



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

COMPOSTOS FENÓLICOS EM CASCAS, SEMENTES E ÓLEO DA
PIMENTA ROSA OBTIDO POR PRENSAGEM A FRIO: ESTUDO DA
BIOACESSIBILIDADE DA CASCA

TUÂNIA SOARES CARNEIRO

SÃO CRISTOVÃO/SE

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

TUÂNIA SOARES CARNEIRO

**COMPOSTOS FENÓLICOS EM CASCAS, SEMENTES E ÓLEO DA
PIMENTA ROSA OBTIDO POR PRENSAGEM A FRIO: ESTUDO DA
BIOACESSIBILIDADE DA CASCA**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Marcos dos Santos Lima
Co-orientadora: Profa. Dr^a. Patrícia Beltrão Lessa Constant

SÃO CRISTOVÃO/SE
2022

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

C289c Carneiro, Tuânia Soares.
Compostos fenólicos em cascas, sementes e óleo da pimenta rosa obtido por prensagem a frio: estudo da bioacessibilidade da casca / Tuânia Soares Carneiro; orientador Marcos dos Santo Lima. – São Cristóvão, SE, 2022.
72 f.; il.

Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)
– Universidade Federal de Sergipe, 2022.

1. Pimenta. 2. Antioxidantes. 3. Essências e óleos essenciais. I. Lima, Marcos dos Santos, orient. II. Título.

CDU 664.522

TUÂNIA SOARES CARNEIRO

**COMPOSTOS FENÓLICOS EM CASCAS, SEMENTES E ÓLEO DA
PIMENTA ROSA OBTIDO POR PRENSAGEM A FRIO: ESTUDO DA
BIOACESSIBILIDADE DA CASCA**

Dissertação de mestrado aprovada no
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos em 5 de janeiro de
2022.

BANCA EXAMINADORA

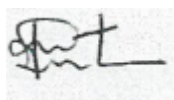


Marcos dos Santos Lima

Prof. Dr. Marcos dos Santos Lima
Orientador/IFSertãoPE/PROCTA UFS



Prof. Dr^a Alessandra Almeida Castro Pagani
Examinadora Interno /PROCTA UFS



Prof. Dr. João Antonio Belmino dos Santos
Examinador Externo /DTA-UFS

Dedico este trabalho a minha mãe Tânia, pelo amor,
acolhimento e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Pai e a Grande Mãe Terra pela proteção, amor e sabedoria para conduzir este trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcos do Santos Lima pela oportunidade, ensinamento, orientação e pelo enorme exemplo de profissional.

A minha querida mãe Tânia que é meu rouxinol, minha “vela” companheira que sempre estar comigo nos bons e maus momentos.

A Prefeitura do campus UFS São Cristóvão, pela disponibilização da prensa hidráulica, e os Sr. Cristiano e Moises, pelo apoio e paciência.

A Prof.^a Dr.^a Patrícia Beltrão Lessa Constant pelo e solicitude

Ao Prof. Dr. Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi, pela solicitude, apoio e pela disponibilização de estrutura.

A Prof.^a Dr.^a Alessandra Almeida Castro Pagani pelo auxílio e solicitude.

Aos bolsistas de iniciação científica do IF Sertão-PE pela boa vontade de ajudar e fazer possível na concretização desse trabalho.

Aos meus amigos, Jucenir, Aline, Taís, Juliete, Jarlane pelo apoio e amizade que construímos ao longo do caminho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e torcem pelo meu sucesso.

CARNEIRO, T.S. Compostos fenólicos em cascas, sementes e óleo da pimenta rosa obtido por prensagem a frio: estudo da bioacessibilidade da casca. 2022. 73p. [Dissertação]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, 2022.

