); DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazil; FRAP: *Ferric Reducing Antioxidant Power*; CFT: Compostos fenólicos totais; ORAC: *Oxygen Radical Absorbance Capacity*; CUPRAC: copper reducing antioxidant capacity.

Tabela 1 – Continua.

<p>Biomassa residual do óleo de café verde (<i>C. arabica</i> L.) prensado a frio (GCO) em filmes de carboximetilcelulose (CMC).</p>	<p>DPPH e CFT</p>	<p>- Os extratos de biomassa (EB) e sedimento (SE) conferiram aos filmes de CMC capacidade antioxidante; - Os filmes ativos de EB e SE mostraram alta liberação de antioxidantes em sistema polar, especialmente EB, afetando levemente as propriedades de barreira ao oxigênio dos filmes.</p>	<p>Vidal et al. (2022)</p>
<p>Extrato de borra de café verde da Grécia aplicada em filmes comestíveis de proteína de soro de leite.</p>	<p>DPPH e CFT</p>	<p>- Atividade antioxidante aumentou com a adição de café, com concentração máxima de 2,5 mg de extrato/g de filme; - Filmes de proteína de soro de leite com extrato de borra de café são uma embalagem ativa com potencial para armazenamento a longo prazo de alimentos suscetíveis a oxidações lipídicas.</p>	<p>Papadaki et al. (2022)</p>
<p>Borra de café sob fermentação espontânea.</p>	<p>DPPH e CFT</p>	<p>- CFT: 10,1 mg AGE/g em base seca; DPPH: 89,8 µM ET/ g em base seca; - A fermentação espontânea foi eficaz para retardar a putrefação dos resíduos e aumentou a atividade antioxidante.</p>	<p>Abbasi-Parizad et al. (2022)</p>
<p>Resíduos de polpa de café <i>C. arabica</i>, variedade Castillo Naranjal, derivados do método úmido.</p>	<p>CFT</p>	<p>- A metodologia de extração com água assistida por ultrassom foi considerada mais eficiente e sustentável. - Os principais polifenóis extraídos foram o ácido protocatecuico, ácido gálico, ácido 5-clorogênico, além da cafeína.</p>	<p>Serna-Jiménez et al. (2023)</p>

*ABTS: 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico); DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazil; FRAP: *Ferric Reducing Antioxidant Power*; CFT: Compostos fenólicos totais; ORAC: *Oxygen Radical Absorbance Capacity*; CUPRAC: copper reducing antioxidant capacity.

3.12 Conclusão

Diversos estudos reportaram os benefícios a saúde humana dos compostos bioativos naturalmente disponíveis no café, apresentando efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios, hiperglicêmicos, hipolipemiantes, neuro protetor, hepatoprotetor, entre outros.

O consumo de café apenas 2 a 3 xícaras de café por dia está associado a redução do risco de desenvolvimento de diversas doenças crônicas não transmissíveis. Os efeitos benéficos do café estão ligados principalmente a sua ação antioxidante e anti-inflamatória, conferida por sua abundância em polifenóis, como os ácidos clorogênicos, e em cafeína.

Não obstante, o conteúdo fenólico e atividade antioxidante do café apresentam grandes variações de acordo com sua origem geográfica, espécie e variedade, com as técnicas de cultivo, pós-colheita, grau de torra, processamento e de acordo com a eficiência de extração dos seus compostos. Estudos sobre a aplicação do extrato de café verde como antioxidante natural em filmes e produtos alimentícios ainda é incipiente e sua aplicação industrial ainda não é comum. Nesse contexto, a utilização do café verde como fonte natural de antioxidantes para a aplicação nas indústrias alimentícias e farmacêuticas deve ser mais explorada.

3.12 Referência Bibliográfica

ABBASI-PARIZAD, P.; DE NISI, P.; SCIARRIA, T. P.; SCARAFONI, A.; SQUILLACE, P.; ADANI, F.; SCAGLIA, B. Polyphenol bioactivity evolution during the spontaneous fermentation of vegetal by-products. **Food Chemistry**, v. 374, 2022.

ACQUATICCI, L.; ANGELONI, S.; CELA, N.; GALGANO, F.; VITTORI, S.; CAPRIOLI, G.; CONDELLI, N. Impact of coffee species, post-harvesting treatments and roasting conditions on coffee quality and safety related compounds. **Food Control**, v. 149, p. 109714, 2023.

AGUNBIADE, H. O.; FAGBEMI, T. N.; ADERINOLA, T. A. Antioxidant properties of beverages from graded mixture of green/roasted coffee and hibiscus sabdariffa calyx flours. **Applied Food Research**, v. 2, n. 2, p. 100163, 2022.

AHMAD, I.; SYAKFANAYA, A. M.; AZMINAH, A.; SAPUTRI, F. C.; MUN'IM, A. Optimization of betaine-sorbitol natural deep eutectic solvent-based ultrasound-assisted extraction and pancreatic lipase inhibitory activity of chlorogenic acid and caffeine content from robusta green coffee beans. **Heliyon**, v. 7, n. 8, 2021.

AHMED ALI, A. M.; YAGI, S.; QAHTAN, A. A.; ALATAR, A. A.; ANGELONI, S.; MAGGI, F.; CAPRIOLI, G.; ABDEL-SALAM, E. M.; SINAN, K. I. Zengin, Gokhan. Evaluation of the chemical constituents, antioxidant and enzyme inhibitory activities of six Yemeni green coffee beans varieties. **Food Bioscience**, v. 46, p. 101552, 2022.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 7. ed. Viçosa, MG: UFV, 2019.

ARIFAN, F.; BROTO, W.; SUPRIYO, E.; FAISAL, M. M.; WARDANI, O. K.; SAPATRA, E. F. Characterization of Physical and Chemical Properties of Functional Beverages of Robusta Coffee Leaf Herbal Tea With Red Ginger-Enriched Green Tea Technique. **Materials Today: Proceedings**, 2023.

ARROYAVE-OSPINA, J. C.; BUIST-HOMAN, M.; SCHMIDT, M.; MOSHAGE, H. Protective effects of caffeine against palmitate-induced lipid toxicity in primary rat hepatocytes is associated with modulation of adenosine receptor A1 signaling. **Biomedicine & pharmacotherapie**, v. 165, 2023.

ASHIHARA, H.; DENG, W. W.; NAGAI, C. Trigonelline biosynthesis and the pyridine nucleotide cycle in *Coffea arabica* fruits: Metabolic fate of [carboxyl-14C] nicotinic acid riboside. **Phytochemistry Letters**, v. 4, n. 3, p. 235–239, 2011.

AYALEW, B.; HYLANDER, K.; ZEWDIE, B.; SHIMALES, T.; ADUGNA, G.; MENDESIL, E.; NEMOMISSA, S.; TACK, A. J. The impact of shade tree species identity on coffee pests and diseases. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 340, p. 108152, 2022.

BADMOS, S.; LEE, S. H.; KUHNERT, N. Comparison and quantification of chlorogenic acids for differentiation of green robusta and arabica coffee beans. **Food Research International**, v. 126, 2019.

BARRIOS-RODRÍGUEZ, Y. F.; REYES, C. A. R.; CAMPOS, J. S. T.; GIRÓN-HERNÁNDEZ, J.; RODRÍGUEZ-GAMIR, J. Infrared spectroscopy coupled with chemometrics in coffee post-harvest processes as complement to the sensory analysis. **Lwt**, v. 145, 2021.

BENITEZ, V.; REBOLLO-HERNANZ, M.; HERNANZ, S.; CHANTRES, S.; AGUILERA,

Y.; MARTIN-CABREJAS, M. A. Coffee parchment as a new dietary fiber ingredient: Functional and physiological characterization. **Food Research International**, v. 122, p. 105–113, 2019.

BEZ, C.; ESPOSITO, A.; MUSONERIMANA, S.; NGUYEN, T. H.; NAVARRO-ESCALANTE, L.; TESFAYE, K.; TURELLO, L.; NAVARINI, L.; PIAZZA, S.; VENTURI, V. Comparative study of the rhizosphere microbiome of *Coffea arabica* grown in different countries reveals a small set of prevalent and keystone taxa. **Rhizosphere**, v. 25, p. 100652, 2023.

BOHL, M. T.; GROSS, C.; SOUZA, W. The role of emerging economies in the global price formation process of commodities: Evidence from Brazilian and U.S. coffee markets. **International Review of Economics and Finance**, v. 60, p. 203–215, 2019.

BONDAM, A. F.; DA SILVEIRA, D. D.; DOS SANTOS, J. P.; HOFFMANN, J. F. Phenolic compounds from coffee by-products: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. **Trends in Food Science and Technology**, v. 123, p. 172–186, 2022.

BRASIL. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) - Estatística da Produção Agrícola. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, p. 98, 2023.

BRZEZICHA, J.; BŁAŻEJEWICZ, D.; BRZEZIŃSKA, J.; GREMBECKA, M. Green coffee VS dietary supplements: A comparative analysis of bioactive compounds and antioxidant activity. **Food and Chemical Toxicology**, v. 155, 2021.

CAMANDOLA, S.; PLICK, N.; MATTSON, M. P. Impact of Coffee and Cacao Purine Metabolites on Neuroplasticity and Neurodegenerative Disease. **Neurochemical Research**, v. 44, n. 1, p. 214–227, 2019.

CARRAGETA, D. F.; DIAS, T. R.; ALVES, M. G.; OLIVEIRA, P. F.; MONTEIRO, M. P.; SILVA, B. M. Anti-obesity potential of natural methylxanthines. **Journal of Functional Foods**, v. 43, p. 84–94, 2018.

CLIFFORD, M. N.; JAGANATH, I. B.; LUDWIG, I. A.; CROZIER, A. Chlorogenic acids and the acyl-quinic acids: Discovery, biosynthesis, bioavailability and bioactivity. **Natural Product Reports**, v. 34, n. 12, p. 1391–1421, 2017.

CORTÉS-MACÍAS, E. T.; LÓPEZ, C. F.; GENTILE, P.; GIRÓN-HERNÁNDEZ, J.; LÓPEZ, A. F. Impact of post-harvest treatments on physicochemical and sensory characteristics of coffee beans in Huila, Colombia. **Postharvest Biology and Technology**, v. 187, 2022.

DA SILVEIRA, J. S.; MERTZ, C.; MOREL, G.; LACOUR, S.; BELLEVILLE, M. P.; DURAND, N.; DORNIER, M. Alcoholic fermentation as a potential tool for coffee pulp detoxification and reuse: Analysis of phenolic composition and caffeine content by HPLC-DAD-MS/MS. **Food Chemistry**, v. 319, 2020.

DE FARIAS MARQUES, A. D. J.; DE LIMA TAVARES, J.; DE CARVALHO, L. M.; ABREU, T. L.; PEREIRA, D. A.; SANTOS, M. M. F.; MADRUGA, M. S.; MEDEIROS, L. L.; BEZERRA, T. K. A. Oxidative stability of chicken burgers using organic coffee husk extract. **Food Chemistry**, v. 393, 2022.

DEMIANOVÁ, A.; BOBKOVÁ, A.; LIDIKOVÁ, J.; JURČAGA, L.; BOBKO, M.; BELEJ, Ľ.; KOLEK, E.; POLÁKOVÁ, K.; IRIONDO-DEHOND, A.; DEL CASTILLO, M. D. Volatiles as chemical markers suitable for identification of the geographical origin of green *Coffea arabica* L. **Food Control**, v. 136, 2022.

DESAI, N. M.; MALLIK, B.; SAKHARE, S. D.; MURTHY, P. S. Prebiotic oligosaccharide enriched green coffee spent cookies and their nutritional, physicochemical and sensory properties. **Lwt**, v. 134, 2020.

DONG, R.; ZHU, M.; LONG, Y.; YU, Q.; LI, C.; XIE, J.; HUANG, Y.; CHEN, Y. Exploring correlations between green coffee bean components and thermal contaminants in roasted coffee beans. **Food Research International**, 2023.

EL-HAWARY, E. A.; ZAYED, A.; LAUB, A.; MODOLO, L. V.; WESSJOHANN, L.; FARAG, M. A. How Does LC/MS Compare to UV in Coffee Authentication and Determination of Antioxidant Effects? Brazilian and Middle Eastern Coffee as Case Studies. **Antioxidants**, v. 11, n. 1, 2022.

EL-KERSH, D. M.; KOTOB, S. E.; AMMAR, N. M.; MOHAWED, O. A.; AHMED, H. H.; FARAG, M. A. Unravelling the anti-inflammatory and antioxidant effects of standardized green and black caffeinated coffee, tea, and their mixtures in an obese male rat model: Insights from biochemical, metabolomic, and histopathological analyses. **Food and Chemical Toxicology**, v. 179, 2023.

ETAFA, A. T. Effect of dominant shade tree species on selected soil physicochemical properties and coffee production in Sayyo district, western Ethiopia. **Trees, Forests and People**, v. 8, 2022.

FAO. Mercadoria em foco. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2023.

FENG, J., BERTON-CARABIN, C. C.; GUYOT, S.; GACEL, A.; FOGLIANO, V.; SCHROËN, K. Coffee melanoidins as emulsion stabilizers. **Food Hydrocolloids**, v. 139, 2023.

DE MIRANDA, J. F.; BELO, G. M. P.; DE LIMA, L. S.; SILVA, K. A.; UEKANE, T. M.; GONZALEZ, A. G. M.; BRANCO, V. N. C.; PITANGUI, N. S.; FERNANDES, F. F.; LIMA, A. R. Arabic coffee infusion based kombucha: Characterization and biological activity during fermentation, and in vivo toxicity. **Food Chemistry**, v. 412, 2023.

FUNAKOSHI-TAGO, M.; MATSUTAKA, M.; HOKIMOTO, S.; KOBATA, K.; TAGO, K.; TAMURA, H. Coffee ingredients, hydroquinone, pyrocatechol, and 4-ethylcatechol exhibit anti-inflammatory activity through inhibiting NF- κ B and activating Nrf2. **Journal of Functional Foods**, v. 90, 2022.

GOUTHAMCHANDRA, K.; SUDEEP, H. V.; VENKATESH, B. J.; PRASAD, K. S. Chlorogenic acid complex (CGA7), standardized extract from green coffee beans exerts anticancer effects against cultured human colon cancer HCT-116 cells. **Food Science and Human Wellness**, v. 6, n. 3, p. 147–153, 2017.

GRZELCZYK, J.; FIURASEK, P.; KAKKAR, A.; BUDRYN, G. Evaluation of the thermal stability of bioactive compounds in coffee beans and their fractions modified in the roasting process. **Food Chemistry**, v. 387, 2022.

GUNNING, Y.; DEFERNEZ, M.; WATSON, A. D.; BEADMAN, N.; COLQUHOUN, I. J.; LE GALL, G.; PHILO, M.; GARWOOD, H.; WILLIAMSON, D.; DAVIS, A. P.; KEMSLEY, E. K. 16-O-methylcafestol is present in ground roast Arabica coffees: Implications for authenticity testing. **Food Chemistry**, v. 248, p. 52–60, 2018.

HAJJAR, R.; NEWTON, P.; ADSHEAD, D.; BOGAERTS, M.; MAGUIRE-RAJPAUL, V. A.; PINTO, L. F.; MCDERMOTT, C. L.; MILDNER, J. C.; WOLLENBERG, E.; AGRAWAL, A. Scaling up sustainability in commodity agriculture: Transferability of

governance mechanisms across the coffee and cattle sectors in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 206, p. 124–132, 2019.

HALL, R. D.; TREVISAN, F.; DE VOS, R. C. H. Coffee berry and green bean chemistry – Opportunities for improving cup quality and crop circularity. **Food Research International**, v. 151, p. 110825, 2022.

HAMDOUCHE, Y.; MEILE, J. C.; NGANOU, D. N.; DURAND, N.; TEYSSIER, C.; MONTET, D. Discrimination of post-harvest coffee processing methods by microbial ecology analyses. **Food Control**, v. 65, p. 112–120, 2016.

HAN, I.; LEE, C. S. Quality properties and bioactivities of American cookies with coffee extract residues. **Lwt**, v. 151, 2021.

HENN, M.; BABIO, N.; ROMAGUERA, D.; VÁZQUEZ-RUIZ, Z.; KONIECZNA, J.; VIOQUE, J.; TORRES-COLLADO, L.; RAZQUIN, C.; BUIL-COSIALES, P.; FITÓ, M.; SCHRÖDER, H.; HU, F. B.; ABETE, I.; ZULET, M. Á.; FERNÁNDEZ-VILLA, T.; MARTÍN, V.; ESTRUCH, R.; VIDAL, J.; PAZ-GRANIEL, I.; MARTÍNEZ, J. A.; SALAS-SALVADÓ, J.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, M. A.; RUIZ-CANELA, M. Increase from low to moderate, but not high, caffeinated coffee consumption is associated with favorable changes in body fat. **Clinical Nutrition**, v. 42, n. 4, p. 477–485, 2023.

HOU, C.; ZENG, Y.; CHEN, W.; HAN, X.; YANG, H.; YING, Z.; HU, Y.; SUN, Y.; QU, Y.; FANG, F.; SONG, H. Medical conditions associated with coffee consumption: Disease-trajectory and comorbidity network analyses of a prospective cohort study in UK Biobank. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 116, n. 3, p. 730–740, 2022.

HU, S.; GIL-RAMÍREZ, A.; MARTÍN-TRUEBA, M.; BENÍTEZ, V.; AGUILERA, Y.; MARTÍN-CABREJAS, M. A. Valorization of coffee pulp as bioactive food ingredient by sustainable extraction methodologies. **Current Research in Food Science**, v. 6, 2023.

ICO, I. C. O. Coffee prices close 2022 on a stable note, coalescing at around 160 US cents/lb. p. 1–11, 2022.

JESZKA-SKOWRON, M.; FRANKOWSKI, R.; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, A. Comparison of methylxantines, trigonelline, nicotinic acid and nicotinamide contents in brews of green and processed Arabica and Robusta coffee beans – Influence of steaming, decaffeination and roasting processes on coffee beans. **Lwt**, v. 125, 2020.

JESZKA-SKOWRON, M.; STANISZ, E.; DE PEÑA, M. P. Relationship between antioxidant capacity, chlorogenic acids and elemental composition of green coffee. **Lwt**, v. 73, p. 243–250, 2016.

KIM, C. H.; PARK, S. J.; YU, J. S.; LEE, D. Y. Interactive effect of post-harvest processing method, roasting degree, and brewing method on coffee metabolite profiles. **Food Chemistry**, v. 397, 2022.

KLEINWÄCHTER, M.; BYTOF, G.; SELMAR, D. **Coffee in Health and Disease Prevention**. Elsevier Inc., ed. 1, p. 1080, 2015.

KULAPICHITR, F.; BOROMPICHAICHARTKUL, C.; FANG, M.; SUPPAVORASATIT, I.; CADWALLADER, K. R. Effect of post-harvest drying process on chlorogenic acids, antioxidant activities and CIE-Lab color of Thai Arabica green coffee beans. **Food Chemistry**, v. 366, p. 130504, 2022.

LARA-GUZMÁN, O. J.; ÁLVAREZ, R.; MUÑOZ-DURANGO, K. Changes in the plasma lipidome of healthy subjects after coffee consumption reveal potential cardiovascular

benefits: A randomized controlled trial. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 176, p. 345–355, 2021.

LEMOS, M. F.; SALUSTRIANO, N. A.; COSTA, M. M. S.; LIRIO, K.; DA FONSECA, A. F. A.; PACHECO, H. P.; ENDRINGER, D. C.; FRONZA, M.; SCHERER, R. Chlorogenic acid and caffeine contents and anti-inflammatory and antioxidant activities of green beans of conilon and arabica coffees harvested with different degrees of maturation. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 26, n. 3, 2022.

LIAO, Y. C.; KIM, T.; SILVA, J. L.; HU, W. Y.; CHEN, B. Y. Effects of roasting degrees on phenolic compounds and antioxidant activity in coffee beans from different geographic origins. **Lwt**, v. 168, p. 113965, 2022.

LICZBIŃSKI, P.; BUKOWSKA, B. Tea and coffee polyphenols and their biological properties based on the latest in vitro investigations. **Industrial Crops and Products**, v. 175, 2022.

LIU, D.; XIE, F.; ZENG, N.; HAN, R.; CAO, D.; YU, Z.; WANG, Y.; WAN, Z. Urine caffeine metabolites are positively associated with cognitive performance in older adults: An analysis of US National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2011 to 2014. **Nutrition Research**, v. 109, p. 12–25, 2023.

VIDAL, O. L.; TSUKUI, A.; GARRETT, R.; ROCHA-LEÃO, M. H. M.; CARVALHO, C. W. P.; FREITAS, S. P.; DE REZENDE, C. M.; FERREIRA, M. S. L. Production of bioactive films of carboxymethyl cellulose enriched with green coffee oil and its residues. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 146, p. 730–738, 2020.

LOUKRI, A.; SARAFERA, C.; GOULA, A. M.; GARDIKIS, K.; MOURTZINOS, I. Green extraction of caffeine from coffee pulp using a deep eutectic solvent (DES). **Applied Food Research**, v. 2, n. 2, p. 100176, 2022.

MACHEINER, L.; SCHMIDT, A.; SCHREINER, M.; MAYER, H. K. Green coffee infusion as a source of caffeine and chlorogenic acid. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 84, p. 103307, 2019.

MAHMOUD, R.; KOTP, A. A.; EL-ELA, F. I. A.; FARGHALI, A. A.; MOATY, S. A.; ZAHRAN, H. Y.; AMIN, R. Green synthesis of iron nanoparticles of clove and green coffee origin with an in vivo hepatoprotective investigation. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 6, p. 106320, 2021.

MAIMULYANTI, A.; NURHIDAYATI, I.; MELLISANI, B.; PUTRI, F. A. R.; PUSPITA, F.; PRIHADI, A. R. Development of natural deep eutectic solvent (NADES) based on choline chloride as a green solvent to extract phenolic compound from coffee husk waste. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 16, n. 4, p. 104634, 2023.

MANASA, V.; PADMANABHAN, A.; ANU APPAIAH, K. A. Utilization of coffee pulp waste for rapid recovery of pectin and polyphenols for sustainable material recycle. **Waste Management**, v. 120, p. 762–771, 2021.

MARCOLAN, A.; L.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

MARIN, D. B.; SANTANA, L. S.; BARBOSA, B. D. S.; BARATA, R. A. P.; OSCO, L. P.; RAMOS, A. P. M.; GUIMARÃES, P. H. S. Detecting coffee leaf rust with UAV-based vegetation indices and decision tree machine learning models. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 190, 2021.