RESUMO

A pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* R.) tem sua produção no Brasil de forma extrativista, sua comercialização é feita pela produção dos frutos in natura, desidratados, óleo essencial. A casca, sementes e folhas contêm compostos bioativos, destacando-se antioxidantes e compostos fenólicos. Apesar dos componentes da PP estarem associados ao seu potencial consumo como alimento nutracêutico, compostos bioativos devem ter a capacidade de serem liberados após a ingestão, se tornando bioacessíveis no trato gastrointestinal. Neste contexto, o presente trabalho teve os objetivos de quantificar compostos fenólicos de diferentes classes em cascas, sementes e óleo de PP obtido por prensagem a frio, adicionalmente, avaliar a bioacessibilidade da fração contendo o maior conteúdo bioativo, utilizando um modelo de digestão *in vitro* com simulação de barreira intestinal. Frutos de pimenta rosa, previamente desidratados, foram fracionados em semente e casca, triturados e peneirados até a granulometria de 32 Mesh para posterior análises. Para obtenção do óleo por prensagem a frio, frutos inteiros foram prensados até 389 kgf/cm² por 100 minutos, sendo o óleo coletado, centrifugado e armazenado a -18 °C. Foram realizadas análises de capacidade antioxidante por DPPH, ABTS e FRAP, e se quantificaram compostos fenólicos de diversas famílias em HPLC-DAD. O teor de óleo nos frutos foi de aproximadamente 14%. Em relação a fenólicos totais (mg GAE/g), a casca obteve os maiores valores, seguida do óleo e da semente. As cascas também apresentaram os maiores valores de capacidade antioxidante, variando de 121-228 mM de Trolox/kg (DPPH e ABTS) e 427-632 mM Fe²⁺/kg (FRAP). Em relação aos compostos fenólicos individuais, as cascas obtiveram os maiores valores, com destaque para ácido gálico (2819-3129 mg/kg), procianidina B2 (720-760 mg/kg), catequina (528-594 mg/kg), Kampferol (166-184 mg/kg), e pela presença da antocianina Petunidina 3-glicosídeo (55-59 mg/kg). As cascas foram submetidas ao estudo de bioacessibilidade pelo método de digestão *in vitro* com simulação de permeação pela parede intestinal, onde a hesperidina (23352%), naringenina (273%), rutina (120%) e catequina (84%) foram os fenólicos mais bioacessíveis. O presente estudo evidencia que a obtenção do óleo da pimenta rosa por prensagem a frio é uma alternativa limpa de processo, e que a casca é a fração do fruto com maior potencial bioativo, devendo ser melhor explorada como alimento funcional.

Palavra-chave: pimenta-rosa, óleo, antioxidantes, compostos fenólicos.

CARNEIRO, T.S. Phenolic compounds in husks, seeds and oil of pink pepper obtained by cold pressing: study of husk bioaccessibility. 2022. 73p. [Dissertation]. São Cristóvão: Postgraduate Program in Food Science and Technology, Federal University of Sergipe, 2022.

ABSTRACT

Pink pepper (*Schinus terebinthifolius* R.) is produced in Brazil in an extractive way, its commercialization is done by the production of fresh, dehydrated fruits, essential oil. The bark, seeds and leaves contain bioactive compounds, highlighting antioxidants and phenolic compounds. Although PP components are associated with its potential consumption as a nutraceutical food, bioactive compounds must have the ability to be released after ingestion, becoming bioaccessible in the gastrointestinal tract. In this context, the present work had the objectives of quantifying phenolic compounds of different classes in husks, seeds and PP oil obtained by cold pressing, in addition to evaluating the bioaccessibility of the fraction containing the highest bioactive content, using an in vitro digestion model with intestinal barrier simulation. Pink pepper fruits, previously dehydrated, were divided into seed and husk, crushed and sieved up to a particle size of 32 Mesh for further analysis. To obtain the oil by cold pressing, whole fruits were pressed up to 389 kgf/cm² for 100 minutes, and the oil was collected, centrifuged and stored at -18 °C. Antioxidant capacity analyzes were performed by DPPH, ABTS and FRAP, and phenolic compounds from different families were quantified in HPLC-DAD. The oil content in the fruits was approximately 14%. In relation to total phenolics (mg GAE/g), the husk had the highest values, followed by the oil and the seed. The husks also showed the highest antioxidant capacity values, ranging from 121-228 mM of Trolox/kg (DPPH and ABTS) and 427-632 mM Fe²⁺/kg (FRAP). Regarding the individual phenolic compounds, the husks obtained the highest values, especially for gallic acid (2819-3129 mg/kg), procyanidin B2 (720-760 mg/kg), catechin (528-594 mg/kg), Kampferol (166-184 mg/kg), and by the presence of anthocyanin Petunidine 3-glycoside (55-59 mg/kg). The husks were submitted to a bioaccessibility study by the in vitro digestion method with simulation of permeation through the intestinal wall, where hesperidin (23352%), naringenin (273%), rutin (120%) and catechin (84%) were the phenolics more bioaccessible. The present study shows that obtaining pink pepper oil by cold pressing is a clean process alternative, and that the skin is the fraction of the fruit with the greatest bioactive potential, and should be better explored as a functional food.

Keywords: pink pepper, oil, antioxidants, phenolic compounds.