MARTINEZ, S. J.; BRESSANI, A. P. P.; SIMÃO, J. B. P.; PYLRO, V. S.; DIAS, D. R.; SCHWAN, R. F. Dominant microbial communities and biochemical profile of pulped natural fermented coffees growing in different altitudes. **Food Research International**, v. 159, 2022.

MARTINS, B. C.; SOARES, A. C.; MARTINS, F. F.; DE CASTRO RESENDE, A.; INADA, K. O. P.; SOUZA-MELLO, V.; NUNES, N. M.; DALEPRANE, J. B. Coffee consumption prevents obesity-related comorbidities and attenuates brown adipose tissue whitening in high-fat diet-fed mice. **The Journal of Nutritional Biochemistry Received**, v. 117, p. 109336, 2023.

MATSUMURA, N.; KINOSHITA, C.; BHADHPRASIT, W.; NAKAKI, T.; AOYAMA, K. A purine derivative, paraxanthine, promotes cysteine uptake for glutathione synthesis. **Journal of Pharmacological Sciences**, v. 151, n. 1, p. 37–45, 2023.

MIAO, Y.; ZOU, Q.; WANG, Q.; GONG, J.; TAN, C.; PENG, C.; ZHAO, C.; LI, Z. Evaluation of the physiochemical and metabolite of different region coffee beans by using UHPLC-QE-MS untargeted-metabonomics approaches. **Food Bioscience**, v. 46, p. 101561, 2022.

MIN, J.; CAO, Z.; CUI, L.; LI, F.; LU, Z.; HOU, Y.; YANG, H.; WANG, X.; XU, C. The association between coffee consumption and risk of incident depression and anxiety: Exploring the benefits of moderate intake. **Psychiatry Research**, v. 326, p. 115307, 2023.

MIZUNO, K.; MATSUZAKI, M.; KANAZAWA, S.; TOKIWANO, T.; YOSHIZAWA, Y.; KATO, M. Conversion of nicotinic acid to trigonelline is catalyzed by N-methyltransferase belonged to motif B' methyltransferase family in *Coffea arabica*. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 452, n. 4, p. 1060–1066, 2014.

MOEENFARD, M.; ALVES, A. New trends in coffee diterpenes research from technological to health aspects. **Food Research International**, v. 134, p. 109207, 2020.

MONTENEGRO, J.; DOS SANTOS, L. S.; DE SOUZA, R. G. G.; LIMA, L. G. B.; MATTOS, D. S.; VIANA, B. P. P. B.; BASTOS, A. C. S. F.; MUZZI, L.; CONTE-JÚNIOR, C. A.; GIMBA, E. R. P.; FREITAS-SILVA, O.; TEODORO, A. J. Bioactive compounds, antioxidant activity and antiproliferative effects in prostate cancer cells of green and roasted coffee extracts obtained by microwave-assisted extraction (MAE). **Food Research International**, v. 140, 2021.

MORATALLA, R. Neurobiología de las metilxantinas. **Trastornos Adictivos**, v. 10, n. 3, p. 201–207, 2008.

MYO, H.; KHAT-UDOMKIRI, N. Optimization of ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from coffee pulp using propylene glycol as a solvent and their antioxidant activities. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 89, p. 106127, 2022.

NAVEED, M.; HEJAZI, V.; ABBAS, M.; KAMBOH, A. A.; KHAN, G. J.; SHUMZAID, M.; AHMAD, F.; BABAZADEH, D.; FANGFANG, X.; MODARRESI-GHAZANI, F.; WENHUA, L.; XIAOHUI, Z. Chlorogenic acid (CGA): A pharmacological review and call for further research. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 97, p. 67–74, 2018.

NAYLOR, L. H.; ZIMMERMANN, D.; GUITARD-ULDRY, M.; POQUET, L.; LÉVÊQUES, A.; ERIKSEN, B.; BEL RHLID, R.; GALAFFU, N.; D'URZO, C.; DE

CASTRO, A.; VAN SCHAICK, E.; GREEN, D. J.; ACTIS-GORETTA, L. Acute dose-response effect of coffee-derived chlorogenic acids on the human vasculature in healthy volunteers: A randomized controlled trial. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 113, n. 2, p. 370–379, 2021.

OCHOA-ROSALES, C.; SCHAFT, N. V. D.; BRAUN, K. V. E.; HO, F. K.; PETERMANN-ROCHA, F.; AHMADIZAR, F.; KAVOUSI, M.; PELL, J. P.; IKRAM, M. A.; CELIS-MORALES, C. A. VOORTMAN, T. C-reactive protein partially mediates the inverse association between coffee consumption and risk of type 2 diabetes: the UK Biobank and the Rotterdam Study cohorts. **Clinical Nutrition**, v. 42, n. 5, p. 661–669, 2023.

ONÁTIBIA-ASTIBIA, A.; MARTÍNEZ-PINILLA, E.; FRANCO, R. The potential of methylxanthine-based therapies in pediatric respiratory tract diseases. **Respiratory Medicine**, v. 112, p. 1–9, 2016.

ONTAWONG, A.; DUANGJAI, A.; VADDHANAPHUTI, C. S.; AMORNLERDPISON, D.; PENGNET, S.; KAMKAEW, N. Chlorogenic acid rich in coffee pulp extract suppresses inflammatory status by inhibiting the p38, MAPK, and NF- κ B pathways. **Heliyon**, v. 9, n. 3, p. 13917, 2023.

THANGAVELU, K. P.; TIWARI, B.; KERRY, J. P.; MCDONNELL, C. K.; ÁLVAREZ, C. Phosphate replacing potential of apple pomace and coffee silver skin in Irish breakfast sausage using a mixture design approach. **Meat Science**, v. 185, 2022.

PAPADAKI, A.; KACHRIMANIDOU, V.; LAPPA, I. K.; ANDRIOTIS, H.; ERIOTOU, E.; MANDALA, I.; KOPSAHELIS, N. Tuning the physical and functional properties of whey protein edible films: Effect of pH and inclusion of antioxidants from spent coffee grounds. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 27, p. 100700, 2022.

PEERAPEN, P.; BOONMARK, W.; THONGBOONKERD, V. Trigonelline prevents kidney stone formation processes by inhibiting calcium oxalate crystallization, growth and crystal-cell adhesion, and downregulating crystal receptors. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 149, p. 112876, 2022.

PEERAPEN, P.; CHANTHICK, C.; THONGBOONKERD, V. Quantitative proteomics reveals common and unique molecular mechanisms underlying beneficial effects of caffeine and trigonelline on human hepatocytes. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v. 158, p. 114124, 2023.

RAMALHO, A. R.; VENEZIANO, W.; ROCHA, R. B.; OLIVEIRA, C. L. L. G. D.; CASSARO, J. D. Cultivares de cafeeiros Conilon e Robusta indicadas para o Estado de Rondônia. **Comunicado Técnico**, v. 348, p. 1–10, 2009.

RAMOS, L. V.; DA COSTA, T. H. M.; ARRUDA, S. F. The effect of coffee consumption on glucose homeostasis and redox-inflammatory responses in high-fat diet-induced obese rats. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 100, p. 108881, 2022.

Reis, R. S.; Tienne, L. G.; Souza, D. H. S.; Maria de Fátima, V. M.; Monteiro, S. N. Characterization of coffee parchment and innovative steam explosion treatment to obtain microfibrillated cellulose as potential composite reinforcement. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 9, n. 4, p. 9412–9421, 2020.

RIBEIRO, E.; ROCHA, T. DE S.; PRUDENCIO, S. H. Potential of green and roasted coffee beans and spent coffee grounds to provide bioactive peptides. **Food Chemistry**, v. 348, p. 129061, 2021.

- RIBEIRO, V. S.; LEITÃO, A. E.; RAMALHO, J. C.; LIDON, F. C. Chemical characterization and antioxidant properties of a new coffee blend with cocoa, coffee silverskin and green coffee minimally processed. **Food Research International**, v. 61, p. 39–47, 2014.
- RUMPF, J.; BURGER, R.; SCHULZE, M. Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 233, 2023.
- SABOGAL-OTÁLORA, A. M.; PALOMO-HERNÁNDEZ, L. F.; PIÑEROS-CASTRO, Y. Sugar production from husk coffee using combined pretreatments. **Chemical Engineering and Processing - Process Intensification**, v. 176, 2022.
- SASAMOTO, H.; ASHIHARA, H. Effect of nicotinic acid, nicotinamide and trigonelline on the proliferation of lettuce cells derived from protoplasts. **Phytochemistry Letters**, v. 7, n. 1, p. 38–41, 2014.
- SAYED MOSTAFA, H.; FAWZY EL AZAB, E. Efficacy of green coffee as an antioxidant in beef meatballs compared with ascorbic acid. **Food Chemistry**, v. 14, p. 100336, 2022.
- SCHWARZMANN, E. T.; WASHINGTON, M. P.; RAO, N. Z. Physicochemical Analysis of Cold Brew and Hot Brew Peaberry Coffee. **Processes**, v. 10, n. 10, 2022.
- SEŃCZYK, Ł.; ŚWIECA, M.; GAWLIK-DZIKI, U. Soymilk enriched with green coffee phenolics – Antioxidant and nutritional properties in the light of phenolics-food matrix interactions. **Food Chemistry**, v. 223, p. 1–7, 2017.
- SENAR. **Café: colheita e Pós-colheita**. 1. ed. Brasília, DF: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, p. 104, 2017.
- SERNA-JIMÉNEZ, J. A.; TORRES-VALENZUELA, L. S.; VILLARREAL, A. S.; ROLDAN, C.; MARTÍN, M. A.; SILES, J. A.; CHICA, A. F. Advanced extraction of caffeine and polyphenols from coffee pulp: comparison of conventional and ultrasound-assisted methods. **Lwt**, v. 177, 2023.
- SHAHINFAR, H.; JAYEDI, A.; KHAN, T. A.; SHAB-BIDAR, S. Coffee consumption and cardiovascular diseases and mortality in patients with type 2 diabetes: A systematic review and dose–response meta-analysis of cohort studies. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 31, n. 9, p. 2526–2538, 2021.
- SILVA, A. C. R.; GARRETT, R.; REZENDE, C. M.; MECKELMANN, S. W. Lipid characterization of arabica and robusta coffee beans by liquid chromatography-ion mobility-mass spectrometry. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 111, p. 104587, 2022a.
- SILVA, C. W.; ZANARDI, K. R.; GRANCIERI, M.; COSTA, N. M. B.; TRIVILLIN, L. O.; VIANA, M. L.; SILVA, P. I.; COSTA, A. G. V. Green coffee extract (*Coffea canephora*) improved the intestinal barrier and slowed colorectal cancer progression and its associated inflammation in rats. **PharmaNutrition**, v. 22, 2022b.
- SPORCHIA, F.; CARO, D.; BRUNO, M.; PATRIZI, N.; MARCHETTINI, N.; PULSELLI, F. M. Estimating the impact on water scarcity due to coffee production, trade, and consumption worldwide and a focus on EU. **Journal of Environmental Management**, v. 327, p. 116881, 2023.
- STEFANOWSKA, K.; WOŹNIAK, M.; MAJKA, J.; SIP, A. MRÓWCZYŃSKA, L.; WAŚKIEWICZ, A.; KOZAK, W.; DOBRUCKA, R.; RATAJCZAK, I. A new approach to

obtain chitosan films – Characteristics of films prepared with tea and coffee kombucha as natural chitosan solvents. **Industrial Crops and Products**, v. 197, p. 116634, 2023.

STIEFEL, C.; LINDEMANN, B.; MORLOCK, G. E. Non-target bioactive compound profiles of coffee roasts and preparations. **Food Chemistry**, v. 391, p. 133263, 2022.

ŚWIECA, M.; GAWLIK-DZIKI, U.; DZIKI, D.; BARANIAK, B. Wheat bread enriched with green coffee – In vitro bioaccessibility and bioavailability of phenolics and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1451–1457, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal-6**. Artmed Editora, 6. ed., p. 584, 2021.

TURNBULL, D.; RODRICKS, J. V.; MARIANO, G. F.; CHOWDHURY, F. Caffeine and cardiovascular health. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 89, p. 165–185, 2017.

VÁRADY, M.; TAUCHEN, J.; FRAŇKOVÁ, A.; KLOUČEK, P.; POPELKA, P. Effect of method of processing specialty coffee beans (natural, washed, honey, fermentation, maceration) on bioactive and volatile compounds. **Lwt**, v. 172, 2022.

VIDAL, O. L.; SANTOS, M. C. B.; BATISTA, A. P.; ANDRIGO, F. F.; BAREA, B.; LECOMTE, J.; FIGUEROA-ESPINOZA, M. C.; GONTARD, N.; VILLENEUVE, P.; GUILLARD, V.; REZENDE, C. M.; BOURLIEU-LACANAL, C.; FERREIRA, M. S. L. Active packaging films containing antioxidant extracts from green coffee oil by-products to prevent lipid oxidation. **Journal of Food Engineering**, v. 312, 2022.

VIENCZ, T.; ACRE, L. B.; ROCHA, R. B.; ALVES, E. A.; RAMALHO, A. R.; BENASSI, M. T. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes contents of *Coffea canephora* coffees produced in the Amazon. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 117, p. 105140, 2023.

WANG, X.; MENG, Q.; PENG, X.; HU, G.; QIU, M. Identification of new diterpene esters from green Arabica coffee beans, and their platelet aggregation accelerating activities. **Food Chemistry**, v. 263, p. 251–257, 2018.

WANG, Y.; WANG, X.; HU, G.; AL-ROMAIMA, A.; LIU, X.; BAI, X.; LI, J.; LI, Z.; QIU, M. Effect of green coffee oil as a natural active emulsifying agent on the properties of corn starch-based films. **Lwt**, v. 170, p. 114087, 2022.

WORKU, M.; ASTATKIE, T.; BOECKX, P. Shade and postharvest processing effects on arabica coffee quality and biochemical composition in lowland and midland coffee-growing areas of southwestern Ethiopia. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 115, p. 105027, 2023.

WU, H.; LIU, Z.; LU, P.; BARROW, C.; DUNSHEA, F. R.; SULERIA, H. A. Bioaccessibility and bioactivities of phenolic compounds from roasted coffee beans during in vitro digestion and colonic fermentation. **Food Chemistry**, v. 386, p. 132794, 2022.

YISAK, H.; REDI-ABSHIRO, M.; CHANDRAVANSHI, B. S. Selective determination of caffeine and trigonelline in aqueous extract of green coffee beans by FT-MIR-ATR spectroscopy. **Vibrational Spectroscopy**, v. 97, p. 33–38, 2018.

ZAIN, M. Z. M.; BABA, A. S.; SHORI, A. B. Effect of polyphenols enriched from green coffee bean on antioxidant activity and sensory evaluation of bread. **Journal of King Saud University - Science**, v. 30, n. 2, p. 278–282, 2018.

4. ARTIGO ORIGINAL

VIABILIDADE DO USO DE EXTRATO TOTAL AQUOSO DE CAFÉ VERDE (*Coffea canephora*) COMO ANTIOXIDANTE EM MAIONESE EM SUBSTITUIÇÃO A AGENTES SINTÉTICOS

Resumo

O café verde é rico em compostos fenólicos, especialmente ácido clorogênico e cafeína, com propriedades antioxidantes. O Espírito Santo é o principal produtor de café conilon no Brasil, conhecido pela alta concentração desses compostos. O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade do uso do extrato aquoso de café verde conilon como antioxidante para maionese em substituição a antioxidantes sintéticos usualmente empregados. O café verde conilon foi adquirido da região do Caparaó – ES, relativo à safra de maio/julho de 2021. Os grãos foram triturados e sua granulometria padronizada em 1,18 mm e o extrato aquoso total foi elaborado por percolação. Foram elaboradas duas formulações base (controle negativo, CTN – sem antioxidantes; controle positivo, CTP – com BHT, BHA e ácido cítrico) e três formulações com extrato aquoso de café verde (0,5; 1,0 e 1,5 %). As maioneses foram mantidas a 25°C por 28 dias e submetidas a análises reológicas, ação antioxidante total (DPPH, ABTS e FRAP), compostos fenólicos totais (CFT), teor de 5-O-ACQ e cafeína, índice de peróxido e análise sensorial. As amostras não apresentaram alterações visuais e físicas durante o armazenamento. A presença do extrato não interferiu na formação da emulsão. Quanto ao perfil de textura, a F1.5 diferiu da CTP após 28 dias de armazenamento apenas para a dureza, não houve diferença em relação aos demais parâmetros. A F1.5 garantiu a estabilidade em relação a ação antioxidante total, CFT e teor de 5-O-ACQ e cafeína durante todo o experimento. A incorporação do extrato elevou em até 77% o CFT das maioneses, melhorando sua atividade antioxidante. As maioneses com extrato demonstraram um aumento progressivo inferior do peróxido, quando comparado ao CTP, até o tempo de 21 dias. O índice de peróxido no tempo 28 foi igual para as formulações CTP e F1.5. A incorporação do extrato de café verde não afetou a aceitação sensorial das maioneses. Conclui-se que a aplicação do extrato aquoso de café verde conilon como antioxidante para maionese em substituição aos sintéticos mostrou-se viável, principalmente na concentração de 1,5 %.

4.1 Introdução

As emulsões são sistemas dispersos termodinamicamente instáveis amplamente utilizados nas áreas farmacêuticas, cosméticas e alimentícias (MCCLEMENTS; JAFARI, 2018). Na indústria de alimentos, emulsões como a maionese possuem um elevado volume de óleo vegetal, abundante em ácidos graxos insaturados, o que as torna mais susceptíveis aos processos oxidativos. A oxidação na interface das gotículas da maionese forma aldeídos que desestabilizam a emulsão, assim é imprescindível a utilização de antioxidantes que possam neutralizar os radicais livres presentes no sistema alimentício (TEN KLOOSTER et al., 2022; ASLAM; SCHROËN, 2023).

A ciência de alimentos tem se focado em pesquisar sobre componentes naturais que possam atuar como agentes emulsificantes e antioxidantes em matrizes alimentares, como substitutos parciais ou totais dos convencionalmente utilizados. Têm se dado um enfoque especial em compostos de origem vegetal que possam ser extraídos e aplicados como aditivos naturais eficientes na estabilidade física e ação antioxidante de produtos alimentícios, assim como proporcionar benefícios a saúde dos consumidores (DICKINSON, 2020; CHEON et al., 2023; FRANCISCO; SANTOS; CUNHA, 2023).

A busca por substitutos naturais e renováveis para os ingredientes e aditivos sintéticos utilizados na indústria vem ocorrendo como resposta a crescente tendência do mercado consumidor (HSU; SUNG; TSENG, 2023). Nesse contexto, produtos *clean label*, ou seja, de rótulo limpo ganharam popularidade. Desde que os consumidores se tornaram mais conscientes de suas dietas e sua influência na saúde, a listagem de ingredientes passou a impactar na intenção de compra (LOFFREDI; ALAMPRESE, 2023; PAGLIA; FUNG; YEUNG, 2023). Um componente de origem vegetal que ganhou a atenção dos pesquisadores atualmente é o ácido clorogênico, abundante principalmente no café verde. O ácido clorogênico apresenta benefícios a saúde devido a sua ação antioxidante e anti-inflamatória, além de ser benéfico tecnologicamente como um antioxidante natural para a elaboração de produtos com maior valor nutricional (BENINCÁ et al., 2023).

Os ácidos clorogênicos são uma família de moléculas oriundas da esterificação entre o ácido quínico e os ácidos hidroxicinâmicos. As reações éster ocorrem principalmente com ácidos cafeico, ferúlico e p-cumárico, sendo os isômeros mono e

di cafeoilquínicos os componentes mais representativos, englobando mais de 85 % dos compostos fenólicos do café verde (HALL; TREVISAN; DE VOS, 2022; QI et al., 2023). Os isômeros do ácido clorogênico são estudados devido ao seu potencial antioxidante, anti-inflamatório (LEMOS et al., 2022; ONTAWONG et al., 2023), hiperglicêmico (OCHOA-ROSALES et al., 2023), hipolipemiantes (MARTINS et al., 2023), anti-aterosclerótico (NAYLOR et al., 2021) e anticarcinogênico (GOUTHAMCHANDRA et al., 2017; SILVA et al., 2022b). Portanto, além dos seus aspectos funcionais, o ácido clorogênico possui aplicação tecnológica na substituição de antioxidantes fenólicos sintético frequentemente utilizados na indústria de alimentos, assim como o BHT e BHA. Contudo, a legislação limita a adição de butil hidroxitolueno (BHT) e butil hidroxianisol (BHA) a 0,02 % do volume de óleo (BRASIL, 2007), devido ao potencial tóxico ao organismo humano (PANDEY; KUMAR, 2021; WANG et al., 2021; XU et al., 2021)

O café é a maior fonte natural de ácido clorogênico, principalmente em seu estado verde, pois a torra dos grãos culmina na degradação desse composto (BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019). O isômero ácido – O – 5 cafeoilquínico (5 - ACQ) é o isômero mais representativo do café verde, correspondendo a cerca de 70 % dos ácidos clorogênicos. Considerando as variedades de café mais importantes socioeconomicamente, o *Coffea canephora* se destaca quanto ao conteúdo de 5 – ACQ, em relação *Coffea arabica* (BADMOS; LEE; KUHNERT, 2019; KULAPICHITR et al., 2022).

O estado do Espírito Santo (ES) é o segundo maior produtor de café do Brasil, com uma safra de 834 mil toneladas de café colhidas até fevereiro de 2023, sendo superado apenas de Minas Gerais. No estado do ES, aproximadamente 77% da produção de café corresponde a variedades da espécie *C. canephora* (BRASIL, 2023). A produção cafeeira do ES é realizada praticamente em sua totalidade por família agriculturas como forma de subsistência, portanto, sua renda fica sujeita a intempéries e inclinações do mercado (HAJJAR et al., 2019; ICO, 2022). Neste contexto, é importante apresentar mais uma alternativa de venda para as produções cafeeiras dessas famílias. Portanto, o objetivo desse trabalho é avaliar a utilização do café verde como um agente antioxidante com potencial para manter a estabilidade física e ação antioxidante de maioneses, possibilitando sua utilização em substituição aos antioxidantes sintéticos.

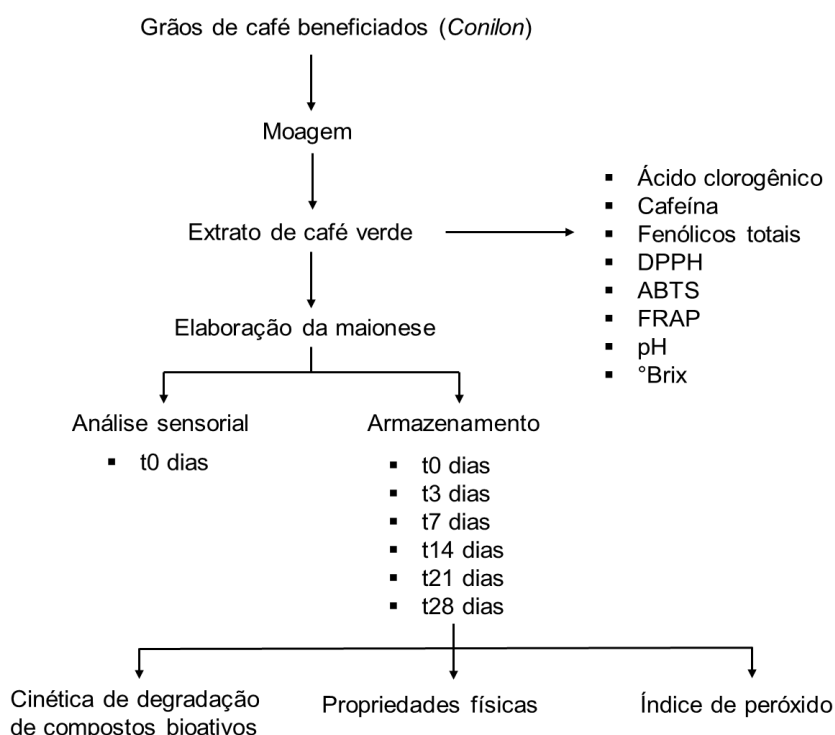
4.2 Materiais e métodos

4.2.1 Desenho experimental

Este estudo foi realizado nos laboratórios da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), *campus* Alegre. Os grãos verdes de café (*C. Canephora*), variedade conilon, foram adquiridos de produtores da região do Caparaó, Espírito Santo, localizada no distrito de Divino, São José do Calçado (21°00'38.8" S 41°36'18.5" W). O café foi obtido da safra de maio/julho de 2021. A colheita das cerejas maduras foi realizada por catagem manual. Em seguida, os frutos de café foram submetidos à secagem em terreiro aberto sobre lona. Após a secagem os grãos foram pilados em beneficiador de café para separar os grãos crus com película prateada da casca e polpa seca do fruto. Após, os grãos foram moídos e peneirados com malha que assegure granulometria entre de 1 a 1,18 mm (BUDRYN et al., 2014).

Após obtenção do pó de café verde seco e moído foi realizada a extração por percolação. No extrato de café verde foram determinados os teores de ácido clorogênico e cafeína, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, assim como pH e °Brix. Em seguida ocorreu o preparo das formulações de maionese com BHT e BHA e ácido cítrico no controle e extrato aquoso de café verde nas formulações teste. As avaliações físicas, o estudo da cinética de degradação de compostos fenólicos e análise do índice de peróxido das formulações de maionese foram ao longo de 28 dias, baseando-se no período de vida útil das maioneses comerciais após abertas. A análise sensorial foi realizada no tempo zero (t₀). O fluxograma das etapas do estudo está apresentado na Figura 1.

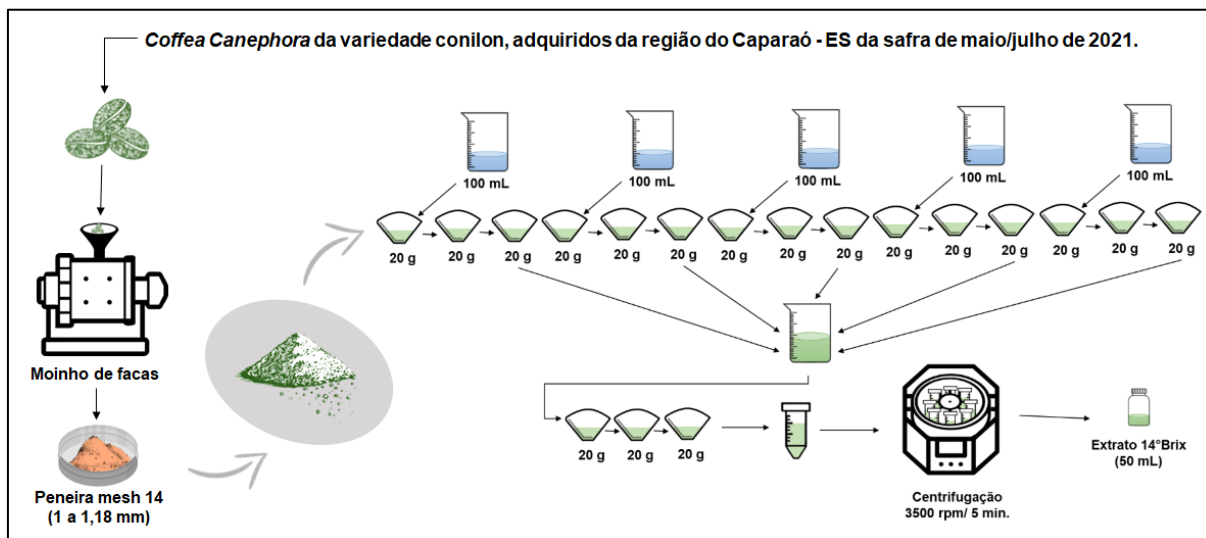
Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa da obtenção dos grãos à captação de dados sobre a maionese.



4.2.2 Elaboração do extrato aquoso de café verde

O extrato aquoso total de café verde conilon foi obtido pelo processo de percolação do pó em três estágios de filtração. Foram pesados 20 g de amostra em triplicata, e em seguida cada uma foi lixiviada em 100 mL de água destilada a aproximadamente 100 °C sob pressão atmosférica, sem agitação. Esse processo foi repetido 5 vezes, posteriormente, o extrato total resultante foi percolado por mais 60 g de pó em três bateladas de 20 g. Ao final o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado por leitura direta em refratômetro digital de bancada (Color Compensator KNOB, ABBE refractometer, ATAGO) obtendo-se um extrato a 14 °Brix (DO CARMO et al., 2022; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Em seguida os extratos foram centrifugados (HERMLE Labortechnik GmbH Z 326 K) a 3500 rpm por 5 min e o sobrenadante recolhido (DO CARMO et al., 2022), rendendo em torno 50 mL de extrato aquoso total (Figura 2).

Figura 2 – Processo de obtenção do extrato aquoso total de café verde conilon.



Fonte: Adaptado de Do Carmo (2019).

4.2.3 Análise de compostos fenólicos totais (CFT) no extrato

A determinação dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com a método colorimétrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, adaptado de Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventos (1999). Nesta análise, o extrato bruto foi inicialmente diluído em água destilada (1:500 v/v). Posteriormente, 0,6 mL da diluição anterior foram adicionados de 3 mL de Folin-Ciocalteu diluído em água destilada, na proporção de 1:10 v/v. Agitou-se a mistura em vórtex e mantida por 3 minutos. Após, foram adicionados 2,4 mL de carbonato de sódio saturado (Na_2CO_3) a 0,71 M, seguido de homogeneização. As amostras foram mantidas em descanso por 1 hora em local escuro, à temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$), em seguida foram realizadas as leituras de absorbância em espectrofotômetro (Thermo scientific Multiskan GO, Microplate Spectrophotometer) a 760 nm.

Os resultados foram expressos como equivalente de ácido gálico (EAG) em mg/g de extrato em base seca. Por meio dos valores obtidos da leitura de absorbância de diferentes concentrações (0 a 150 $\mu\text{M/L}$) da solução padrão de EAG, foi feita uma curva de calibração para obter os parâmetros dos coeficientes angular (a), linear (b) e de correlação (R^2) da reta de regressão: $y = ax + b$. O gráfico da reta analítica elaborada pode ser observado no Apêndice A.

4.2.4 Análise da atividade antioxidante por DPPH no extrato

Esta análise foi realizada segundo metodologia adaptada de Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Inicialmente, foi preparado o radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) a 1 mM/L, diluindo o reagente com uma solução etanólica 80%. A solução mãe de DPPH foi então ajustada novamente com o etanol 80% até a absorvância de $0,700 \pm 5$ em espectrofotômetro (Thermo scientific Multiskan GO, Microplate Spectrophotometer) a 515 nm.

Um total de 0,5 mL de amostra (1:500 v/v) foram adicionados em tubo de ensaio de 3,5 mL da solução reagente de DPPH. O analito foi agitado e deixado em repouso por 5 minutos em um local escuro, à temperatura ambiente (± 25 °C). Em seguida a leitura foi realizada a cada 5 minutos em espectrofotômetro a 515 nm até alcançar o platô das leituras, com variação igual ou inferior a 0,01 na absorvância.

A capacidade antioxidante foi expressa em mmol de Trolox/g de extrato em base seca. Foi feita uma reta analítica com concentrações de 0 a 150 μ M/L de Trolox (Apêndice A).

4.2.5 Análise da atividade antioxidante por ABTS no extrato

Para verificar a ação dos antioxidantes do extrato bruto de café verde sobre os radicais 2,2-azinobis ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico diamônio (ABTS) foi utilizado o método adaptado de Re et al. (1999). Inicialmente, a solução com os radicais deve ser preparada com antecedência, portanto misturou-se uma solução ABTS 7 mM/L com uma solução de persulfato de potássio 2,45 mM/L. As soluções supracitadas devem ser misturadas e avolumadas com água destilada na proporção de 40:40:20 (ABTS: $K_2S_2O_8$: água) e deixadas em repouso por no mínimo 16 horas em um ambiente escuro à temperatura ambiente (± 25 °C). Após o repouso do reagente, este deve ser ajustado em espectrofotômetro de massas com etanol 80 % até uma absorvância de $0,700 \pm 5$ em 734 nm.

Para a análise, 0,5 mL do extrato aquoso de café verde (1:5000 v/v) foi diluído e adicionado de 3,5 mL da solução ABTS previamente preparada e ajustada. O analito permaneceu em descanso por 6 minutos em ambiente escuro à temperatura ambiente (± 25 °C) para em seguida ser submetido a leitura de absorvância em espectrofotômetro (Thermo scientific Multiskan GO, Microplate Spectrophotometer) a 734 nm.

A capacidade antioxidante foi expressa em mmol de Trolox/g de extrato em base seca e foi feita uma reta analítica com concentrações de 0 a 150 $\mu\text{M/L}$ de Trolox (Apêndice A).

4.2.6 Análise da atividade antioxidante por FRAP no extrato

Para verificar a ação antioxidante do extrato na redução do íon férrico (Fe^{3+}) utilizou-se o método *Ferric Reducind Antioxidant Power* (FRAP) adaptado de Thaipong et al. (2006). Para a execução deste método preparou-se previamente uma solução tampão acetato 0,3 M, uma solução HCl 40 mM e uma solução de 2,4,6-Tris(2-pyridyl) -s-triazine (TPTZ) 10 mM em HCl 40 mM. No momento da execução da análise preparou-se também uma solução de cloreto férrico (FeCl_3) 20 mM e o reagente FRAP, composto pelas soluções tampão acetato, TPTZ e FeCl_3 nas proporções 50:5:5 v/v/v. Foram feitos testes de diluição nas amostras e a diluição foi ajustada para 1:500. Para executar a reação, 0,09 mL do analito diluído foi pipetado em tubo de ensaio e em seguida adicionado de 0,27 mL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP preparado.

A reação foi então homogeneizada e mantida em repouso por 30 minutos ao abrigo da luz e à temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$). Após o tempo de reação as amostras foram lidas em espectrofotômetro (Thermo scientific Multiskan GO, Microplate Spectrophotometer) a 595 nm. Foi feita uma reta analítica com concentrações de 0 a 2000 $\mu\text{M/L}$ de Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) a fim de obter a equação da reta (Apêndice A). Após os cálculos os valores foram expressos em mmol de FeSO_4/g em base seca.

4.2.7 Determinação de ácido clorogênico (5-O-ACQ) e de cafeína no extrato

Para a quantificação foi utilizado um sistema cromatográfico uPLC Acquity (Waters Corporation, EUA), equipado com sistema de bomba quaternária. As condições desta análise foram baseadas no trabalho de Montenegro et al. (2021) e Abrahão et al. (2008). A fase móvel foi feita pela mistura dos reagentes metanol, água ultrapura e ácido acético nas proporções de 20:80:1 (v/v/v), sendo uma eluição isocrática, com tempo de corrida de 10 minutos.

As amostras foram filtradas por meio de um microfiltro hidrofílico descartável de 0,22 μm acoplado a uma seringa. O analito foi injetado na proporção de 2 μL em uma

coluna de fase reversa C18 (21 x 50 mm, 1,7 μ m, Waters Acquity) a 40 °C, com velocidade da fase móvel em 0,1 mL/ min. A detecção foi realizada usando um detector de arranjo de diodos (DAD), e os cromatogramas foram registrados a 272 nm.

A identificação ocorreu por comparação do tempo de retenção entre da amostra com o do padrão comercial. A quantificação foi feita pela construção de curvas de calibração utilizando-se padrões comerciais de ácido clorogênico e cafeína (Sigma-Aldrich) (Apêndice A).

4.2.8 Determinação do pH no extrato

Esta análise ocorreu segundo discriminado no Instituto Adolf Lutz (2008). Um total de 10 mL de extrato foram medidos e posteriormente diluídos em água destilada (1:10 v/v). A amostra foi então homogeneizada com bastão de vidro antes de ser determinado o pH, com auxílio de um pHmetro de bancada (PHS-3E-BI, SATRA).

4.2.9 Elaboração da maionese

O preparo da maionese foi realizado a partir de adaptações do método de Budryn et al. (2013) e Alizadeh et al. (2019), utilizando-se os seguintes ingredientes: óleo de soja, água, gema de ovo em pó, vinagre, açúcar cristal e cloreto de sódio. Os ingredientes foram adquiridos comercialmente. BHT, BHA e ácido cítrico grau alimentício também foram empregados. A composição quali e quantitativa é dada na Tabela 1. No preparo das formulações, todos os ingredientes, exceto o óleo de soja, foram misturados manualmente, formando a fase aquosa da emulsão. O óleo de soja foi lentamente adicionado à fase aquosa empregando agitador-dispersor tipo Turrax (TECNAL, modelo TE-102), a 25000 rpm, durante 40 minutos. O processo foi realizado a frio.

Tabela 1 – Formulações das emulsões óleo em água.

Ingredientes	CTN	CTP	F0.5	F1.0	F1.5
	(% p/p)	(% p/p)	(% p/p)	(% p/p)	(% p/p)
Óleo de soja	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5
Gema de ovo em pó	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Vinagre	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Açúcar	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cloreto de sódio	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
BHA*	---	0,01	---	---	---
BHT*	---	0,01	---	---	---
Ácido cítrico**	---	0,04	---	---	---
Água (quantidade suficiente para)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Extrato de café verde	---	---	0,5	1,0	1,5

*Concentração de BHT e BHA estão em conformidade com a Resolução nº04/2007 da ANVISA (BRASIL, 2007), dissolvidos em óleo.

** Concentração de ácido cítrico adicionada segunda Alizadeh et al. (2019)

Foram preparadas formulações isentas de antioxidantes (CTN) e com antioxidantes sintéticos e sequestrante (CTP) para fins de comparação, respeitando a proporção dos ingredientes segunda a RDC 04/2007 da ANVISA (0,01% do volume de óleo utilizado) (BRASIL, 2007). O ácido cítrico foi adicionado na proporção de 0,04%, sendo dissolvido em água (ALIZADEH et al., 2019). Para o preparo das formulações com extrato de café verde, foram empregadas as concentrações de 0,5, 1 e 1,5% p/p. Estas formulações foram denominadas F0.5, F1.0 e F1.5, respectivamente. As concentrações foram pré-definidas experimentalmente, conforme estudo de Budryn et al. (2013). Depois de prontas, as amostras foram acondicionadas em potes de Polietileno de Alta Densidade brancos e armazenadas em BOD a 25 °C, por 28 dias.

4.2.10 Análise organoléptica e pesquisa do tipo de emulsão formada

Os aspectos macroscópicos das emulsões foram observados nos tempos 0, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento à 25 °C, no qual foi avaliado visualmente se houve

alguma formação de grumo, redução de espalhabilidade, marmorização colorimétrica ou perda de brilho.

A confirmação do tipo de emulsão óleo em água foi confirmada por meio de aplicação de 2 gotas de uma solução indicadora de azul de metileno 10% sobre as amostras após o fim do experimento. Estes procedimentos foram baseados nas metodologias descritas no Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2004) (BRASIL, 2004).

4.2.11 Estabilidade física

A estabilidade física foi avaliada pelos testes de estresse térmico e mecânico e da determinação do pH das formulações, realizados nos tempos 0, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento. Para os testes de estresse mecânico foram pesados, em replicata, 5 g de cada amostra em tubos falcons. As amostras foram centrifugadas (Centrífuga, KASVI, modelo K14-0815P) por 30 minutos a 3000 rpm. Após a centrifugação o aspecto das amostras foi avaliado.

Nos testes de estresse térmico as amostras foram submetidas a 4 ciclos térmicos de 15 minutos cada (40°, 50°, 55° e 60° C), utilizando banho-maria (SOLIDSTEEL, modelo SSDC-10L). Após cada ciclo, a caracterização visual do sistema foi realizada (BRASIL, 2004). O pH foi feito de acordo com a metodologia descrita no tópico 4.2.8.

4.2.12 Avaliação microscópica

A microscopia foi realizada ao fim do período de estabilidade após armazenamento das maioneses em BOD à 25 °C. Para a captura de imagens da distribuição microscópica das gotículas na emulsão utilizou-se a microscopia confocal (Olympus, Modelo Lext 30 measuring laser microscopia OL 55100). As amostras de maionese foram espalhadas finamente em lâminas de vidro com o auxílio de uma espátula. Após alguns testes e ajustes determinou-se como mais adequada a objetiva 20x e através desta capturou-se sistematicamente imagens com aproximação de 50.000 µm (OZCAN et al., 2023).

Após sua obtenção, as imagens foram utilizadas para a medição de diâmetro das gotículas por meio do software ImageJ 1.53t. As imagens foram divididas em 16 quadrantes e 10 gotículas de cada quadrante foram medidas. Após a obtenção da

área da gotículas o diâmetro foi calculado a partir da Equação 1 (KATSAROS et al., 2020). Os resultados foram apresentados contendo os diâmetros das gotículas calculado e o Índice de circularidade fornecido pelo software ImageJ.

$$Diâmetro = \left(\frac{Área \times 4}{PI} \right)^{\frac{1}{2}} \times Fator \ de \ correção \ cíclico$$

Equação 1

4.2.13 Análise de perfil de textura

O comportamento das amostras de maionese foi avaliado durante 28 dias em armazenamento em BOD à temperatura ambiente (25 °C), nos tempos 0, 3, 7, 14, 21 e 28 dias.

A metodologia utilizada nesta análise foi adaptada do trabalho de Ignácio e Lannes (2013) e definida após pré-testes. As amostras estavam contidas em potes de polietileno de alta densidade brancos com 66 mm de altura, 49 mm de diâmetro e capacidade de 60 mL. Cada recipiente continha 50 g de amostra e as 3 repetições das 5 formulações foram feitas em replicata. A análise foi feita em um Analisador de Textura CT3 (Brookfield) e os dados foram capturados pelo programa TexturePro CT V1.4 Build 17. Foi executada uma análise de perfil de textura, ou seja, um *texture profile analysis* (TPA) com mesa de base fixa (*Fixture base table – TA-BT-KIT*) através do cilindro de acrílico transparente com 25,4 mm de diâmetro e 35 mm de largura (TA11/1000). Para a TPA a carga trigger foi configurada para 5 g de força com dois ciclos a 2 mm/s de velocidade a 8 mm de distância e com uma taxa de dados de 50 pontos por segundo (IGNÁCIO; LANNES, 2013).

4.2.14 Análise Colorimétrica

A determinação colorimétrica foi realizada nas 3 repetições das 5 formulações de maionese em replicata, avaliando suas alterações nos tempos 0, 7, 14, 21 e 28 dias. Utilizou-se o colorímetro espectrofotômetro CM-5 (KONICA MINOLTA) para registrar as escalas de cor segundo *Commission International de l'Eclairage* (CIELAB) com iluminante D65 e ângulo de observação 10°, para leitura direta na reflectância das coordenadas L*, de preto (0) a branco (100), a* de vermelho (positivo) a verde (negativo) e b* de amarelo (positivo) a azul (negativo) (ARMAFORTE; HOPPER; STEVENSON, 2021).

Após a obtenção das coordenadas supracitadas, foram calculados os ΔL^* , Δa^* e Δb^* das formulações em relação aos tempos 0 e 28 dias. A partir destes valores calculou-se a diferença global de cor (ΔE) das amostras por meio da Equação 2 tomando como base a diferença com o tempo em 0 dias.

$$\Delta E = \{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}}\}$$

Equação 2

4.2.15 Extração de compostos antioxidantes

A extração dos compostos antioxidantes das formulações, contendo extrato aquoso de café verde, foram realizadas nos tempos 0, 3, 7, 14, 21 e 28 dias. Utilizou-se o método adaptado de Bligh e Dyer (1959) para promover uma separação química de compostos hidrofílicos e lipofílicos. Inicialmente, preparou-se uma solução de sulfato de sódio (Na_2SO_4) a 1,5 %. Em seguida, pesou-se 5 g de maionese em tubos de ensaio com tampa de rosca e foram adicionados 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada. A amostra foi então homogeneizada em vórtex de 3 em 3 minutos durante 30 minutos de extração. Posteriormente mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL da solução Na_2SO_4 a 1,5 % foram adicionadas as amostras. Após mais 2 minutos de agitação, o conteúdo do tubo foi transferido para um funil de separação e deixado em repouso até a visualização nítida de três fases. A camada inferior contendo o clorofórmio com os componentes lipofílicos da amostra foi reservado, a camada intermediária com porções semissólidas restantes da maionese foi descartada e a camada superior contendo o metanol e os componentes hidrofílicos da amostra foram separados e encaminhados para análises de capacidade antioxidante (ABTS, DPPH, FRAP), CFT e conteúdo de ácido clorogênico e cafeína descritas nos tópicos 4.2.3 a 4.2.7.

4.2.16 Cinética de estabilidade de compostos antioxidantes

A cinética dos compostos bioativos responsáveis pela estabilidade física e ação antioxidante da maionese considerou as análises de capacidade antioxidante (ABTS, DPPH, FRAP), CFT e conteúdo de ácido clorogênico e cafeína descritas nos tópicos 4.2.3 a 4.2.7 do presente trabalho. Estas análises ocorreram nos tempos 0, 3, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento, em amostras mantidas em BOD a 25 °C. O tempo de análise 3 dias foi acrescentado na primeira semana de armazenamento com o

intuito de não perder o início das reações de oxidação caso ocorressem mais rapidamente.