FIGURAS

Figura 1- Partes da árvore <i>Schinus terebinthifolius</i> RADDI.....	17
Figura 2. Fluxo geral de extrativismo e comercialização da aroeira.....	19
Figura 3- Estruturas químicas de compostos fenólicos representativos na Pimenta rosa (<i>S. terebinthifolius</i> Raddi).....	22
Figura 4. Foto e detalhes de prensa hidráulica para óleo.	24
Figura 5. Prensa contínua para extração de óleos de sementes de girassol, milho, soja e colza.	24
Figura 6 - Copa .da Árvore <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi,fruto in natura e desidratado	29
Figura 7- Prensa hidráulica (modelo SIWA 60T, Brasil) utilizada na obtenção do óleo da pimenta rosa.....	31
Figura 8- Cromatograma HPLC-DAD dos compostos fenólicos da casca da pimenta rosa. ..	44
Figura 9- Cromatograma HPLC-DAD dos compostos fenólicos da semente da pimenta ros	45
Figura 10- Cromatograma HPLC-DAD dos compostos fenólicos do óleo da pimento rosa. .	46
Figura 11- (A) Análise de Componentes Principais (PCA) para compostos fenólicos e resultados da antioxidante na casca, semente e óleo da pimenta rosa.....	49

TABELA

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos da pimenta rosa in natura.....	17
Tabela 2 : Características físico-químicas e morfométricas da pimenta rosa originada de Carmópolis, SE.....	36
Tabela 3 - Compostos fenólicos quantificados em HPLC-DAD na casca, semente e óleo da pimenta rosa obtido por prensagem a frio.	43
Tabela 4 : Biocessibilidade de compostos fenólicos no extrato etanólico da casca de pimenta rosa.	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Pimenta rosa	16
3.1.1 Origem, dados botânicos e composição química	16
3.1.2 O cultivo, produção e comercialização de pimenta rosa no Brasil.....	18
3.1.3 Qualidade química dos óleos.....	20
3.1.4 Compostos fenólicos	21
3.1.5 Métodos de extração do óleo	23
3.1.6 Bioacessibilidade de compostos fenólicos	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Matéria-prima	28
4.2 Caracterização morfológica e características físico-químicas da pimenta rosa	29
4.2.1 Umidade	29
4.2.2 Atividade de água	29
4.2.3 Determinação da cor CIE L*a*b	30
4.3.4 Lipídios.....	30
4.4 Extração do óleo da pimenta rosa por prensagem	30
4.4. Capacidade antioxidante <i>in vitro</i> pelos métodos com DPPH, ABTS e FRAP	31
4.6 Conteúdo fenólico total	32
4.7 Quantificação de compostos fenólicos por HPLC.....	32
4.8 Estudo da biocessibilidade de compostos fenólicos simulando a digestão <i>in vitro</i>	34

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Características físico-químicas e morfométricas da pimenta rosa.....	36
5.4 Rendimento da extração do óleo da pimenta rosa	38
5.5 Capacidade antioxidante <i>in vitro</i>	38
5.7 Quantificação de compostos fenólicos em HPLC.	40
5.8 Digestão <i>in vitro</i> na casca da pimenta rosa	50
6.CONCLUSÃO.....	53
7.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	54

1. INTRODUÇÃO

A pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* R.), também conhecida como Aroeira, é uma árvore nativa da costa brasileira e apresenta atividades biológicas importantes como: antioxidante, anti-hipertensiva, antitumoral, antiinflamatória e outras (GLORIA et al., 2017; ANDRADE, PONCELET & FERREIRA, 2018; OLIVEIRA et al., 2020; KIM et al., 2021). A *S. terebinthifolius* é uma árvore perene nativa da costa brasileira e se espalhou por outras regiões da América do Sul, América Central, Europa, Ásia e África, onde seus frutos são utilizados como tempero alimentar em produtos caseiros e industriais (ANDRADE, PONCELET & FERREIRA, 2018). No Brasil, os frutos da aroeira são comercializados na sua forma in natura, desidratada, óleo essencial ou condimento para tempero seguindo a RDC nº 276, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (BANDES, 2008)

Devido as propriedades aromatizantes e antioxidantes, frutos da pimenta rosa têm sido utilizados como aromatizante em óleo de oliva (FAGUNDES et al., 2020), antioxidante natural em produtos cárneos e peixes (FORTUNATO et al., 2019; MARTINI et al., 2021), como agente antimicrobiano e antioxidante em hambúrgueres de frango (MENEGALI et al. 2020), e como inibidor do escurecimento em maçãs (ROMANI et al., 2018).