4.2.17 Índice de peróxido

A determinação do índice de peróxido foi adaptada do trabalho de Khalid et al. (2021). Esta análise foi executada nos tempos 0, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento das maioneses em BOD à 25 °C. Iniciou-se pesando 2,5 g de amostra, em seguida foram adicionados 15 mL de uma solução de ácido acético: clorofórmio (3:2 v/v) e sucedeu-se a dissolução da maionese com auxílio de um bastão de vidro. Após a completa diluição da amostra foram adicionados 250 µL de uma solução saturada de iodeto de potássio (KI) e então as amostras foram mantidas em repouso por 1 minuto. Após, adicionou-se 15 mL de água e as amostras tituladas com solução de tiosulfato de sódio (Na₂S₂O₃) 0,01 N padronizada até eliminação da coloração amarelada. Em seguida adicionou-se 250 µL de uma solução indicadora de amido de milho PA 1 % e seguiu-se com a titulação até a eliminação da coloração azul. O volume de solução titulante foi devidamente registrado para cálculos posteriores. Foi utilizada a equação 3 para determinar o índice de peróxido das amostras (KHALID et al., 2021).

$$\text{Índice de Peróxido: } \frac{(A - B) * N}{\text{Peso da amostra}} * 100$$

Equação 3

A: Volume de Na₂S₂O₃ gasto na amostra

B: Volume de Na₂S₂O₃ gasto no branco

N: Normalidade real da solução de Na₂S₂O₃

Os resultados foram expressos como miliequivalentes de peróxido por 1000 gramas de amostras (mEq.Kg⁻¹).

4.2.18 Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada com o controle positivo (adicionado de BHT, BHA e ácido cítrico) e com as três formulações teste adicionadas de extrato de café verde (0,5; 1,0 ou 1,5 %). A amostra CTN não foi adicionada na análise sensorial pois

o intuito foi compara a aceitação entre uma formulação comercial (CTP) e as maioneses contendo o extrato total de café verde. Os testes foram realizados com amostras no tempo zero de formulação.

Para a análise sensorial foram recrutados 120 consumidores de maionese, sem alergia e/ou intolerância a nenhum dos ingredientes listados. Os consumidores foram recrutados entre os transeuntes na Universidade Federal do Espírito Santos (UFES) *campus* Alegre no momento da análise e consistiam em alunos, professores e técnicos da instituição. Houve participação de um total de 44 homens e 76 mulheres.

As amostras de maionese foram servidas em quantidade suficiente para cobrir as torradas (veículo) espessamente (\pm 4g) e apresentadas monadicamente de forma casualizada, juntamente com água para enxaguar a boca entre as avaliações. As amostras foram codificadas com três dígitos aleatórios e cada consumidor recebeu uma ficha avaliativa contendo uma escala hedônica de nove pontos, para avaliação dos atributos de aparência, aroma, textura, sabor e impressão global, na qual o escore 1 correspondeu a “desgostei extremamente” e o escore 9 a “gostei extremamente”. Ainda, foi avaliada a intenção de compra, por meio de uma escala de 5 pontos, na qual o escore 1 correspondeu a “Certamente não compraria” e o escore 5 a “Certamente não compraria” (Figura 3) (REIS; MINIM, 2018).

Figura 3 – Ficha de avaliação para aceitação sensorial e intenção de compra.

Nome: _____	Data: _____	Sexo: M () F ()
Por favor, avalie a amostra de maionese servida e indique o quanto você gostou ou desgostou do produto.		
Marque a resposta que melhor reflita seu julgamento.		
Código da Amostra: _____		
9- Gostei extremamente		
8- Gostei muito		
7- Gostei moderadamente		
6- Gostei ligeiramente		
5- Indiferente		
4- Desgostei ligeiramente		
3- Desgostei moderadamente		
2- Desgostei muito		
1- Desgostei extremamente		
Comentários: _____		
Agora avalie a amostra de acordo com a sua intenção de compra:		
<input type="checkbox"/> Certamente compraria		
<input type="checkbox"/> Provavelmente compraria		
<input type="checkbox"/> Talvez compraria		
<input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria		
<input type="checkbox"/> Certamente não compraria		

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, da Universidade Federal do Espírito Santo, sob o número 5.668.106 (ANEXO A).

4.2.19 Planejamento experimental e análise estatística

A análise organoléptica e estabilidade física do experimento foram realizadas utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado com 5 tratamentos e três repetições, totalizando 15 unidades experimentais. Os resultados obtidos foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e havendo diferença entre os tratamentos foi realizado o teste de Tukey, com auxílio do programa estatístico Statistica® 12 (StatSoft, EUA), a um nível de 5% de significância.

Para o estudo da cinética de estabilidade durante armazenamento, foi considerado um Delineamento em Parcelas Subdivididas, sendo que nas parcelas foram alocados os tratamentos, e nas subparcelas o tempo de armazenamento. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e Tukey ($p \leq 0,05$) (Statistica® 12 - StatSoft, EUA).

Para a análise sensorial foi considerado um Delineamento em Blocos Casualizados, em que cada analisador foi considerado um bloco. Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) seguido por teste de Tukey, a 5 % de significância (Statistica® 12 - StatSoft, EUA). Os resultados foram apresentados graficamente com auxílio do programa estatístico GraphPad Prism 9 vs. 5.01 (Software GraphPad by Dotmatics, EUA).

4.3 Resultados

4.3.1 Caracterização do extrato de café verde (*Coffea canephora*)

A atividade antioxidante no extrato aquoso de café verde analisada pelo método FRAP apresentou-se superior às demais técnicas. Entre os compostos bioativos, o conteúdo de ácido clorogênico foi majoritário, sendo seguido pela cafeína. A quantidade total de composto fenólicos foi de aproximadamente 1990 mg EAG/mL de amostra (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização do extrato aquoso de café verde Conilon (base seca).

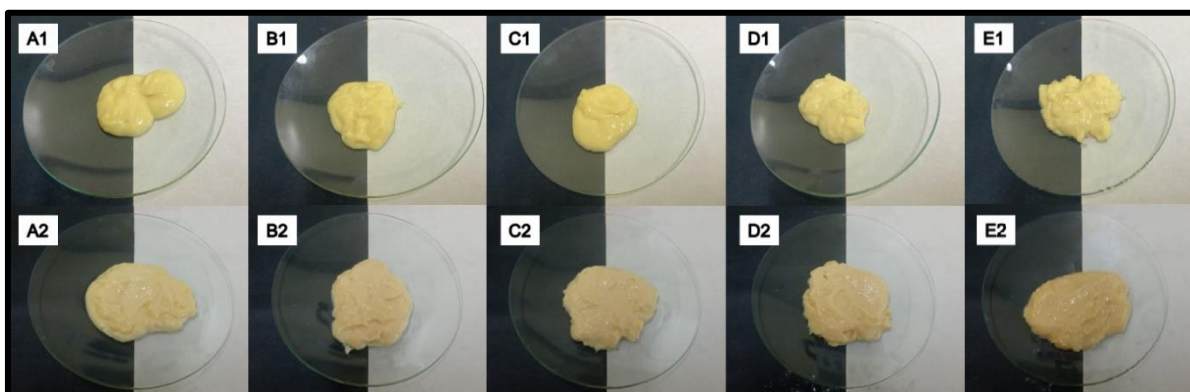
Análises	Valores médios (\pm DP)
DPPH (mmol Trolox/g)	0,61 \pm 0,04
ABTS (mmol Trolox/g)	2,59 \pm 0,11
FRAP (mmol sulfato ferroso/g)	32,08 \pm 1,15
Compostos Fenólicos (mg EAG/g)	1990,11 \pm 69,56
Ácido Clorogênico (mg/g)	266,35 \pm 50,70
Cafeína (mg/g)	78,34 \pm 13,74
°Brix	14,53 \pm 0,29
pH	5,90 \pm 0,02

*EAG: Equivalente de ácido gálico; DPPH: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; ABTS: 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid); FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power.

4.3.2 Análise organoléptica, estabilidade física e avaliação microscópica

As amostras de maionese não apresentaram alterações visuais e físicas durante os 28 dias de armazenamento. A coloração amarelada e o aspecto brilhante permaneceram durante 14 dias, com aumento da opacidade a partir do dia 21. Em todas as formulações a cor apresentou-se uniforme, ou seja, sem marmorização crômica (Figura 4). As emulsões não apresentaram a formação de grumos, possuindo aspecto liso e brilhoso, além de boa espalhabilidade. Não foram notadas diferenças entre os produtos contendo o extrato em estudo e os antioxidantes sintéticos.

Figura 4 – Imagens de amostras de maionese em vidro relógio.

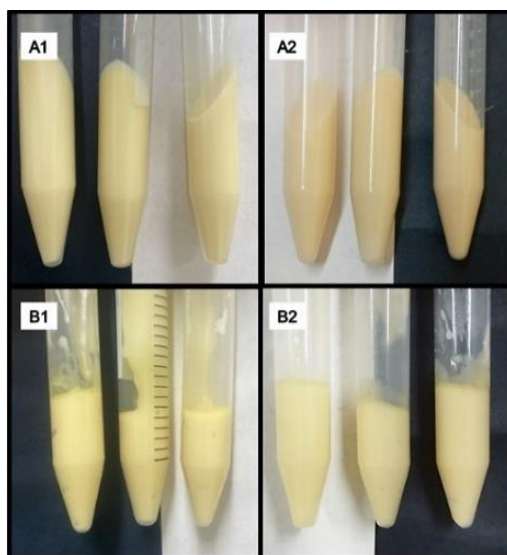


A1 e A2: maionese adicionada de BHT, BHA e ácido cítrico; B1 e B2: maionese não adicionada de antioxidantes; C1 e C2: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; D1 e D2:

maionese adicionada de 1,0 % de extrato; E1 e E2: maionese adicionada de 1,5 % de extrato. 1: amostras no tempo 0 dias; 2: amostras no tempo 28 dias.

Em relação aos testes preliminares de estabilidade física, foi possível observar que todas as formulações permaneceram estáveis ao longo de 28 dias. As amostras não apresentaram separação das fases no teste mecânico. De forma semelhante, não foi observada separação de fases nas amostras em todas as temperaturas testadas (entre 40 e 60° C) (Figura 5).

Figura 5 – Testes preliminares de estabilidade mecânica e térmica das maioneses.



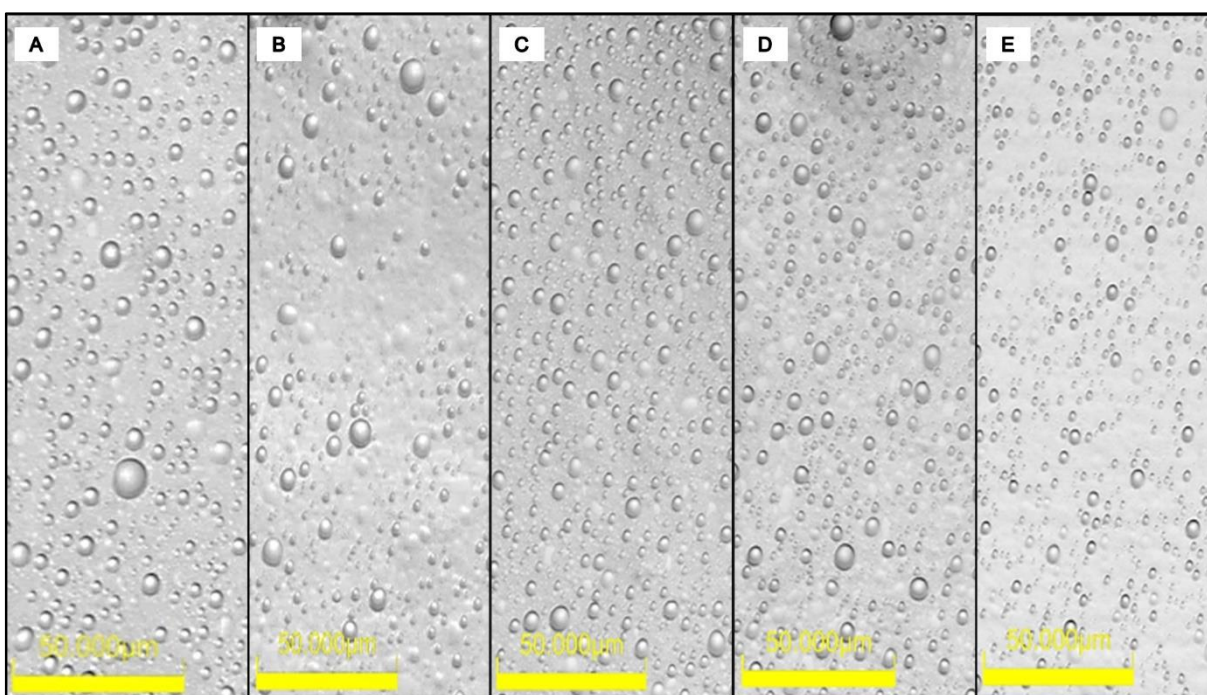
Trata-se de uma ilustração referente as estabilidades mecânica e térmica, por isso, não houve identificação da amostra. A: Amostras submetidas a teste preliminar de estresse mecânico; B: Amostras submetidas a teste preliminar de estresse térmico a 60 °C. Imagens com numeração “1” foram realizadas no tempo 0 dias e com numeração “2” no tempo 28 dias.

A microscopia confocal foi realizada nas amostras de maionese após o final do ensaio experimental (Figura 6). Nesse tempo, as emulsões ainda permaneciam estáveis e sem separação de fases. Por meio da análise microscópica foi possível visualizar a formação das gotículas nas amostras, o que indica a ocorrência de emulsificação do sistema, haja visto que emulsões se configuram como uma fase dispersa completamente difusa em uma fase contínua. A presença do extrato não interferiu na formação da emulsão. Em todas as formulações, contendo ou não extrato, foram observadas gotículas ovaladas e/ou arredondadas com diâmetro reduzido e com disposição dispersa. Não foi observada a formação de cachos ou de

desproporções nas gotículas, portanto não houve sinal de coalescência nas amostras. Na aproximação de 50.000 μm da Figura 6 é possível observar o formato das gotículas, a qual aparentaram tamanhos polidispersos.

Pode ser observado na Figura 6, que a fase dispersa apresentou-se compactada na fase contínua, provavelmente devido ao elevado volume de óleo utilizado na elaboração das maioneses. Contudo, as amostras apresentaram dispersão apropriada.

Figura 6 – Microscopia confocal (Objetiva 20x) de amostras de maionese.



Imagens com aproximação de 50 000 μm . A: maionese adicionada de BHT, BHA e ácido cítrico; B: maionese não adicionada de antioxidantes; C: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; D: maionese adicionada de 1,0 % de extrato aquoso de café verde; E: maionese adicionada de 1,5 % de extrato aquoso de café verde.

Ao analisar mais detalhadamente as imagens da Figura 6 é possível sugerir que a amostra CTP apresentou menor quantidade de gotículas e maior desproporção, quando comparada ao CTN. Entretanto, o diâmetro das gotículas da amostra F1.5 foi superior as demais amostras ($p \leq 0,05$), o que sugere maior desproporcionamento (Tabela 3).

Tabela 3 – Medição do diâmetro e índice de circularidade das gotículas (*).

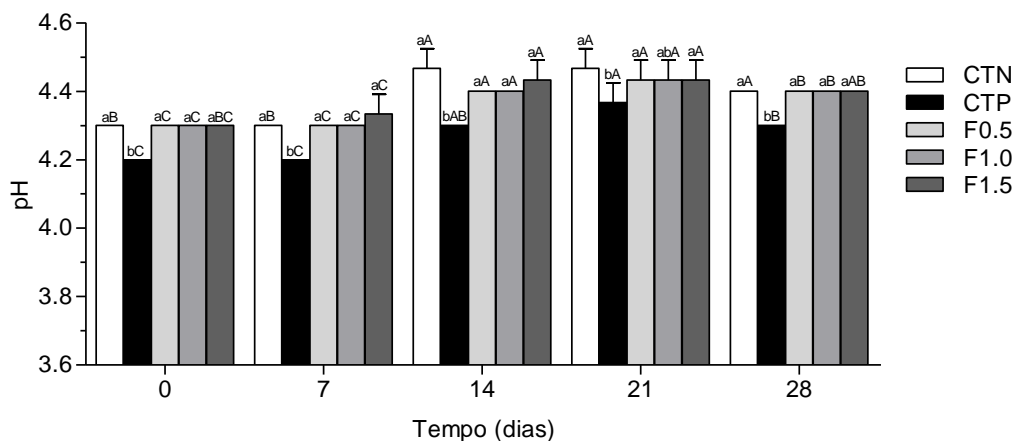
Amostra	Diâmetro médio ($\mu\text{m} \pm \text{DP}$)	Índice de circularidade
CTN	23,7 ^b \pm 3,1	0,7 ^c \pm 0,2
CTP	24,3 ^b \pm 3,8	0,8 ^b \pm 0,2
F0.5	24,1 ^b \pm 3,2	0,7 ^{bc} \pm 0,2
F1.0	24,0 ^b \pm 3,2	0,7 ^{bc} \pm 0,2
F1.5	25,8 ^a \pm 2,4	0,9 ^a \pm 0,1

*Valores expressos como média \pm desvio padrão. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, em uma mesma coluna de uma variável, diferem entre si quanto ao tratamento pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CTN: maionese não adicionada de antioxidantes; CTP: maionese adicionada de BHT, BHA e ácido cítrico; F0.5: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; F1.0: maionese adicionada de 1,0 % de extrato aquoso de café verde; F1.5: maionese adicionada de 1,5 % de extrato aquoso de café verde.

4.3.3 pH

O pH das amostras permaneceu na faixa de 4,20 a 4,44 durante os 28 dias de armazenamento (Figura 7). Pode-se observar que CTP foi a única amostra que se distinguiu significativamente ($p \leq 0,05$) das demais nos tempos analisados, possivelmente devido à adição de ácido cítrico.

Figura 7 – pH das amostras de maionese incorporadas ou não de extrato aquoso de café verde armazenadas em BOD à 25°C por 28 dias (*).



*Valores expressos como média \pm desvio padrão. Dados analisados por ANOVA seguida de Tukey com $p \leq 0,05$. Letras minúsculas diferentes indicam variação entre tratamentos a 5 % de significância em

um mesmo tempo. Letras maiúsculas diferentes indicam variação entre tempos a 5 % de significância para o mesmo tratamento. CTN: maionese não adicionada de antioxidantes; CTP: maionese adicionada de BHT, BHA e ácido cítrico; F0.5: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; F1.0: maionese adicionada de 1,0 % de extrato aquoso de café verde; F1.5: maionese adicionada de 1,5 % de extrato aquoso de café verde.

O comportamento do pH ao longo do tempo pode também visualizado na Figura 7. As formulações com extrato mantiveram o pH sem diferenças significativas ($p \leq 0,05$) até o tempo 7 dias, apresentando uma elevação exponencial a partir do tempo 14 dias e iniciando uma queda em 28 dias. O comportamento das amostras F0.5, F1.0 e F1.5 foi bastante similar ao das amostras CTN e CTP, apesar dos valores menores da CTP, como já foi citado acima. As amostras diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) em relação ao tempo de armazenamento, porém, não em relação as formulações em si, exceto a CTP.

4.3.4 Análise de perfil de textura

No aspecto firmeza, observou-se que ao longo de 28 dias de armazenamento apenas as amostras F1.0 e F1.5 apresentaram uma elevação significativa ($p \leq 0,05$). Apesar das amostras com extrato não diferirem da CTP no tempo inicial, as formulações F1.0 e F1.5 demonstraram durezas estatisticamente superiores a CTP no tempo final (28 dias).

No tempo de 28 dias a força de adesão foi superior ao tempo inicial para todas as amostras, exceto F0.5 ($p \leq 0,05$). No tempo inicial apenas a força de adesão do F0.5 se diferiu estatisticamente do CTP, porém, aos 28 dias de armazenamento somente a F1.0 se apresentou significativamente ($p \leq 0,05$) superior à CTP.

Um comportamento semelhante foi observado para coesividade e elasticidade, em que no final de 28 dias de teste as amostras CTP e F1.0 apresentaram-se superiores ao tempo inicial. Porém, nenhuma das amostras diferiram estatisticamente entre si para esses parâmetros em um mesmo tempo de armazenamento.

Quanto aos parâmetros secundários, a gomosidade e mastigabilidade, pode-se observar um comportamento semelhante das amostras. Onde as formulações CTN e F0.5 se mantiveram significativamente estáveis ao longo do armazenamento, enquanto as demais demonstraram elevação de força do tempo inicial para o final. Nenhuma das amostras se diferiu em um mesmo tempo quanto a gomosidade, todavia, em relação a mastigabilidade apenas a amostra F1.0 se diferiu da CTN no

tempo 0 dias. O comportamento das amostras pode ser mais bem visualizado na Figura 8 abaixo.

Figura 8 – Perfil de textura das formulações de maionese incorporadas ou não com extrato de café verde, ao longo de 28 dias de armazenamento.

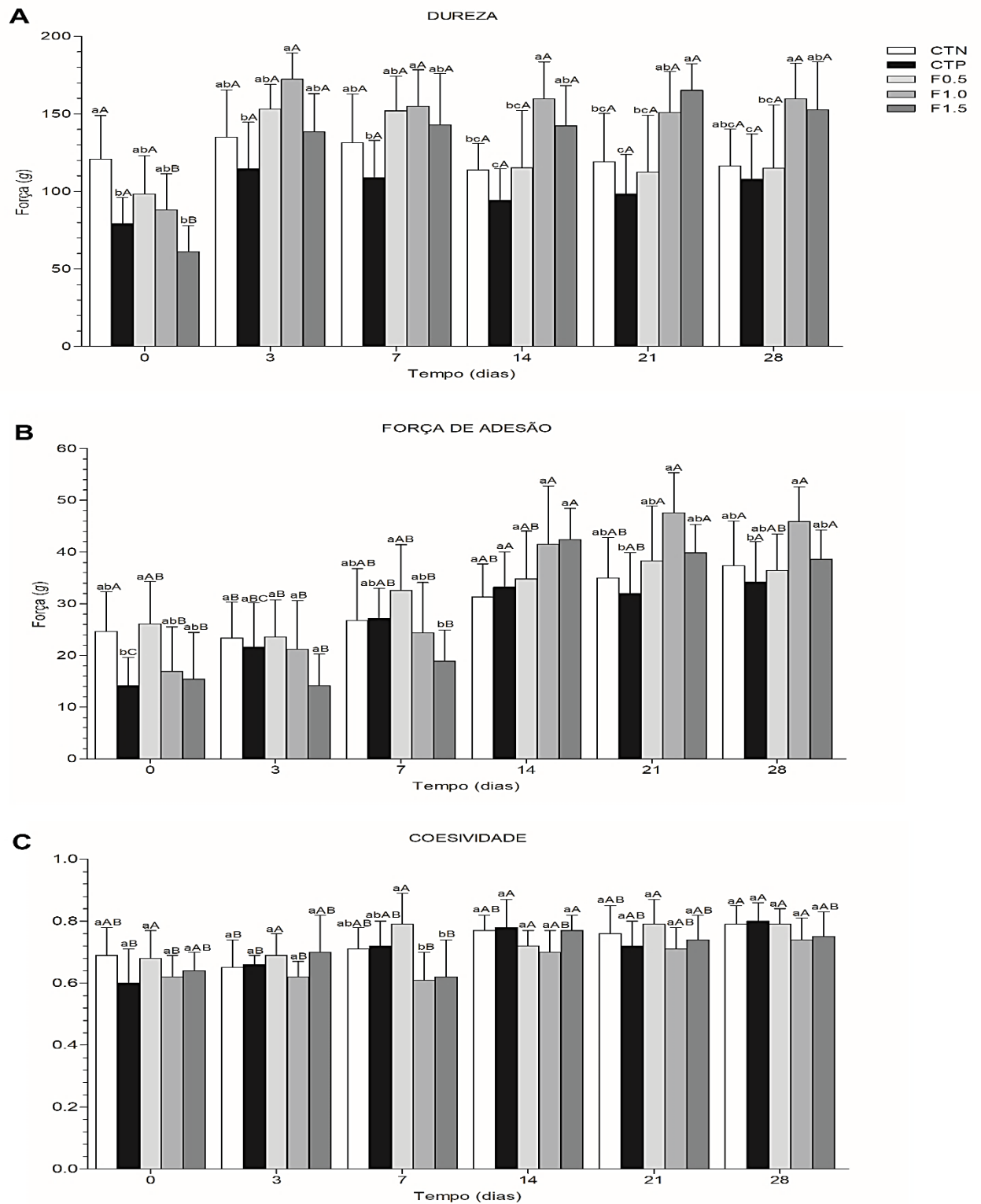
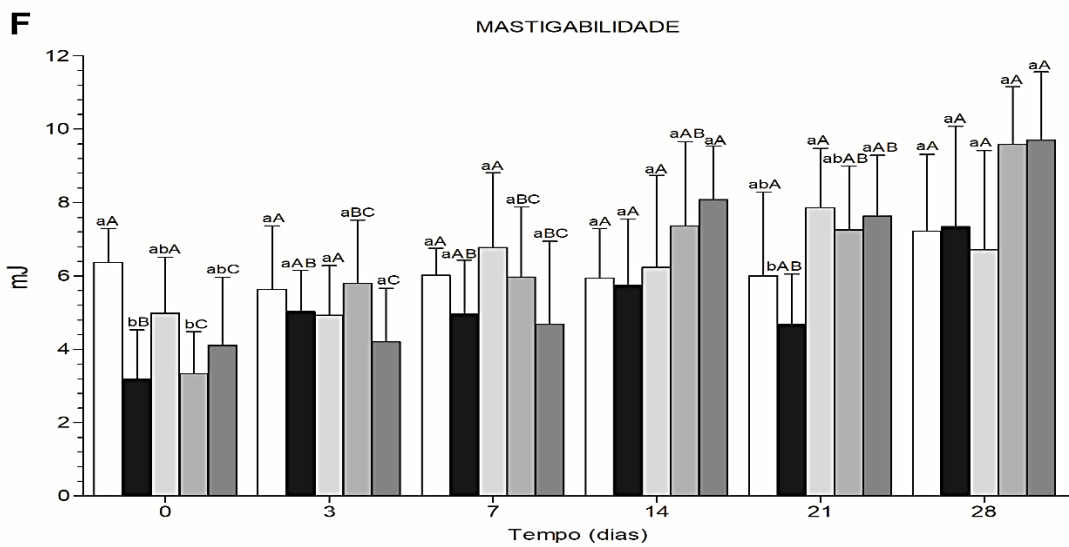
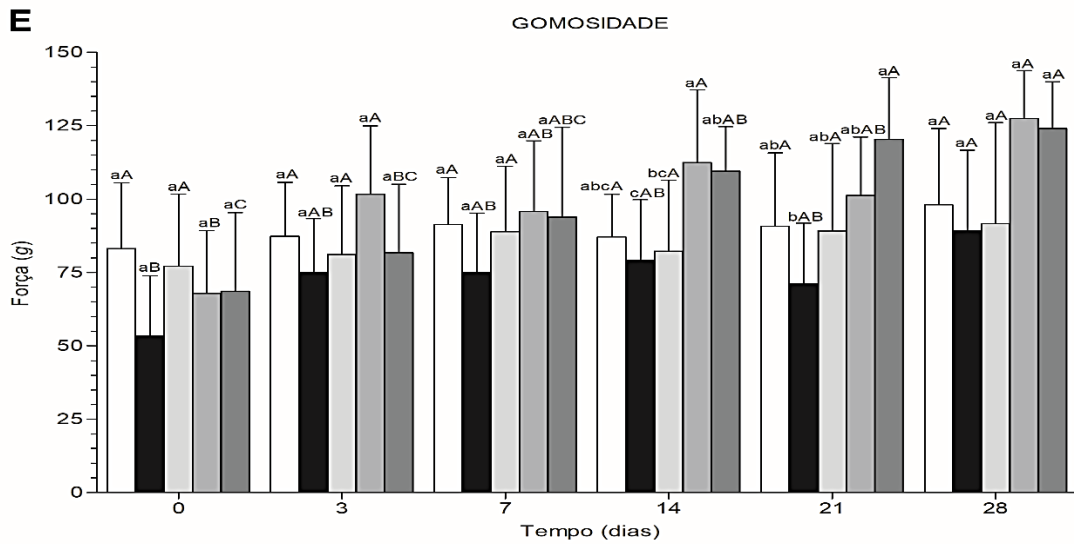
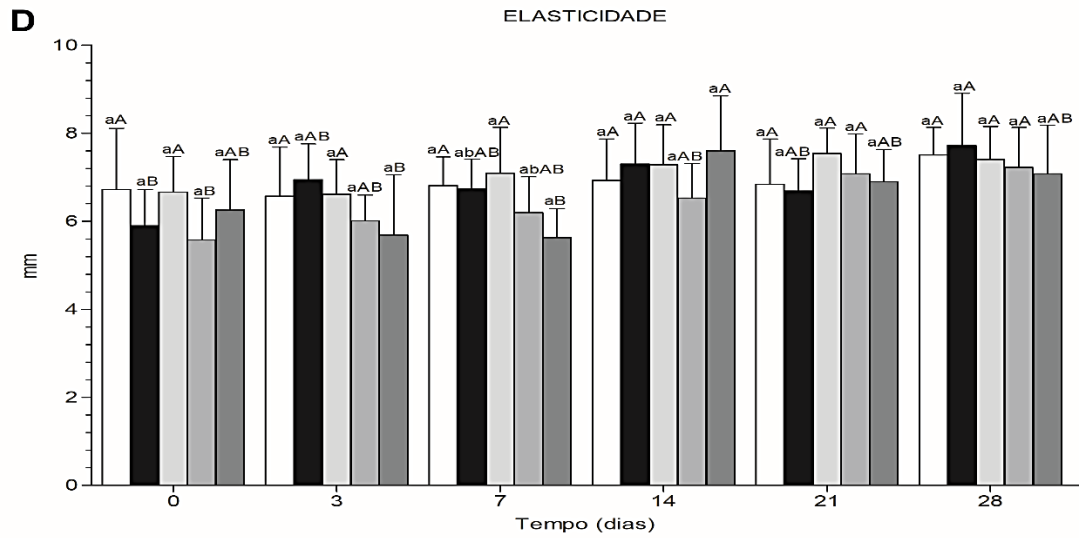


Figura 8 – Continua.



Valores expressos como média \pm desvio padrão. Dados analisados por ANOVA seguida de Tukey com

$p \leq 0,05$. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre tratamentos em um mesmo tempo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tempos para o mesmo tratamento. CTN: maionese não adicionada de antioxidantes; CTP: maionese adicionada de BHT, BHA e ácido cítrico; F0.5: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; F1.0: maionese adicionada de 1,0 % de extrato aquoso de café verde; F1.5: maionese adicionada de 1,5 % de extrato aquoso de café verde.

4.3.5 Análise colorimétrica

A análise colorimétrica das formulações de maionese avaliou os parâmetros referentes a luminosidade (L^*) com escalas de zero (preto) a cem (branco); ao a^* , com escalas de vermelho (positivo) a verde (negativo) e ao b^* , com escalas de amarelo (positivo) a azul (negativo). O L^* das formulações apresentou-se na faixa de 79,64 a 85,32 (Tabela 4), devido à coloração pálida da maionese. De um modo geral, as amostras com maior concentração de extrato de café verde (F1.0 e F1.5) apresentaram menor luminosidade em relação às demais, em um mesmo tempo e ao longo de 28 dias ($p \leq 0,05$). No que se refere aos parâmetros a^* e b^* as amostras não diferiram significativamente ($p > 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento; bem como não apresentaram diferenças entre as amostras até 14 dias. Entretanto, para a^* , as amostras F1.0 e F1.5 diferiram de CTN em 21 dias; enquanto para b^* as amostras CTP e F1.5 diferiram de CTN em 21 dias e CTP e F1.5 diferiram de CTN e F0.5 em 28 dias.

Tabela 4 – Colorimetria de amostra de maionese, ao longo de 28 dias de armazenamento.

Análise	Amostra	Tempos				
		0 dias	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
L*	CTN	85,3 ^{aA} ± 0,5	84,9 ^{aA} ± 0,4	84,7 ^{aA} ± 0,6	84,6 ^{aA} ± 0,5	84,8 ^{aA} ± 0,4
	CTP	85,2 ^{abA} ± 0,4	84,9 ^{aA} ± 0,5	84,4 ^{aA} ± 0,8	84,5 ^{aA} ± 0,6	84,0 ^{abA} ± 1,0
	F0.5	84,4 ^{abcA} ± 0,8	83,5 ^{abA} ± 0,9	82,7 ^{abA} ± 0,5	82,7 ^{abA} ± 1,0	82,3 ^{ba} ± 0,9
	F1.0	83,5 ^{cA} ± 0,3	82,2 ^{bAB} ± 0,7	81,5 ^{bABC} ± 0,8	80,6 ^{bBC} ± 0,7	79,6 ^{cC} ± 0,7
	F1.5	83,6 ^{bcA} ± 0,3	81,9 ^{bB} ± 0,6	81,4 ^{bB} ± 0,5	81,1 ^{bBC} ± 0,2	79,9 ^{cC} ± 0,2
a*	CTN	0,1 ^{aA} ± 0,4	0,4 ^{aA} ± 0,6	0,1 ^{aA} ± 0,1	-0,2 ^{bA} ± 0,4	0,1 ^{aA} ± 0,2
	CTP	0,7 ^{aA} ± 0,4	0,9 ^{aA} ± 0,2	0,4 ^{aA} ± 1,0	0,5 ^{abA} ± 0,1	0,2 ^{aA} ± 0,7
	F0.5	0,1 ^{aA} ± 0,4	0,3 ^{aA} ± 0,3	0,5 ^{aA} ± 0,2	0,6 ^{abA} ± 0,3	0,4 ^{aA} ± 0,4
	F1.0	0,3 ^{aA} ± 0,1	-0,3 ^{aA} ± 0,6	0,0 ^{aA} ± 0,6	0,8 ^{aA} ± 0,2	0,5 ^{aA} ± 0,6
	F1.5	0,7 ^{aA} ± 0,0	-0,0 ^{aB} ± 0,2	0,7 ^{aA} ± 0,1	0,9 ^{aA} ± 0,1	1,0 ^{aA} ± 0,3
b*	CTN	21,0 ^{aA} ± 1,06	21,4 ^{aA} ± 1,3	20,4 ^{aA} ± 0,4	20,3 ^{bA} ± 1,0	20,5 ^{bA} ± 0,4
	CTP	23,0 ^{aA} ± 0,80	22,7 ^{aA} ± 0,6	21,9 ^{aA} ± 1,9	22,5 ^{aA} ± 0,2	22,7 ^{aA} ± 0,7
	F0.5	22,3 ^{aA} ± 0,69	22,4 ^{aA} ± 1,1	22,2 ^{aA} ± 0,5	21,6 ^{abA} ± 0,5	21,0 ^{ba} ± 0,1
	F1.0	22,2 ^{aA} ± 0,27	21,4 ^{aA} ± 1,1	20,9 ^{aA} ± 0,7	21,6 ^{abA} ± 0,2	21,4 ^{abA} ± 0,3
	F1.5	22,8 ^{aA} ± 0,21	21,9 ^{aB} ± 0,2	22,6 ^{aAB} ± 0,3	22,0 ^{aB} ± 0,2	22,6 ^{aAB} ± 0,3

Valores expressos como média ± desvio padrão. CTN: maionese não adicionada de antioxidantes; CTP: maionese adicionada de BHT, BHA e ácido cítrico; F0.5: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; F1.0: maionese adicionada de 1,0 % de extrato aquoso de café verde; F1.5: maionese adicionada de 1,5 % de extrato aquoso de café verde. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, em uma mesma coluna de uma variável, diferem entre si quanto ao tratamento pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes, em uma mesma linha de uma variável, diferem entre si quanto o tempo pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A Tabela 5 apresenta a variação colorimétrica global (ΔE), em que as formulações com extrato apresentaram maior coloração global. A formulação F1.0 demonstrou o maior ΔE , sendo cerca de 93,57 % superior ao CTN. O ΔE de F1.5 foi cerca de 19% inferior ao F1.0, enquanto a formulação com apenas 0,5% de extrato foi inferior as demais amostras com extrato quanto a coloração global, sendo de 50 a 60% menor. O CTP, apesar de possuir ΔE inferior às formulações com extrato, apresentou ainda 4 vezes mais coloração global que a CTN.

Tabela 5 – Cor global (ΔE) das amostras de maionese.

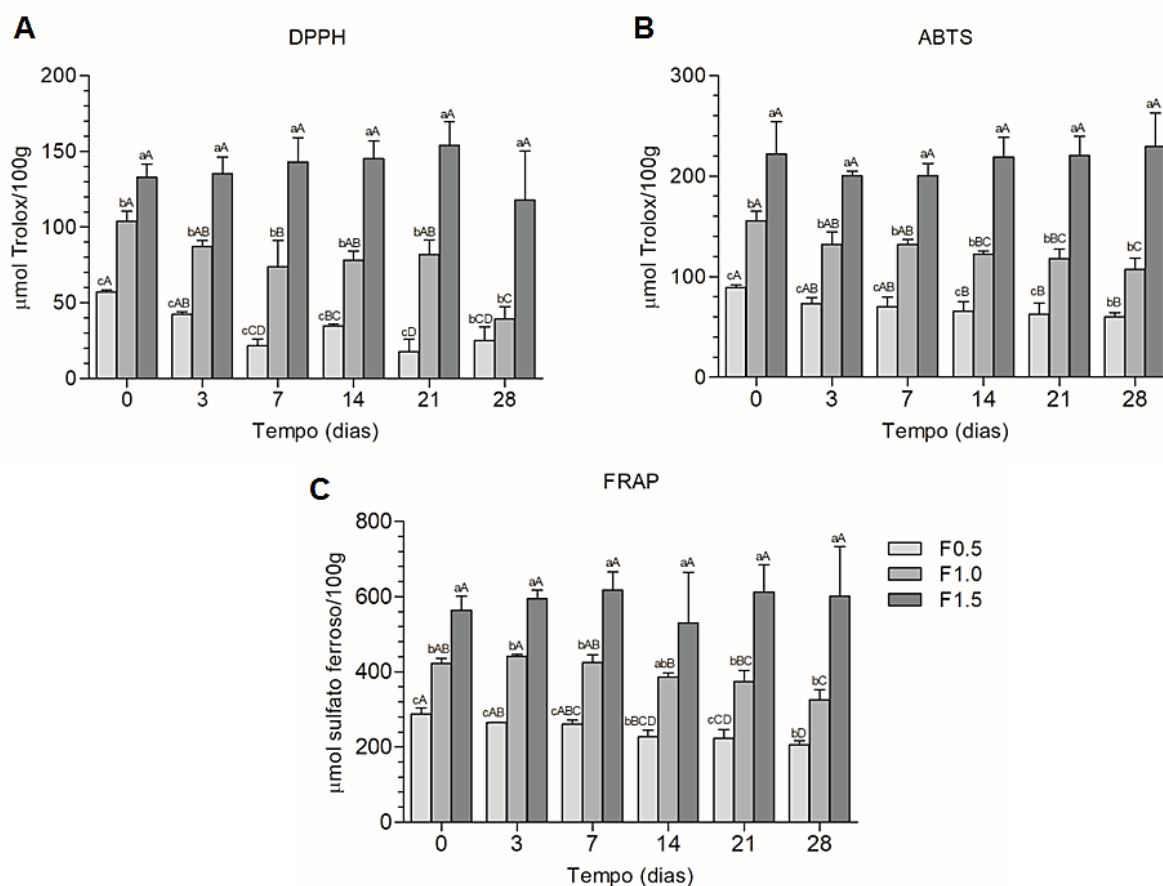
Amostras	ΔE
CTN	0,5 \pm 0,2
CTP	2,1 \pm 0,9
F0.5	3,3 \pm 0,8
F1.0	8,2 \pm 1,3
F1.5	6,7 \pm 0,6

Valores expressos como média \pm desvio padrão. CTN: maionese não adicionada de antioxidantes; CTP: maionese adicionada de BHT, BHA e ácido cítrico; F0.5: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; F1.0: maionese adicionada de 1,0 % de extrato aquoso de café verde; F1.5: maionese adicionada de 1,5 % de extrato aquoso de café verde.

4.3.6 Atividade antioxidante e conteúdo bioativo

O comportamento antioxidante das amostras de maionese com adição de 0,5; 1,0 e 1,5 % de extrato de café verde foi acompanhado segundo a reação com radicais DPPH e ABTS. Como pode ser observado nos gráficos da Figura 9, as atividades antioxidantes analisadas aumentaram segundo o acréscimo na adição de extrato às amostras, indicando uma relação dose-dependente positiva. A capacidade de neutralização de ambos os radicais estáveis permaneceu estatisticamente ($p \leq 0,05$) distinta para as três formulações adicionadas de extrato até 21 dias de armazenamento. Com a redução da atividade antioxidante dos radicais estáveis em detrimento do tempo, as amostras com 0,5 e 1,0 % de extrato se tornaram similares aos 28 dias, distinguindo-se apenas da amostra com maior concentração de café verde. Tanto para DPPH e ABTS, quanto para o FRAP, a amostra F1.5 foi a única que se manteve significativamente estável por todo o período de armazenamento.

Figura 9 – Conteúdo de antioxidantes das amostras de maionese incorporadas com extrato aquoso de café verde, ao longo de 28 dias de armazenamento.

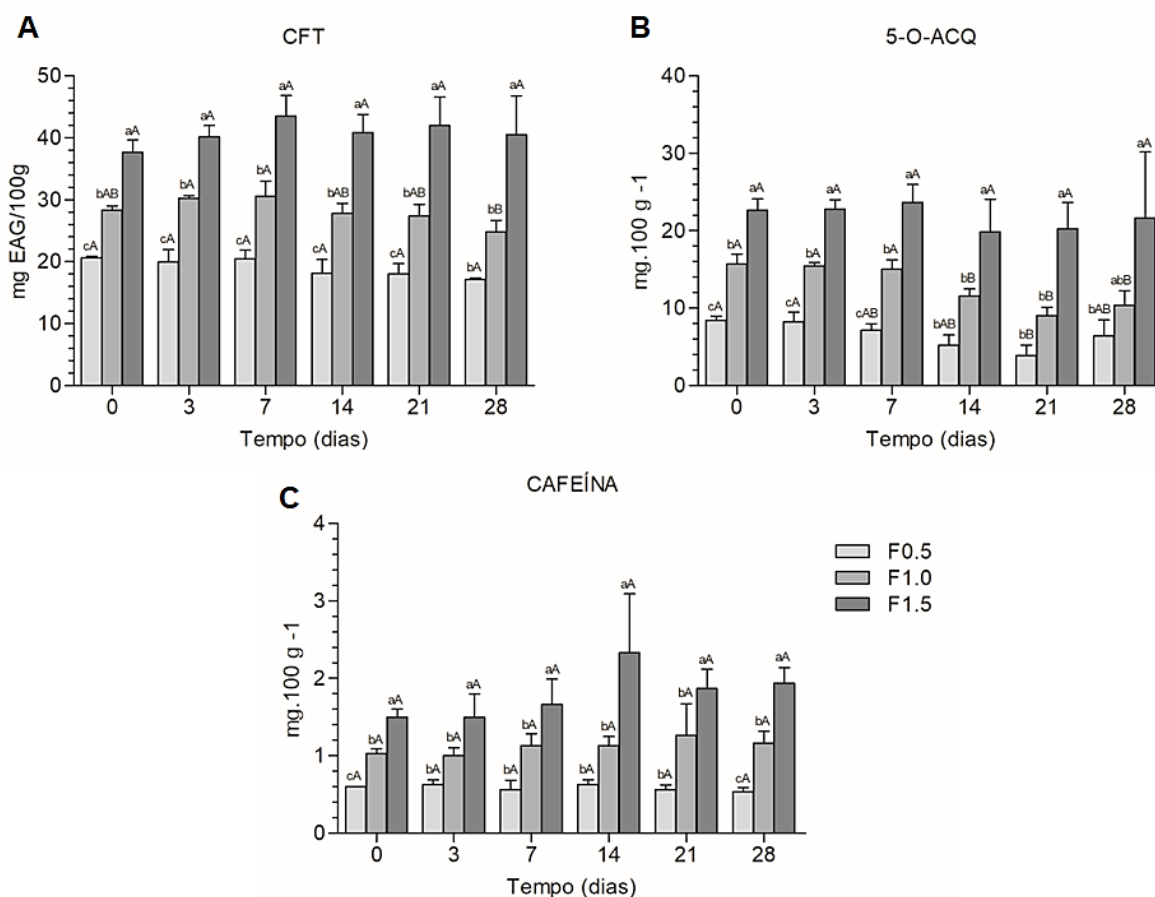


Valores expressos como média \pm desvio padrão. Dados analisados por ANOVA seguida de Tukey com $p \leq 0,05$. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre tratamentos em um mesmo tempo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tempos para o mesmo tratamento. A: análise de antioxidantes por DPPH; B: análise de antioxidantes por ABTS e C: análise de antioxidantes por FRAP. F0.5: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; F1.0: maionese adicionada de 1,0 % de extrato aquoso de café verde; F1.5: maionese adicionada de 1,5 % de extrato aquoso de café verde.