Dada a alta bioatividade dos frutos pimenta rosa (PR), diversos trabalhos têm aplicado técnicas de extração para componentes como óleo, extratos e óleo essencial, utilizando técnicas com solventes orgânicos e extração com fluidos supercríticos (ANDRADE, PONCELET & FERREIRA, 2018; MARTINI et al., 2021), fluidos subcríticos (REBELATTO et al., 2020), extração assistida por microondas (FORTUNATO et al. 2019), hidro destilação (CAIRO et al., 2017) e outras.

A presença de compostos na PR como terpenos, terpenoides, e fenilpropenos, incluindo β -myrceno, β -cubebeno, e limoneno, têm sido apontados como responsáveis por sua atividade antimicrobiana (DANNENBERG et al., 2019). Propriedades antioxidantes e antiinflamatórias da PR têm sido associadas a compostos fenólicos como: ácido gálico, ácido protocatéquico, epicatequina e p-cumárico (KIM et al., 2021). E em relação ao óleo de PP, compostos como germacreno D, sabineno, β e α -phellandreno, têm se destacado (ANDRADE, PONCELET & FERREIRA, 2018).

Na maioria dos estudos encontrados onde se avaliou o potencial bioativo e as aplicações tecnológicas da PP, os extratos, óleos e óleos essenciais foram obtidos de frutos

inteiros, previamente desidratados e triturados (FAGUNDES et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020; REBELATTO et al., 2020; WANG, DARÉ & EMER, 2021; MARTINI et al., 2021; KIM et al., 2021). Poucos trabalhos têm sido exclusivamente voltados para quantificação de compostos fenólicos nas diferentes partes do fruto da PR. Nos trabalhos de Martini et al. (2021) & Oliveira et al. (2020) foram identificados vários grupos de fenólicos por HPLC-MS/MS em extratos de frutos inteiros, principalmente: ácidos fenólicos, galotaninos, flavanois (quercetinas e kampferol), catequinas e antocianinas. Em relação ao perfil químico do óleo da PR os principais componentes têm sido elucidados por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas, sendo a quantificação de fenólicos em HPLC pouco explorada.

Dentre as técnicas de obtenção do óleo da pimenta rosa, as extrações com solventes orgânicos e por fluidos supercríticos têm sido as mais utilizadas (ANDRADE, PONCELET & FERREIRA, 2018). Trabalhos de obtenção do óleo de pimenta por prensagem a frio são escassos, sendo este método uma tecnologia verde de extração e processamento de óleos comestíveis, no qual constituintes bioativos são preservados pela não utilização de processos térmicos e químicos (RAMADAN, 2020).

Apesar de diversos estudos da composição química da estarem associados ao seu consumo como alimento nutracêutico, um fator pouco abordado é que para se fornecer benefícios à saúde os compostos de interesse, como compostos fenólicos, devem ter a capacidade de serem liberados da matriz alimentar após a ingestão e se tornarem bioacessíveis no trato gastrointestinal. Para isso, diversos modelos de digestão *in vitro* têm sido utilizados; mas os modelos que simulam a mobilidade de compostos através da barreira intestinal são mais adequados para se determinar as substâncias bioacessíveis (DANTAS et al., 2019).

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar cascas, sementes e óleo da pimenta rosa quanto a compostos fenólicos bioativos e características físico-químicas, e estudar a bioacessibilidade simulando a digestão *in vitro*, com vistas à sua utilização para fins tecnológicos.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a morfologia e as características físico-químicas da pimenta rosa;
- Obter o óleo da pimenta rosa por prensagem a frio;
- Medir a capacidade antioxidante *in vitro*;
- Identificar e quantificar os compostos fenólicos bioativos por cromatografia líquida;
- Avaliar a bioacessibilidade de compostos fenólicos da fração do fruto com maior potencial bioativo;
- Avaliar o potencial nutracêutico da pimenta rosa e do óleo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Pimenta rosa

3.1.1 Origem, dados botânicos e composição química

Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae) é uma árvore originária da costa brasileira e é encontrada nas regiões do Sul América, América Central, Europa, Ásia e África (ANDRADE et al., 2018). Quando madura, a casca vermelha da fruta se transforma em uma espécie de concha ao redor da semente o fruto é carnoso, endocarpo endurecido, com 4 mm a 5,5 mm de diâmetro, levemente achatado no comprimento. Quando imaturos são verde-claros, e quando maduros, apresentam cor vermelha, com sabor adocicado e aromático, sendo utilizado como condimento (NEVES et al., 2016).