De forma semelhante à análise da atividade antioxidante, o conteúdo de compostos fenólicos totais, ácido cafeoilquínico (5-O-ACQ) e cafeína aumentaram de acordo com a dosagem de extrato de café verde incorporada à maionese ($p < 0,05$) (Figura 10). Ao longo de 28 dias de armazenamento a formulação F0.5 e F1.5 não apresentaram diferença estatisticamente significativa, em relação ao tempo inicial ($p > 0,05$), para o conteúdo de compostos fenólicos totais. Somente a formulação F1.5 que apresentou estabilidade de ácido cafeoilquínico ao longo do tempo de armazenamento, portanto, não diferindo do tempo final em relação ao tempo inicial

($p > 0,05$). Ademais, não houve alteração na concentração de cafeína ao longo tempo para todas as amostras analisadas, sugerindo a estabilidade deste composto.

Figura 10 – Teor de compostos fenólicos, ácido clorogênico e cafeína de maioneses incorporadas com extrato aquoso de café verde, ao longo de 28 dias de armazenamento.

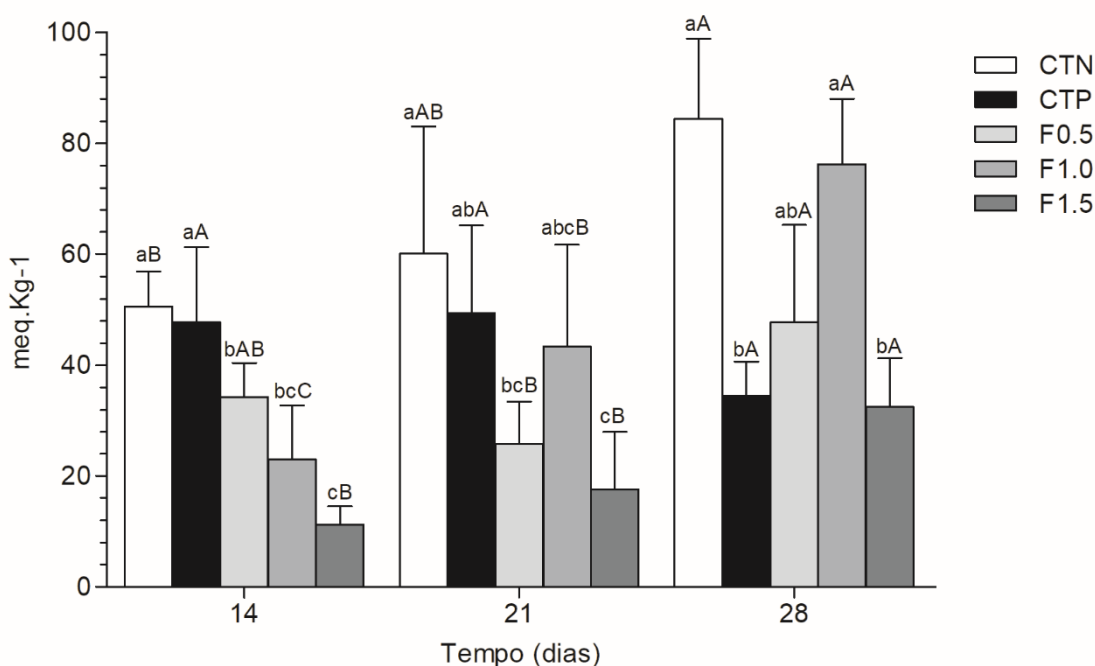


Valores expressos como média \pm desvio padrão. Dados analisados por ANOVA seguida de Tukey com $p \leq 0,05$. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre tratamentos em um mesmo tempo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tempos para o mesmo tratamento. A: Teor de compostos fenólicos totais (CFT); B: teor de ácido clorogênico (5-O-ACQ) e C: Teor de cafeína. F0.5: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; F1.0: maionese adicionada de 1,0 % de extrato aquoso de café verde; F1.5: maionese adicionada de 1,5 % de extrato aquoso de café verde.

4.3.7 Índice de peróxido

O índice de peróxido (IP) é um marcador de oxidação lipídica (ARAÚJO, 2019). As amostras apresentaram reação após 14 dias de armazenamento, o que sugere a estabilidade lipídica até esse tempo (Figura 11). Comparando-se o comportamento ao longo do tempo de 28 dias, as amostras CTP e F0.5 apresentaram-se estáveis.

Figura 11 – Índice de peróxido das amostras de maionese incorporadas ou não com extrato aquoso de café verde, ao longo de 28 dias de armazenamento.



Valores expressos como média \pm desvio padrão. Dados analisados por ANOVA seguida de Tukey com $p \leq 0,05$. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre tratamentos em um mesmo tempo. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os tempos para o mesmo tratamento. A: Teor de compostos fenólicos totais (CFT); B: teor de ácido clorogênico (5-O-ACQ) e C: Teor de cafeína. F0.5: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; F1.0: maionese adicionada de 1,0 % de extrato aquoso de café verde; F1.5: maionese adicionada de 1,5 % de extrato aquoso de café verde. "mEq.Kg⁻¹": miliequivalente (1/1000) por Kg de amostra.

A maionese com 1,5 % de extrato apresentou a menor produção de peróxido em todos os tempos (Figura 11), mantendo estável a síntese desse radical até 21 dias e elevando seu conteúdo de forma significativa ($p \leq 0,05$) em 28 dias. Da segunda a quarta semana de armazenamento o F1.5 aumentou 65,6 % seu conteúdo de peróxido, porém, foi a formulação que melhor controlou a produção do radical livre. A

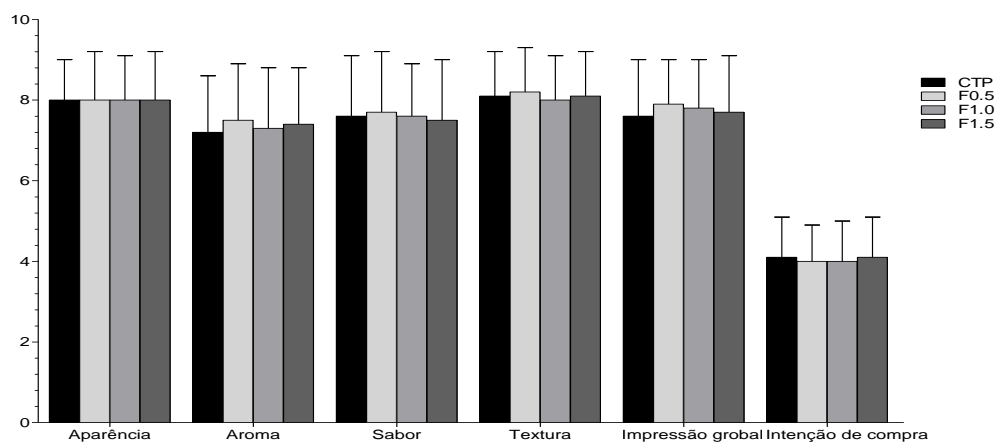
F1.5 não apresentou sinal de decomposição do peróxido em sua cinética até o final dos 28 dias de armazenamento. Curiosamente, a formulação contendo 0,5 % de extrato apresentou uma cinética de produção de peróxido mais similar a amostra com 1,5 % de extrato do que a que continha 1,0 %. Apesar de apresentar um teor inicial superior ao F1.5, a F0.5 demonstrou uma elevação de apenas 28,12 % do tempo 14 a 28 dias, mantendo a produção relativamente estável.

Como era esperado, a amostra sem adição de antioxidante (CTN) apresentou os maiores valores de peróxido, com uma cinética que não apresentava sinais de decomposição do peróxido até o final do experimento. Em contrapartida, a amostra contendo os antioxidantes sintéticos (CTP) foi a única cuja cinética apresentou a fase de síntese crescente, o pico de produção e a fase final, com a decomposição dos peróxidos. Assim sendo, a CTP foi mais eficiente em suprimir o peróxido após este ser produzido em grande quantidade, mantendo sua produção estatisticamente estável ao longo tempo. Porém, as amostras com extrato foram mais bem sucedidas em inibir a síntese inicial do peróxido, mantendo sua produção exponencial com teores inferiores ao encontrados em CTP até a terceira semana de armazenamento (21 dias).

4.3.8 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada com as amostras CTP e com as formulações com diferentes concentrações de extrato de café verde. Todas as amostras de maioneses foram bem avaliadas quanto aos cinco atributos no teste de aceitação, recebendo pontuações superiores a 7 em escala de 9 pontos (Figura 12). Não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras quanto a aparência, aroma, sabor, textura e impressão global; bem como à intensão de compra.

Figura 12 – Análise sensorial das amostras de maionese, incorporadas ou não com extrato aquoso de café verde.



*Valores expressos como média \pm desvio padrão. Dados analisados por ANOVA seguida de Tukey. Não houve diferença estatística ($p > 0,05$) para os atributos analisados. CTP: maionese adicionada de BHT, BHA e ácido cítrico; F0.5: maionese adicionada de 0,5 % de extrato aquoso de café verde; F1.0: maionese adicionada de 1,0 % de extrato aquoso de café verde; F1.5: maionese adicionada de 1,5 % de extrato aquoso de café verde. Aceitação sensorial: varia de 1 “desgostei extremamente” a 9 “gostei extremamente”. Intenção de compra: varia de 1 “Certamente não compraria” a 5 “Certamente compraria”.

4.4 Discussão

No presente estudo foi preparado extrato aquoso de café verde da variedade conilon, da região do Caparaó, o qual apresentou elevada concentração de compostos fenólicos, de ácido clorogênico e de cafeína. Na literatura, em trabalhos que também utilizaram extrato de café verde conilon da mesma região, foram encontrados cerca de 33% menos ácido clorogênico, 89% menos compostos fenólicos e uma atividade antioxidante DPPH e ABTS até 90% inferior ao do extrato no atual estudo (DO CARMO et al., 2022; SILVA et al., 2022b). Entretanto, essa variação de composição no extrato aquoso de café verde pode ser devido a variações metodológicas, como a percolação e padronização do grau Brix assim como a fatores de cultivo e safra do café, como clima, altitude, disponibilidade hídrica, técnicas agrícolas, assim como variações no pós-colheita e processamento dos grãos (BABOVA; OCCHIPINTI; MAFFEI, 2016; KIEU TRAN et al., 2020; AHMED ALI et al., 2022; LEMOS et al., 2022; VÁRADY et al., 2022).

A utilização do café verde como ingrediente em alimentos não é comum comercialmente. Contudo, o café verde por ser rico em compostos bioativos, como o

ácido clorogênico e a cafeína, tem sido investigado quanto à sua aplicação em matrizes alimentares. Há estudos científicos que adicionaram o extrato ou farinha de café verde em preparações alimentícias como bebidas lácteas, *muffins* e pães, obtendo uma melhora significativa na qualidade nutricional e atividade antioxidante dos produtos (ŚWIECA et al., 2017; ZAIN; BABA; SHORI, 2018; DO CARMO et al., 2022; BENINCÁ et al., 2023). Portanto, acréscimo de café verde eleva consideravelmente o conteúdo fenólico do alimento, aumentando seu potencial funcional. Além de manter os produtos oxidativamente estáveis por meio da ação dos ácidos clorogênicos e da sinergia da cafeína com fenólicos de baixo peso molecular (ŚWIECA et al., 2017; ZAIN; BABA; SHORI, 2018).

Em sistemas alimentares altamente lipídicos, como é o caso da maionese, que pode possuir até 85% de sua constituição representada por óleo vegetal, é muito comum a utilização de antioxidantes sintéticos primários como o BHT e BHA, assim como secundários, por exemplo, o ácido cítrico (ALIZADEH et al., 2019). A oxidação da interface da maionese forma aldeídos que desestabilizam a emulsão, sendo imprescindível a utilização de antioxidantes que possam neutralizar esses radicais presentes no sistema alimentício (TEN KLOOSTER et al., 2022; ASLAM; SCHROËN, 2023). Há evidências na literatura que indicam que a adição de 200 ppms de ácido clorogênico apresenta desempenho semelhante à 0,1 % de BHT (DE FARIAS MARQUES et al., 2022). Assim, o extrato de café verde possui potencial para substituir antioxidantes sintéticos em alimentos. Os antioxidantes naturais vêm atender um nicho de consumidores que buscam por produtos com ingredientes e aditivos naturais. Assim, o mercado de produtos *clean label* (rótulo limpo) vem recebendo atenção por parte de indústrias e pesquisadores (MARUYAMA; STRELETSKAYA; LIM, 2021; NOGUEROL et al., 2021; LU; SUNG; TSENG, 2023).

O pH é um parâmetro importante para a maionese, colaborando com a segurança microbiológica e estabilidade física. O pH de maioneses comerciais de baixa acidez geralmente permanecem na faixa de 3,6 a 4,0; ao passo que as maioneses caseiras apresentam-se acima de 4,2 (GOMES et al., 2017; EMBRAPA, 2023). No presente estudo, formulações com extrato de café apresentaram pH maiores a formulação CTP, contudo todas as amostras mantiveram valores de pH entre 4,21 e 4,46 o que se mantém dentro da faixa encontrada na literatura (pH 3,5 - 4,81) (KHALID et al., 2021).

Em todas as formulações foram observados comportamentos crescentes de pH

sucedidos por quedas. O aumento no pH pode ser devido à síntese de metabólitos nitrogenados, mais especificamente aminas, oriundos do processo de oxidação das lipoproteínas do ovo (RABBANI et al., 2021; TAVAKOLI et al., 2021). Por outro lado, a posterior redução do pH pode ser influenciada pela síntese de ácidos orgânicos por bactérias lácticas (KISHK; ELSHESHETAWY, 2013; KHALID et al., 2021; HAKIMIAN; EMAMIFAR; KARAMI, 2022). Componentes do café, como ácidos fenólicos, ácidos cafeoilquínicos e outros ácidos hidroxicinâmicos, a trigonelina e ácidos nicotínicos, e as melanoidinas, possuem ação antimicrobiana. Sendo efetivos na ruptura e apoptose de bactérias gram-positivas, como as bactérias lácticas (DUANGJAI et al., 2016; KHOCHAPONG et al., 2021; CANCI et al., 2022; CHAVES-ULATE et al., 2023). Assim os componentes do café verde podem ser os responsáveis por conferir um efeito bacteriostático que retardou a ação das bactérias lácticas na maionese e por conseguinte, sua redução de pH.

Em relação aos testes preliminares de estabilidade física, as amostras não apresentaram separação das fases no teste mecânico e térmico, todavia, a partir de 55 °C foi formada uma fina camada superficial, possivelmente devido ao cozimento da maionese. Assim, a estabilidade física da maionese está sujeita a influência de fatores externos, como as condições de armazenamento, e internos, como reações entre os componentes da matriz alimentar e atributos microestruturais (MIRZANAJAFI-ZANJANI; YOUSEFI; EHSANI, 2019). A estrutura interna da maionese, ou seja, o formato, quantidade, diâmetro e distribuição das gotículas representa um fator determinante na estabilidade física, consistência, aparência, cor e textura do molho (JIA et al., 2023; LU et al., 2021).

O diâmetro médio das gotículas em maioneses comerciais é de 5 a 10 μm (KATSAROS et al., 2020; JING et al., 2023), todavia, os diâmetros podem variar até 100 μm dependendo da forma de emulsão empregada (LU et al., 2021). No presente trabalho a formulação F1.5 apresentou o diâmetro médio de suas gotículas significativamente maior que as demais formulações, com 25,82 μm . Porém, o mesmo método de emulsão foi empregado para elaborar todas as amostras e as demais maioneses com extrato não diferiram dos controles. Pode-se supor que a F1.5 foi submetida a maiores temperaturas de emulsificação geradas pelo atrito da haste do turrax e por variações na velocidade de rotação, resultando em gotículas de maior diâmetro (OLSSON et al., 2018).

Quanto maior o diâmetro da gotícula, mais elevada será a instabilidade e

densidade da emulsão, refletindo diretamente sobre os parâmetros de textura avaliados (OZCAN et al., 2023). A análise de perfil de textura considerou atributos primários, como a dureza, coesividade, força de adesão e elasticidade; e secundários, como a gomosidade e mastigabilidade. A dureza da maionese é um atributo importante que demonstra a força necessária para cortar com um talher e reflete as propriedades sensoriais e de espalhabilidade do molho (RAIKOS et al., 2016; JIA et al., 2023). No presente estudo as amostras com 1,0 e 1,5 % de extrato de café apresentaram um aumento significativo de dureza ao longo do tempo. Apesar dessas amostras não diferirem estatisticamente de CTP inicialmente (t_0), com o comportamento crescente da dureza, em 28 dias se tornaram significativamente mais firmes, comprometendo sua espalhabilidade. A dureza de uma maionese comercial utiliza cerca de 44,3 g de força, como reflexo de sua emulsificação controlada e dos menores diâmetros das gotículas (RAIKOS et al., 2016), sendo um valor bastante inferior ao obtido pelas amostras no presente trabalho. A faixa de diâmetros médios das gotículas nesse trabalho também é superior ao encontrado para formulações comerciais de referência (KATSAROS et al., 2020; JING et al., 2023), influenciando em menor leveza e espalhabilidade quando comparados.

Juntamente com a dureza a força de adesão e a coesão que medem, respectivamente, a atração da maionese as superfícies e a força de atração interna do alimento são os atributos primários mais importantes relacionados a molhos semi-sólidos (OLSSON et al., 2018; JIA et al., 2023). No trabalho atual a força de adesão da amostra com 1,5 % de extrato não diferiu significativamente da CTP durante todo o armazenamento. Contudo, todas as amostras ficaram na faixa de 14,13 a 47,57 g, englobando a força de adesão de 41 g atribuída as maioneses comerciais de referência (RAIKOS et al., 2016). Em relação a coesão todas as formulações no presente trabalho apresentaram valores em torno de 0,60 a 0,80, também englobando a coesão de 0,79 atribuída a maioneses comerciais (JING et al., 2023). Assim, apesar do maior diâmetro de gotícula nas maioneses do atual estudo em relação ao padrão para referências comerciais, os parâmetros de força de adesão e coesão se mantiveram em faixas aceitáveis.

Pelo perfil de textura das maioneses nesse trabalho foi possível concluir que para todos os parâmetros, primários e secundários, não houve diferença estatística entre as amostras contendo extrato aquoso de café verde e com BHT, BHA e ácido cítrico. A gomosidade e mastigabilidade podem ser considerados parâmetros

secundários para a análise de produtos como a maionese, pois são mais aplicáveis a alimentos sólidos e semi-sólidos no qual exige-se a mastigação. Porém, a gomosidade é o parâmetro secundário mais importante para alimentos semi-sólidos como a maionese, abrangendo a força necessária para realizar a digestão mecânica na boca até que o alimento possa ser engolido (JING et al., 2023). A gomosidade no presente trabalho, apesar de não apresentar diferença significativa entre as amostras, demonstrou forças (g) cerca de 82 – 92 % (JING et al., 2023) superiores ao comumente encontrado em maioneses comerciais.

A consistência mais gomosa e densa das maioneses elaborados no presente estudo se deve provavelmente a maior adição de gema de ovo. Na literatura é possível obter estudos que adicionam gema de ovo cru ou mesmo a gema de ovo em pó em quantidade 2,5 % inferior que no presente trabalho obtendo parâmetros de textura com valores inferiores também (RAIKOS et al., 2016; WANG et al., 2022). A gema do ovo contém fosfoproteínas e fosfolípidios, como a lecitina, que são comumente utilizados como emulsificantes na maionese, além de possuir propriedades que favorecem a geleificação (MIRZANAJAFI-ZANJANI; YOUSEFI; EHSANI, 2019; JIA et al., 2023). Assim, a adição de 7,5 % de gema de ovo em pó nesse trabalho possivelmente afetou mais os atributos de textura do que a microestrutura das emulsões em si.

Em relação aos atributos colorimétricos, a microestrutura das emulsões, ou seja, o diâmetro das gotas, influencia na luminosidade pois seu tamanho interfere na dispersão da luz (OZCAN et al., 2023). Essa influência na L^* pode ser observada na amostra F1.5 que obteve o maior diâmetro de gotícula e a menor luminosidade quando comparada a CTN, que obteve o efeito oposto. Todavia, as características colorimétricas possuem influência multifatorial, como as propriedades da gema do ovo, o volume e tipo de óleo utilizado e a coloração dos componentes adicionado.

Os maiores percentuais de extrato de café reduziram significativamente a luminosidade das amostras, principalmente ao longo do tempo. Esse resultado se reflete na coloração global (ΔE), em que as maioneses com 1,0 e 1,5 % de extrato demonstraram uma coloração significativamente superior as demais amostras. O escurecimento e por conseguinte, a perda de L^* , em maioneses pode ser devido aos produtos indesejáveis de coloração marrom formados na oxidação lipídica (MARTILLANES et al., 2020). Todavia, se supõe que a alteração de cor observada nas maioneses F1.0 e F1.5 ocorreu principalmente pela inserção de mais volume de

extrato aquoso de café verde com coloração acastanhada escura. Em relação aos parâmetros a^* e b^* , não houve diferença estatística entre as amostras ao longo do tempo de armazenamento.

A ação antioxidante do café verde é devida a composição fenólica, principalmente dos seus isômeros polifenóis mais abundantes, os ácidos clorogênicos juntamente com a ação sinérgica da cafeína. Seu principal isômero, o ácido 5-O-cafeoilquínico (5-O-ACQ), e outros compostos presentes no café tem sua atividade antioxidante baseada na capacidade de redução de espécies reativas de oxigênio, como os alquil e peroxil formados em oxidações lipídicas (H^+) (PALMIERI et al., 2018; SAYED MOSTAFA; FAWZY EL AZAB, 2022).

No presente trabalho a atividade antioxidante foi feita por meio de ensaios com radicais nitrogenados estáveis, DPPH e ABTS, e por capacidade de redução de íons férricos, FRAP. Foram observadas algumas variações importantes entre os ensaios. Os ensaios com o radical artificial livre DPPH apresentaram resultados até 41,2 % menores quando comparado aos com ABTS. Isso é atribuído a reatividade das estruturas químicas, o DPPH é um radical nitrogenado mais estável que o ABTS e assim, menor reativo. Enquanto o ABTS é altamente reativo, interagindo com uma ampla variedade de antioxidantes, o DPPH reage apenas com polifenóis e não com ácidos fenólicos (MARECEK et al., 2017).

Porém, das atividades antioxidantes observadas no atual trabalho, a do ensaio FRAP se destacou com ação superior em até 70 – 80 % em comparação as obtidas pelos radicais ABTS e DPPH, nessa ordem. A atividade antioxidante do café verde é especialmente efetiva na redução de íons metálicos, como o ferro e o cobre (BABOVA; OCCHIPINTI; MAFFEI, 2016). A presença de altas concentrações de ácido cafeico influencia essa reatividade a íons metálicos, pois esse componente atua quelando metais e reduzindo-os pela doação de prótons (SAYED MOSTAFA; FAWZY EL AZAB, 2022). O ácido cafeico esterificado com o ácido quínico constitui os ácidos cafeoilquínicos, que contém os isômeros de ácido clorogênico mais abundantes no café. Apesar de geralmente estar em uma quantidade bastante inferior ao dos ácidos clorogênico, o ácido cafeico possui uma atividade antioxidante superior e pode ser liberado com a degradação do ácido cafeoilquínico (SAYED MOSTAFA; FAWZY EL AZAB, 2022).

Os CFT da maionese estão intimamente relacionados a capacidade antioxidante, pois, o ensaio reage com todos os grupos oxidáveis (RUMPF; BURGER;

SCHULZE, 2023). No presente trabalho a adição de extrato aquoso de café verde elevou a composição fenólica da maionese em até 77 %. Apesar de não haver referências de outros autores que aplicaram o café verde como antioxidante em maionese, há alguns trabalhos sobre sua aplicação em outros sistemas alimentares. Como por exemplo, a aplicação de extrato de café verde em almôndegas bovinas como um antioxidante natural primário hidrofílico (SAYED MOSTAFA; FAWZY EL AZAB, 2022) ou a aplicação de farinha de café verde em cookies (DESAI et al., 2020; HAN; LEE, 2021). As duas matrizes alimentares supracitadas obtiveram resultados positivos, aumentando consideravelmente seu conteúdo fenólico e atividade antioxidante, e por conseguinte, sua funcionalidade. Segundo estudo de Do Carmo et al. (2022) a aplicação de extrato de café verde conilon encapsulado em bebidas lácteas, elevou em até 55 % seu teor fenólico e atividade antioxidante.

No presente trabalho as amostras com extrato aquoso de café verde mantiveram os CFT estáveis ao longo de todo o armazenamento. Todavia, a ação antioxidante total dos tratamentos F0.5 e F1.0 apresentou um comportamento decrescente ao longo dos 28 dias. Apesar da relação entre CFT e a atividade antioxidante, os fenólicos possuem uma elevada capacidade de interação com os componentes da matriz alimentar, como proteínas, carboidratos e lipídios (SĘCZYK; ŚWIECA; GAWLIK-DZIKI, 2017). Os fenólicos são especialmente interativos com as proteínas, formando complexos (MARECEK et al., 2017). Assim, a interação das proteínas do ovo com os fenólicos pode favorecer a redução da atividade antioxidante ao longo do tempo.

Outro fator relacionado a cinética decrescente da atividade antioxidante de F0.5 e F1.0 pode ser a redução da concentração de 5-O-ACQ. As amostras com 0.5 e 1.0 % de extrato aquoso de café verde demonstraram um declínio de 25,5 a 34 % no teor de 5-O-ACQ em quatro semanas, respectivamente. O 5-O-ACQ é o principal responsável pela atividade antioxidante do extrato aquoso de café verde (PALMIERI et al., 2018). Portanto, a redução de seus teores impacta da atividade antioxidante das amostras. Os ácidos clorogênicos são facilmente degradados quando expostos a temperaturas mais elevadas (VIENCZ et al., 2023), assim supõem-se que a submissão estendida das amostras a 25 °C favoreceu a degradação dos compostos termossensíveis formando produtos derivados de baixo peso molecular.

Já a cafeína, como um composto termicamente estável (VIENCZ et al., 2023), manteve-se sem alterações estatística para as amostras com extrato aquoso de café

verde ao longo do armazenamento. A cafeína não é um composto com grande ação antioxidante, porém atua sinergicamente com os fenólicos do café na interrupção das reações em cadeia da oxidação (ŚWIECA et al., 2017). Sendo uma importante metilxantina relatada principalmente quanto a sua capacidade anti-inflamatória (METRO et al., 2017; CHOI; JUNG; KO, 2018; JESZKA-SKOWRON; FRANKOWSKI; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, 2020; LEMOS et al., 2022).

A sinergia entre os componentes bioativos do café verde contribuem para interromper reações de peroxidação lipídica, por meio de doações de H⁺ e da quelação de íons metálicos pela doação de elétrons (ŚWIECA et al., 2017; SAYED MOSTAFA; FAWZY EL AZAB, 2022). As reações de oxidação em emulsões têm seu início nas interfaces das gotículas, formando aldeídos que desestabilizam a maionese (TEN KLOOSTER et al., 2022; ASLAM; SCHROËN, 2023). A formação de peróxido e hidroperóxido, componentes identificados pelo ensaio de índice de peróxido, sinaliza o processo de inicialização da oxidação e rancificação do alimento (KHALID et al., 2021).

No trabalho atual não foi detectada a presença de peróxidos nas duas primeiras semanas de armazenamento das maioneses. O que mantêm as formulações dentro da Instrução Normativa N° 87 (2021), que define o limite de 10 mEq·kg⁻¹ para óleos e gorduras refinados. Sendo confirmada na literatura a existência de uma fase *lag* de produção de peróxido em maioneses (ALEMÁN et al., 2015)

As formulações CTN e CTP demonstraram índices de peróxido iniciais (14 dias) significativamente superior as amostras com extrato aquoso de café verde. Porém, em 28 dias a amostra CTP demonstrou potencial para inibir a produção de peróxido. Segundo literatura, a adição de 2% de BHT pode suprimir a síntese de peróxido em mais de 90 % (MARTILLANES et al., 2020). Nesse trabalho a amostras contendo antioxidantes sintéticos demonstrou uma supressão de 30 % do índice de peróxido em 28 dias de armazenamento, após seu pico de produção. Entretanto, a CTP possuía quantidades inferiores de BHT e BHA, com 0,01 % do volume de óleo cada, conforme legislação vigente (BRASIL, 2007), além de 0,04 % de ácido cítrico.

De acordo com a cinética observada na amostra CTP pôde-se concluir que os antioxidantes sintéticos foram mais eficientes na inibição da propagação dos radicais livres no interior das gotículas de óleo da maionese. Comparativamente, as maioneses com extrato aquoso de café verde apresentaram índice de peróxido com aumento progressivo inferior. Portanto, demonstrando maior capacidade de inibição da fase de

inicialização na interface das gotículas. Os antioxidantes atuam cedendo um hidrogênio aos radicais lipídicos livres neutralizando-os, assim interrompendo a inicialização e propagação das reações oxidativas em cadeia (KHALID et al., 2021). Ressalta-se que a amostra com 1,5 % de extrato aquoso de café manteve os menores teores de peróxido, além de garantir estabilidade em relação a atividade antioxidante total, CFT e conteúdo de 5-O-ACQ e cafeína durante 28 dias de armazenamento a 25 °C.

Em relação a aceitação de maionese com extrato de café verde, apesar das amostras se distinguirem quanto aos seus parâmetros instrumentais, na avaliação sensorial nenhuma diferença significativa ($p \leq 0,05$) foi determinada. Nesse contexto, apesar do extrato de café verde não favorecer a palatabilidade similarmente a componentes mais pungentes como o gengibre em até 1,25 % (KISHK; ELSHESHETAWY, 2013), também não a prejudica, como a casca de maçã em até 1,25 % (KHALID et al., 2021). Assim sendo, é possível afirmar que até o percentual de 1,5 % a adição de extrato total de café verde conilon não prejudica a aceitação sensorial da maionese, assim como não afeta negativamente sua estabilidade reológica e contribuiu para sua ação antioxidante. Porém, mais testes devem ser feitos em períodos superiores a 28 dias para confirmar seu tempo máximo de estabilidade.

4.5 Conclusão

A adição de extrato de café nas maioneses em volumes superiores a 1 % culminara em elevação de dureza ao longo do tempo. As amostras F1.0 e F1.5 apresentaram dureza significativamente superior a CTP após 28 dias de armazenamento. Todavia, a amostra com 1,5 % de extrato aquoso total de café verde não diferiu estatisticamente do CTP em relação aos demais parâmetro de textura.

A formulação F1.5 garantiu a estabilidade em relação a atividade antioxidante total, fenólicos totais e conteúdo de 5-O-ACQ e cafeína durante 28 de armazenamento experimento. A incorporação do extrato de café verde elevou em até 77% o conteúdo fenólico das maioneses, melhorando sua atividade antioxidante e ação funcional.

As maioneses com extrato demonstraram um aumento progressivo do peróxido, quando comparado ao CTP, até 21 dias de armazenamento. O índice de peróxido no tempo 28 foi igual para as formulações CTP e F1.5.

A incorporação de até 1,5% de extrato não afetou a palatabilidade e aceitação

sensorial das formulações de maionese.

A aplicação do extrato aquoso de café verde conilon como antioxidante para maionese em substituição a antioxidantes sintéticos mostrou-se viável, principalmente a formulação com 1,5 % de extrato adicionado.

4.6 Referências Bibliográficas

ABRAHÃO, S. A.; PEREIRA, R. G. F. A.; LIMA, A. R.; FERREIRA, E. B.; MALTA, M. R. Compostos bioativos em café integral e descafeinado e qualidade sensorial da bebida. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1799–1804, 2008.

ALEMÁN, M.; BOU, R.; GUARDIOLA, F.; DURAND, E.; VILLENEUVE, P.; JACOBSEN, C.; SØRENSEN, A. D. M. Antioxidative effect of lipophilized caffeic acid in fish oil enriched mayonnaise and milk. **Food Chemistry**, v. 167, p. 236–244, 2015.

ALIZADEH, L.; ABDOLMALEKI, K.; NAYEBZADEH, K.; SHAHIN, R. Effects of tocopherol, rosemary essential oil and Ferulago angulata extract on oxidative stability of mayonnaise during its shelf life: A comparative study. **Food Chemistry**, v. 285, p. 46–52, 2019.

ARAÚJO, J. M. A. Química de Alimentos: Teoria e Prática. 7. ed. Viçosa, MG: [s.n.].

ARMAFORTE, E.; HOPPER, L.; STEVENSON, G. Preliminary investigation on the effect of proteins of different leguminous species (*Cicer arietinum*, *Vicia faba* and *Lens culinaris*) on the texture and sensory properties of egg-free mayonnaise. **Lwt**, v. 136, p. 110341, 2021.

ASLAM, A.; SCHROËN, K. Lipid oxidation in food emulsions: a review dedicated to the role of the interfacial area. **Current Opinion in Food Science**, v. 51, p. 101009, 2023.

BABOVA, O.; OCCHIPINTI, A.; MAFFEI, M. E. Chemical partitioning and antioxidant capacity of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*) of different geographical origin. **Phytochemistry**, v. 123, p. 33–39, 2016.

BADMOS, S.; LEE, S. H.; KUHNERT, N. Comparison and quantification of chlorogenic acids for differentiation of green Robusta and Arabica coffee beans. **Food Research International**, v. 126, n. April, 2019.

BENINCÁ, D. B.; DO CARMO, L. B.; GRANCIERI, M.; AGUIAR, L. L.; LIMA FILHO, T.; COSTA, A. G. V.; OLIVEIRA, D. S.; SARAIVA, S. H.; SILVA, P. I. Incorporation of spent coffee grounds in muffins: A promising industrial application. **Food Chemistry Advances**, v. 3, 2023.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRASIL. Guia de estabilidade dos cosméticos Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, v. 1, p. 54, 2004.

BRASIL. Instrução Normativa - IN N° 87, DE 15 DE MARÇO DE 2021. Ministério da Saúde - MS Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Publicada no DOU no 51, de 17 de março de 2021, 2021.

- BRASIL. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) - Estatística da Produção Agrícola. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p. 98, 2023.
- BRASIL. Resolução da diretoria colegiada RDC nº 4, de 15 jan. 2007. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, p 1 – 23, v. 5, 2007.
- BUDRYN, G.; ŻYŻELEWICZ, D.; NEBESNY, E.; ORACZ, J.; KRYSIAK, W. Influence of addition of green tea and green coffee extracts on the properties of fine yeast pastry fried products. **Food Research International**, v. 50, n. 1, p. 149–160, 2013.
- BUDRYN, G.; NEBESNY, E.; ŻYŻELEWICZ, D.; ORACZ, J. Properties of model systems of sunflower oil and green coffee extract after heat treatment and storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 467–478, 2014.
- CANCI, L. A.; DE TOLEDO BENASSI, M.; CANAN, C.; KALSCHNE, D. L.; COLLA, E. Antimicrobial potential of aqueous coffee extracts against pathogens and *Lactobacillus* species: A food matrix application. **Food Bioscience**, v. 47, p. 101756, 2022.
- CHAVES-ULATE, C.; RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, C.; ARIAS-ECHANDI, M. L.; ESQUIVEL, P. Antimicrobial activities of phenolic extracts of coffee mucilage. **NFS Journal**, v. 31, p. 50–56, 2023.
- CHEON, J.; HAJI, F.; BAEK, J.; WANG, Q.; TAM, K. C. Pickering emulsions for functional food systems. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 11, p. 100510, 2023.
- CHOI, S.; JUNG, S.; KO, K. S. Effects of coffee extracts with different roasting degrees on antioxidant and anti-inflammatory systems in mice. **Nutrients**, v. 10, n. 3, 2018.
- DE FARIAS MARQUES, A. D. J.; DE LIMA TAVARES, J.; DE CARVALHO, L. M.; ABREU, T. L.; PEREIRA, D. A.; SANTOS, M. M. F.; MADRUGA, M. S.; MEDEIROS, L. L.; BEZERRA, T. K. A. Oxidative stability of chicken burgers using organic coffee husk extract. **Food Chemistry**, v. 393, 2022.
- DESAI, N. M.; MALLIK, B.; SAKHARE, S. D.; MURTHY, P. S. Prebiotic oligosaccharide enriched green coffee spent cookies and their nutritional, physicochemical and sensory properties. **Lwt**, v. 134, p. 109924, 2020.
- DICKINSON, E. Advances in food emulsions and foams: reflections on research in the neo-Pickering era. **Current Opinion in Food Science**, v. 33, p. 52–60, 2020.
- DO CARMO, L. B.; BENINCÁ, D. B.; GRANCIERI, M.; PEREIRA, L. V.; LIMA FILHO, T.; SARAIVA, S. H.; SILVA, P. I.; OLIVEIRA, D. S.; COSTA, A. G. V. Green Coffee Extract Microencapsulated: Physicochemical Characteristics, Stability, Bioaccessibility, and Sensory Acceptability through Dairy Beverage Consumption. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 20, 2022.
- DUANGJAI, A.; SUPHROM, N.; WUNGRATH, J.; ONTAWONG, A.; NUENGCHAMNONG, N.; YOSBOONRUANG, A. Comparison of antioxidant, antimicrobial activities and chemical profiles of three coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extracts. **Integrative Medicine Research**, v. 5, n. 4, p. 324–331, 2016.
- EMBRAPA. Validação do uso de antimicrobiano natural em maionese do tipo caseira para prevenção de surtos de origem alimentar. 2023.
- FRANCISCO, C. R.; SANTOS, T. P.; CUNHA, R. L. Design of shear-based microfluidic channels for production and stability assessment of food emulsions. **Current Opinion**

in **Food Science**, v. 49, p. 100957, 2023.

GOMES, I. A.; DOS SANTOS GOMES, F.; FREITAS-SILVA, O.; LIMA DA SILVA, J. P. Ingredients of Mayonnaise: Future perspectives focusing on essential oils to reduce oxidation and microbial counts. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 67, n. 3, 2017.

GOUTHAMCHANDRA, K.; SUDEEP, H. V.; VENKATESH, B. J.; PRASAD, K. S. Chlorogenic acid complex (CGA7), standardized extract from green coffee beans exerts anticancer effects against cultured human colon cancer HCT-116 cells. **Food Science and Human Wellness**, v. 6, n. 3, p. 147–153, 2017.

HAJJAR, R.; NEWTON, P.; ADSHEAD, D.; BOGAERTS, M.; MAGUIRE-RAJPAUL, V. A.; PINTO, L. F.; MCDERMOTT, C. L.; MILDER, J. C.; WOLLENBERG, E.; AGRAWAL, A. Scaling up sustainability in commodity agriculture: Transferability of governance mechanisms across the coffee and cattle sectors in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 206, p. 124–132, 2019.

HAKIMIAN, F.; EMAMIFAR, A.; KARAMI, M. Evaluation of microbial and physicochemical properties of mayonnaise containing zinc oxide nanoparticles. **Lwt**, v. 163, p. 113517, 2022.

HALL, R. D.; TREVISAN, F.; DE VOS, R. C. H. Coffee berry and green bean chemistry – Opportunities for improving cup quality and crop circularity. **Food Research International**, v. 151, n. May 2021, p. 110825, 2022.

HAN, I.; LEE, C. S. Quality properties and bioactivities of American cookies with coffee extract residues. **Lwt**, v. 151, p. 112173, 2021.

HSU, J. L.; SUNG, C. C.; TSENG, J. T. Willingness-to-pay for ready-to-eat clean label food products at convenient stores. **Future Foods**, v. 7, 2023.

ICO, International Coffee Organization. Coffee prices close 2022 on a stable note, coalescing at around 160 US cents/lb. p. 1–11, 2022.

IGNÁCIO, R. M.; LANNES, S. C. D. S. Age and growth of *Gerres filamentosus* (Cuvier, 1829) from Kodungallur, Azhikode Estuary, Kerala. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos**. São Paulo: [s.n.]. ed. 1, v. 9, 2008.

JESZKA-SKOWRON, M.; FRANKOWSKI, R.; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, A. Comparison of methylxantines, trigonelline, nicotinic acid and nicotinamide contents in brews of green and processed Arabica and Robusta coffee beans – Influence of steaming, decaffeination and roasting processes on coffee beans. **Lwt**, v. 125, 2020.

JIA, J.; TIAN, L.; SONG, Q.; LIU, X.; RUBERT, J.; LI, M.; DUAN, X. Investigation on physicochemical properties, sensory quality and storage stability of mayonnaise prepared from lactic acid fermented egg yolk. **Food Chemistry**, v. 415, p. 135789, 2023.

JING, X.; CAI, Y.; LIU, T.; CHEN, B.; ZHAO, Q.; DENG, X.; ZHAO, M. Formation, texture, and stability of yolk-free mayonnaise: Effect of soy peptide aggregates concentration. **Food Chemistry**, v. 403, p. 134337, 2023.

KATSAROS, G.; TSOUKALA, M.; GIANNOGLOU, M.; TAOUKIS, P. Effect of Apple peel as an antioxidant on the quality characteristics and oxidative stability of

mayonnaise. **Applied Food Research**, v. 1, n. 2, p. 100023, 2021.

KHALID, M. U.; SHABBIR, M. A.; MUSTAFA, S.; HINA, S.; QUDDOOS, M. Y.; MAHMOOD, S.; MARYAM, Y.; FAISAL, F.; RAFIQUE, A. Effect of Apple peel as an antioxidant on the quality characteristics and oxidative stability of mayonnaise. **Applied Food Research**, v. 1, n. 2, p. 100023, 2021.

KHOCHAPONG, W.; KETNAWA, S.; OGAWA, Y.; PUNBUSAYAKUL, N. Effect of in vitro digestion on bioactive compounds, antioxidant and antimicrobial activities of coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extract. **Food Chemistry**, v. 348, 2021.

KISHK, Y. F. M.; ELSHESHETAWY, H. E. Effect of ginger powder on the mayonnaise oxidative stability, rheological measurements, and sensory characteristics. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 58, n. 2, p. 213–220, 2013.

KULAPICHITR, F.; BOROMPICHAICHARTKUL, C.; FANG, M.; SUPPAVORASATIT, I.; CADWALLADER, K. R. Effect of post-harvest drying process on chlorogenic acids, antioxidant activities and CIE-Lab color of Thai Arabica green coffee beans. **Food Chemistry**, v. 366, p. 130504, 2022.

LEMONS, M. F.; DE ANDRADE SALUSTRIANO, N.; DE SOUZA COSTA, M. M.; LIRIO, K.; DA FONSECA, A. F. A.; PACHECO, H. P.; ENDRINGER, D. C.; FRONZA, M.; SCHERER, R. Chlorogenic acid and caffeine contents and anti-inflammatory and antioxidant activities of green beans of conilon and arabica coffees harvested with different degrees of maturation. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 26, n. 3, 2022.

LOFFREDI, E.; ALAMPRESE, C. Optimisation of a blend of emulsifier substitutes for clean-label artisanal ice cream. **Lwt**, v. 173, p. 114338, 2023.

LU, J.; SUNG, C.; TSENG, J. Willingness-to-pay for ready-to-eat clean label food products at convenient stores. **Future Foods**, v. 7, p. 100237, 2023.

LU, Z.; ZHOU, S.; YE, F.; ZHOU, G.; GAO, R.; QIN, D.; ZHAO, G. A novel cholesterol-free mayonnaise made from Pickering emulsion stabilized by apple pomace particles. **Food Chemistry**, v. 353, p. 129418, 2021.

MAREČEK, V.; MIKYŠKA, A.; HAMPEL, D.; ČEJKA, P.; NEUWIRTHOVÁ, J.; MALACHOVÁ, A.; CERKAL, R. ABTS and DPPH methods as a tool for studying antioxidant capacity of spring barley and malt. *Journal of cereal science*, v. 73, p. 40–45, 2017.

MARTILLANES, S.; ROCHA-PIMIENTA, J.; GIL, M. V.; AYUSO-YUSTE, M. C.; DELGADO-ADÁMEZ, J. Antioxidant and antimicrobial evaluation of rice bran (*Oryza sativa* L.) extracts in a mayonnaise-type emulsion. **Food Chemistry**, v. 308, p. 125633, 2020.

MARTINS, B. C.; SOARES, A. C.; MARTINS, F. F.; DE CASTRO RESENDE, A.; INADA, K. O. P.; SOUZA-MELLO, V.; NUNES, N.M.; DALEPRANE, J. B. Coffee consumption prevents obesity-related comorbidities and attenuates brown adipose tissue whitening in high-fat diet-fed mice. **The Journal of Nutritional Biochemistry Received**, 2023.

MARUYAMA, S.; STRELETSKAYA, N. A.; LIM, J. Clean label: Why this ingredient but not that one? **Food Quality and Preference**, v. 87, 2021.

MCCLEMENTS, D. J.; JAFARI, S. M. Improving emulsion formation, stability and performance using mixed emulsifiers: A review. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 251, p. 55–79, 2018.

METRO, D.; CERNARO, V.; SANTORO, D.; PAPA, M.; BUEMI, M.; BENVENGA, S.; MANASSERI, L. Beneficial effects of oral pure caffeine on oxidative stress. **Journal of Clinical and Translational Endocrinology**, v. 10, p. 22–27, 2017.

MIRZANAJAFI-ZANJANI, M.; YOUSEFI, M.; EHSANI, A. Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce. **Food Science and Nutrition**, v. 7, n. 8, p. 2471–2484, 2019.

MONTENEGRO, J.; DOS SANTOS, L. S.; DE SOUZA, R. G. G.; LIMA, L. G. B.; MATTOS, D. S.; VIANA, B. P. P. B.; DA FONSECA BASTOS, A. C. S.; MUZZI, L.; CONTE-JÚNIOR, C. A.; GIMBA, E. R. P.; FREITAS-SILVA, O.; TEODORO, A. J. Bioactive compounds, antioxidant activity and antiproliferative effects in prostate cancer cells of green and roasted coffee extracts obtained by microwave-assisted extraction (MAE). **Food Research International**, v. 140, 2021.

NAYLOR, L. H.; ZIMMERMANN, D.; GUITARD-ULDRY, M.; POQUET, L.; LÉVÉQUES, A.; ERIKSEN, B.; BEL RHLID, R.; GALAFFU, N.; D'URZO, C.; DE CASTRO, A.; VAN SCHAICK, E.; GREEN, D. J.; ACTIS-GORETTA, L. Acute dose-response effect of coffee-derived chlorogenic acids on the human vasculature in healthy volunteers: A randomized controlled trial. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 113, n. 2, p. 370–379, 2021.

NOGUEROL, A. T.; PAGÁN, M. J.; GARCÍA-SEGOVIA, P.; VARELA, P. Green or clean? Perception of clean label plant-based products by omnivorous, vegan, vegetarian and flexitarian consumers. **Food Research International journal**, v. 149, 2021.

OCHOA-ROSALES, C.; VAN DER SCHAFT, N.; BRAUN, K. V.; HO, F. K.; PETERMANN-ROCHA, F.; AHMADIZAR, F.; KAVOUSI, M.; PELL, J. P.; IKRAM, M.; CELIS-MORALES, C. A.; VOORTMAN, T. C-reactive protein partially mediates the inverse association between coffee consumption and risk of type 2 diabetes: the UK Biobank and the Rotterdam Study cohorts. **Clinical Nutrition**, v. 42, n. 5, p. 661–669, 2023.

OLSSON, V.; HÅKANSSON, A.; PURHAGEN, J.; WENDIN, K. The Effect of Emulsion Intensity on Selected Sensory and Instrumental Texture Properties of Full-Fat Mayonnaise. **Foods**, p. 9, 2018.

ONTAWONG, A.; DUANGJAI, A.; VADDHANAPHUTI, C. S.; AMORNLERDPISON, D.; PENGNET, S.; KAMKAEW, N. Chlorogenic acid rich in coffee pulp extract suppresses inflammatory status by inhibiting the p38, MAPK, and NF-κB pathways. **Heliyon**, v. 9, n. 3, p. 13917, 2023.

OZCAN, I.; OZYIGIT, E.; ERKOC, S.; TAVMAN, S.; KUMCUOGLU, S. Investigating the physical and quality characteristics and rheology of mayonnaise containing aquafaba as an egg substitute. **Journal of Food Engineering**, v. 344, p. 111388, 2023.

PAGLIA, J.; FUNG, C.; YEUNG, C. K. Milk protein concentrate and reduced-calcium milk protein concentrate as natural emulsifiers in clean label high-protein ice cream manufacture. **Journal of Future Foods**, v. 3, n. 2, p. 175–182, 2023.

PALMIERI, M. G. S.; CRUZ, L. T.; BERTGES, F. S.; HÚNGARO, H. M.; BATISTA, L. R.; DA SILVA, S. S.; FONSECA, M. J. V.; RODARTE, M. P.; VILELA, F. M. P.; DO AMARAL, M. D. P. H. Enhancement of antioxidant properties from green coffee as promising ingredient for food and cosmetic industries. **Biocatalysis and Agricultural**

Biotechnology, v. 16, p. 43–48, 2018.

QI, X.; LIU, H.; REN, Y.; ZHU, Y.; WANG, Q.; ZHANG, Y.; WU, Y.; YUAN, L.; YAN, H.; LIU, M. Effects of combined binding of chlorogenic acid/caffeic acid and gallic acid to trypsin on their synergistic antioxidant activity, enzyme activity and stability. **Food Chemistry**, v. 18, p. 100664, 2023.

RABBANI, M.; PEZESHKI, A.; AHMADI, R.; MOHAMMADI, M.; TABIBIAZAR, M.; AZAR, F. A. N.; GHORBANI, M. Phytosomal nanocarriers for encapsulation and delivery of resveratrol- Preparation, characterization, and application in mayonnaise. **Lwt**, v. 151, p. 112093, 2021.

RAIKOS, V.; MCDONAGH, A.; RANAWANA, V.; DUTHIE, G. Processed beetroot (*Beta vulgaris* L.) as a natural antioxidant in mayonnaise: Effects on physical stability, texture and sensory attributes. **Food Science and Human Wellness**, v. 5, n. 4, p. 191–198, 2016.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free radical biology and medicine**, v. 26, p. 1231–1237, 1999.

RUMPF, J.; BURGER, R.; SCHULZE, M. Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 233, 2023.

SAYED MOSTAFA, H.; FAWZY EL AZAB, E. Efficacy of green coffee as an antioxidant in beef meatballs compared with ascorbic acid. **Food Chemistry**, v. 14, p. 100336, 2022.

SEŃCZYK, Ł.; ŚWIECA, M.; GAWLIK-DZIKI, U. Soymilk enriched with green coffee phenolics – Antioxidant and nutritional properties in the light of phenolics-food matrix interactions. **Food Chemistry**, v. 223, p. 1–7, 2017.

SILVA, C. W.; ZANARDI, K. R.; GRANCIERI, M.; COSTA, N. M. B.; TRIVILLIN, L. O.; VIANA, M. L.; SILVA, P. I.; COSTA, A. G. V. Green coffee extract (*Coffea canephora*) improved the intestinal barrier and slowed colorectal cancer progression and its associated inflammation in rats. **PharmaNutrition**, v. 22, 2022.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152–178, 1999.

ŚWIECA, M.; GAWLIK-DZIKI, U.; DZIKI, D.; BARANIAK, B. Wheat bread enriched with green coffee – In vitro bioaccessibility and bioavailability of phenolics and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1451–1457, 2017.

TAVAKOLI, R.; KARAMI, M.; BAHRAMIAN, S.; EMAMIFAR, A. Production of Low-fat mayonnaise without preservatives: Using the ultrasonic process and investigating of microbial and physicochemical properties of the resultant product. **Food Science and Nutrition**, v. 9, n. 5, p. 2676–2685, 2021.

TEN KLOOSTER, S.; VILLENEUVE, P.; BOURLIEU-LACANAL, C.; DURAND, E.; SCHROËN, K.; BERTON-CARABIN, C. Alkyl chain length modulates antioxidant activity of gallic acid esters in spray-dried emulsions. **Food Chemistry**, v. 387, 2022.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of food composition and**

analysis, v. 19, p. 669–675, 2006.

VIENCZ, T.; ACRE, L. B.; ROCHA, R. B.; ALVES, E. A.; RAMALHO, A. R.; DE TOLEDO BENASSI, M. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes contents of *Coffea canephora* coffees produced in the Amazon. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 117, p. 105140, 2023.

WANG, W.; HU, C.; SUN, H.; ZHAO, J.; XU, C.; MA, Y.; MA, J.; JIANG, L.; HOU, J.; JIANG, Z. Low-cholesterol-low-fat mayonnaise prepared from soybean oil body as a substitute for egg yolk: The effect of substitution ratio on physicochemical properties and sensory evaluation. **Lwt**, v. 167, n. 600, p. 113867, 2022.

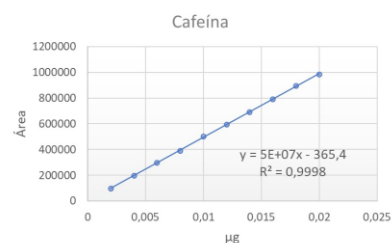
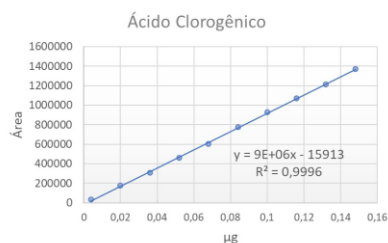
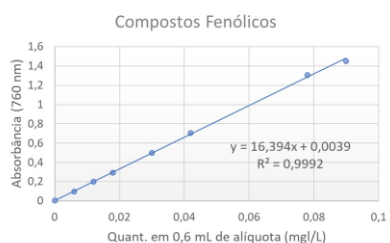
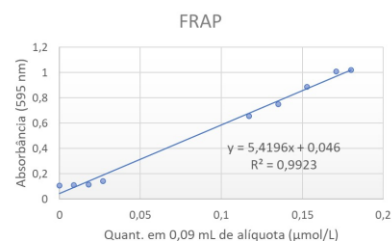
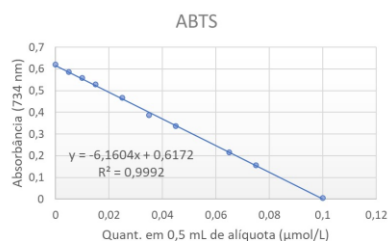
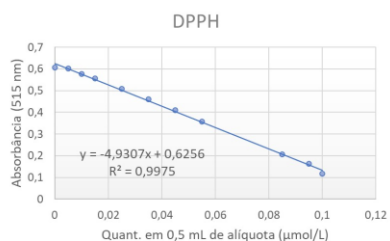
ZAIN, M. Z. M.; BABA, A. S.; SHORI, A. B. Effect of polyphenols enriched from green coffee bean on antioxidant activity and sensory evaluation of bread. **Journal of King Saud University - Science**, v. 30, n. 2, p. 278–282, 2018.

5. CONCLUSÃO GERAL

O *Coffea L.* é uma espécie de grande impacto econômico mundial, principalmente as commodities baseadas nas variedades *C. canephora* e *C. arabica*. A composição desses cafés é influenciada pela variedade genética, práticas de cultivo, disponibilidade hídrica, altitude, origem geográfica, pós-colheita e processamento. Muito se tem pesquisado sobre as propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias dos compostos bioativos do café, como metilxantinas, ácidos hidroxicinâmicos, diterpenos e melanoidinas. Entretanto, há vários trabalhos comprovando que a variedade robusta possui maiores teores de ácido clorogênicos e cafeína quando comparados ao arábica. No desenvolvimento desse trabalho pode-se observar o poder antioxidante de extratos aquosos de café verde da variedade robusta na estabilidade física e oxidativa da maionese, um sistema alimentar complexo, termodinamicamente instável e susceptível a oxidações lipídicas. No presente estudo, a adição de 1,5 % de extrato de café verde proporcionara estabilidade oxidativa para as emulsões, semelhante a adição de aditivos sintéticos. Assim, destaca-se a importância de estudos com a adição de extrato de café verde em emulsões sob diferentes condições, tais como maiores tempos de armazenamento e em condições de oxidação acelerada.

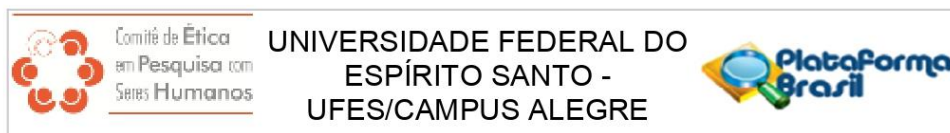
6. APÊNDICES

APÊNDICE A: Gráficos das curvas padrão das análises de atividade antioxidante por DPPH, ABTS e FRAP, compostos fenólicos totais, e teores de ácido clorogênico e cafeína.



7. ANEXOS

ANEXO A: Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, atendendo às Resoluções nº 466/12 e 196/96.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Aplicação do extrato aquoso de café verde (*Coffea canephora*) como agente antioxidante em emulsão alimentar do tipo óleo em água

Pesquisador: ANDRÉ GUSTAVO VASCONCELOS COSTA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 61471922.0.0000.8151

Instituição Proponente: COORDENACAO ADMINISTRATIVA DO SUL DO ESPIRITO SANTO - CASES -

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.668.106

Apresentação do Projeto:

A maionese é o molho mais consumido mundialmente. Devido à alta concentração lipídica, a maionese é muito susceptível à oxidação. Antioxidantes sintéticos, como o BHT e o BHA, são comumente utilizados como ingredientes. Alternativamente, componentes antioxidantes oriundos de fontes vegetais são potencialmente menos tóxicos, mais renováveis e atendem à demanda da sociedade por alimentos mais eco-friendly. Assim, os produtos clean label vem ganhando destaque entre consumidores. O Brasil é um importante produtor de café, tendo como destaque o Espírito Santo (ES). O café verde (grão cru, não torrado) é rico em compostos antioxidantes, como o ácido clorogênico e a cafeína. Este trabalho objetiva avaliar a ação antioxidante e a estabilidade lipídica de maionese, enriquecida com extrato bruto de café verde (*Coffea canephora*, conilon). As cerejas de café, adquiridas de produtores da região do Caparaó (ES), serão secas, beneficiadas, sendo os grãos moídos e o extrato será obtido por lixiviação em água (100 °C) até a obtenção de extrato a 10 °Brix. No extrato, serão determinados compostos fenólicos totais, atividade antioxidante, e teores de cafeína, trigonelina e ácido clorogênico. A maionese será elaborada com óleo de soja, água, ovo, vinagre, açúcar e sal, sendo incorporados BHT/BHA/ácido cítrico, no caso da controle, e extrato de café verde (0,5; 1 e 1,5 % m/m), no caso das formulações teste. As amostras de maionese serão acondicionadas em frascos âmbar à temperatura ambiente (24 ± 2 °C), durante 28 dias. A análise sensorial será realizada no tempo zero (t0) de todas as formulações. O estudo da estabilidade lipídica, da estabilidade de compostos bioativos (ácido clorogênico,

Endereço: Alto Universitário, s/n, Guararema

Bairro: CENTRO

CEP: 29.500-000

UF: ES

Município: ALEGRE

Telefone: (28)3552-8771

E-mail: cep.alegre.ufes@gmail.com



Comitê de Ética
em Pesquisa com
Seres Humanos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ESPÍRITO SANTO -
UFES/CAMPUS ALEGRE



Continuação do Parecer: 5.668.106

cafeína, trigonelina e compostos fenólicos) e do pH serão realizados nos tempos 0, 3, 7, 14, 21 e 28 dias. As análises reológicas (viscosidade e estabilidade de emulsão) serão realizadas em t0 e t28. Espera-se que a maionese desenvolvida com extrato de café verde possua boa aceitação sensorial e que mantenha sua estabilidade lipídica, com redução de compostos fenólicos e ácido clorogênico, ao longo do tempo de armazenamento.

Objetivo da Pesquisa:

Conforme o pesquisador principal, os objetivos do projeto são:

Objetivo Primário:

Avaliar a estabilidade da maionese enriquecida com extrato de café verde, em substituição a antioxidantes sintéticos.

Objetivos Secundários:

Elaborar extratos aquosos de café verde;

Analisar o extrato de café verde em relação aos teores de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante, teor de ácido clorogênico, cafeína e trigonelina;

Preparar emulsões de óleo em água (maionese) com adição de antioxidantes sintéticos, para a controle, e extrato de café verde, para as formulações teste;

Avaliar a aceitação sensorial das formulações de maionese com adição de BHT/BHA/ácido cítrico, como controle, e extrato aquoso de café verde, como formulações teste, no tempo zero;

Armazenar todas as formulações durante 28 dias;

Determinar a estabilidade reológica das preparações, ao longo do tempo de armazenamento;

Estudar a cinética de degradação dos compostos fenólicos das formulações, durante o período de armazenamento;

Endereço: Alto Universitário, s/n, Guararema

Bairro: CENTRO

CEP: 29.500-000

UF: ES

Município: ALEGRE

Telefone: (28)3552-8771

E-mail: cep.alegre.ufes@gmail.com

Página 02 de 06



Comitê de Ética
em Pesquisa com
Seres Humanos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ESPÍRITO SANTO -
UFES/CAMPUS ALEGRE



Continuação do Parecer: 5.668.106

Avaliar a estabilidade dos ácidos graxos na emulsão, por meio da determinação do conteúdo de ácidos graxos das formulações de maionese.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme o pesquisador principal, os riscos e benefícios são:

Riscos:

O principal risco é o(a) sr.(a) sentir algum tipo de desconforto gastrointestinal, relacionado ao consumo de um alimento muito oleoso e/ou alguma alergia e/ou intolerância relacionados à ingestão dos ingredientes utilizados, caso o sr. (a) não esteja previamente ciente de tal intolerância. Para minimizar esses riscos, o(a) sr.(a) terá total liberdade para determinar a quantidade que irá ingerir de cada amostra e terá a liberdade de parar as avaliações no momento que quiser. Caso o(a) sr.(a) se sinta constrangido(a) ou cansado(a) em responder às fichas dos testes, tem total liberdade para não preenchê-los. Ainda, há o risco de contaminação (física, química e/ou biológica) da maionese. Para minimizar o risco de contaminação serão adotadas as boas práticas de fabricação da maionese.

Benefícios:

Participando da pesquisa, o(a) sr.(a) ficará familiarizado(a) com procedimentos de análise sensorial de alimentos, além de contribuir com o preenchimento da lacuna científica que é a exploração dos compostos presentes no café verde, como o ácido clorogênico, quanto ao seu potencial antioxidante em um meio majoritariamente oleoso e suscetível à deterioração oxidativa como a maionese. Os participantes irão corroborar com uma pesquisa na área de produtos "clean label" e ajudar no estabelecimento de uma nova destinação para o café, podendo variar as opções de venda por parte das famílias produtoras, fomentando socioeconomicamente a região. Visto que o plantio de café é muito comum para pequenas fazendas familiares no Espírito Santo, principalmente para fins de subsistência.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa bem delineada. Os aspectos éticos avaliados se referem principalmente a análise sensorial do projeto.

Endereço: Alto Universitário, s/n, Guararema

Bairro: CENTRO

CEP: 29.500-000

UF: ES

Município: ALEGRE

Telefone: (28)3552-8771

E-mail: cep.alegre.ufes@gmail.com

Página 03 de 06



UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ESPÍRITO SANTO -
UFES/CAMPUS ALEGRE



Continuação do Parecer: 5.668.106

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- Folha de rosto: apresentada e adequada.
- Projeto detalhado: apresentado e adequado.
- TCLE: apresentado e adequado.
- Termo de anuência: não se aplica.
- Cronograma: apresentado e adequado.
- Questionários: apresentados e adequados.
- Orçamento: apresentado e adequado.

Recomendações:

Recomendação geral sobre Protocolos de COVID-19:

Considerando a pandemia da Covid-19, o CEP recomenda que as equipes de pesquisadores e os participantes das pesquisas não sejam expostos a situações de risco para a saúde. Todas as recomendações das autoridades de saúde, dos centros responsáveis pelas pesquisas e do município e instituição onde a pesquisa será realizada deverão ser seguidas, buscando evitar a disseminação do vírus e o contágio da população.

Os cronogramas propostos devem considerar a situação da pandemia e serem reestruturados, se necessário for, no intuito de favorecer o isolamento social e, conseqüentemente, a segurança da população. Caso haja necessidade de alterações nos protocolos de pesquisa em razão dessa situação excepcional, as modificações devem ser enviadas, como emendas, ao CEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências foram satisfatoriamente respondidas pelos pesquisadores.

Considerações Finais a critério do CEP:

1. O CEP/Alegre/UFES deverá ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.
2. Caso a pesquisa seja suspensa ou encerrada antes do previsto, o CEP/Alegre/UFES deverá ser comunicado, estando os motivos expressos no relatório final a ser apresentado.
3. O TCLE deverá ser obtido em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o sujeito de pesquisa.
4. Em conformidade com a Carta Circular nº.003/2011CONEP/CNS, para TCLE's impressos faz-se obrigatória a rubrica em todas as páginas, pelos participantes de pesquisa ou

Endereço: Alto Universitário, s/n, Guararema

Bairro: CENTRO

UF: ES

Telefone: (28)3552-8771

Município: ALEGRE

CEP: 29.500-000

E-mail: cep.alegre.ufes@gmail.com

Página 04 de 06



Comitê de Ética
em Pesquisa com
Serres Humanos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ESPÍRITO SANTO -
UFES/CAMPUS ALEGRE



Continuação do Parecer: 5.668.106

seu responsável e pelo pesquisador.

5. Em muitos estudos, para que os benefícios aos participantes sejam efetivos, posteriormente à realização da pesquisa, é de grande importância o pesquisador retornar à Instituição onde foi realizada a pesquisa e apresentar os resultados e conclusões.”

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1974571.pdf	13/09/2022 12:21:27		Aceito
Outros	CartaResposta.pdf	13/09/2022 12:20:31	ANDRÉ GUSTAVO VASCONCELOS COSTA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TermodeconsentimentoModificado.pdf	13/09/2022 12:19:05	ANDRÉ GUSTAVO VASCONCELOS COSTA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoGiseleCEP.pdf	18/07/2022 14:29:57	ANDRÉ GUSTAVO VASCONCELOS COSTA	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoAssinado.pdf	18/07/2022 11:38:12	ANDRÉ GUSTAVO VASCONCELOS COSTA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termodeconsentimento.pdf	15/07/2022 12:06:34	ANDRÉ GUSTAVO VASCONCELOS COSTA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ALEGRE, 27 de Setembro de 2022

Assinado por:
WENDEL SANDRO DE PAULA ANDRADE
(Coordenador(a))

Endereço: Alto Universitário, s/n, Guararema

Bairro: CENTRO

UF: ES

Município: ALEGRE

Telefone: (28)3552-8771

CEP: 29.500-000

E-mail: cep.alegre.ufes@gmail.com

Página 05 de 06



Comitê de Ética
em Pesquisa com
Serres Humanos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ESPÍRITO SANTO -
UFES/CAMPUS ALEGRE



Continuação do Parecer: 5.668.106

Endereço: Alto Universitário, s/n, Guararema

Bairro: CENTRO

UF: ES

Município: ALEGRE

CEP: 29.500-000

Telefone: (28)3552-8771

E-mail: cep.alegre.ufes@gmail.com

Página 06 de 06