A aroeira é encontrada em beira de rios, córregos em várzeas úmidas de formação secundária, porém seu desenvolvimento é propício em terrenos pobres e secos. É comumente utilizada na arborização nas cidades como árvore de decoração (LORENZI, 2000).

As pimenteiras produzem frutos no primeiro ano de vida e sua produção cresce proporcional ao seu desenvolvimento. Existem duas técnicas de produção de pimenta rosa, em diferentes processos de produção de sementes: por extração em sua natureza habitat ou por um cultivo planejado para fins agrícolas. Tendo em vista o plantio, o espaçamento recomendado para o desenvolvimento das plantas é de 3 m entre plantas e 2 entre linhas (LELES, 2012).

A Figura 1 apresenta a árvore, folhas e frutos da pimenta rosa. Suas folhas são utilizadas para fins fitoterápicos, pois apresentam propriedades que são atribuídas nos constituintes químicos deste vegetal, tais como os taninos e os polifenóis (ROCHA et al., 2018). O fruto também contém diferentes propriedades terapêuticas, como antitumoral e antimicrobiano, e é utilizada na medicina popular brasileira como anti-inflamatório, adstringente, mas também possui capacidade antioxidante (ANDRADE et al., 2017). Essas propriedades podem estar associadas a quantidade de flavonoides, antocianinas, carotenoides, como reportado por Oliveira et al. (2020).

Figura 1- Partes da árvore *Schinus terebinthifolius* RADDI

Fonte: EMBRAPA (2016)

Na pesquisa de Pagani et al. (2014), é reportado as presenças de ácido ascórbico, e carotenoides totais, conforme mostrado na Tabela 1, sugerindo que a pimenta rosa pode ser uma alternativa para a utilização como antioxidante natural, principalmente, pelo teor de carotenoides.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos da pimenta rosa *in natura*.

Componentes	Valores
Umidade %	14,70 ± 0,12
Cinzas %	3,30 ± 0,23
Atividade de água	0,50 ± 0,02
Acidez (Acido cítrico mg/L)	5,10 ± 0,26
Vitamina C (mg/L)	0,75 ± 0,02
Carotenoides (mg/L)	27,50 ± 0,23

Fonte: Pagani et al (2014)

Andrade et al. (2017) analisaram o conteúdo fenólico total, atividade antioxidante, perfil químico dos extratos da pimenta rosa, com uso do Soxhlet e extração assistida em ultrassom, usando hexano, etanol e acetato de etila como solventes, além de extrações com fluidos supercríticos. E se identificou germacreno D, sabineno, beta e alfa-felandreno como

compostos majoritários, onde as capacidades antioxidantes foram melhores nos extratos obtidos por Soxhlet com etanol e fluidos supercríticos (300 bar a 60 °C).

Em relação a composição mineral, um dos poucos trabalhos relacionados ao fruto da pimenta rosa foi realizado por Zanetti et al. (2012), que encontraram valores de potássio em 13,53 mg g⁻¹, magnésio 1,3 mg g⁻¹, ferro 172 mg g⁻¹, zinco 36 mg g⁻¹, de manganês 14 mg g⁻¹, e cobre 7,65 mg g⁻¹.

Em relação ao perfil de compostos fenólicos em frutos da pimenta rosa, nos trabalhos de Martini et al. (2021) & Oliveira et al. (2020) foram identificados vários grupos de fenólicos por HPLC-MS/MS em extratos de frutos inteiros, principalmente: ácidos fenólicos, galotaninos, flavanois (quercetinas e kampferol), catequinas e antocianinas.

3.1.2 O cultivo, produção e comercialização de pimenta rosa no Brasil

No território brasileiro a aroeira é largamente cultivada, sendo encontrada no Piauí, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Bahia, Alagoas e Sergipe (Nordeste); Mato Grosso do Sul (Centro-Oeste); Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo (Sudeste); Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Sul) (SILVA; PIRANI, 2012).

No Brasil, a maior parte da produção da pimenta rosa tem origem extrativista de plantas nativas de aroeira-vermelha em áreas de restinga. Os principais produtores brasileiros se encontram no Espírito Santo, Rio de Janeiro, Sul da Bahia e na Região do Baixo São Francisco, na divisa entre Alagoas e Sergipe (INSTITUTO ECOENGENHO, 2011).

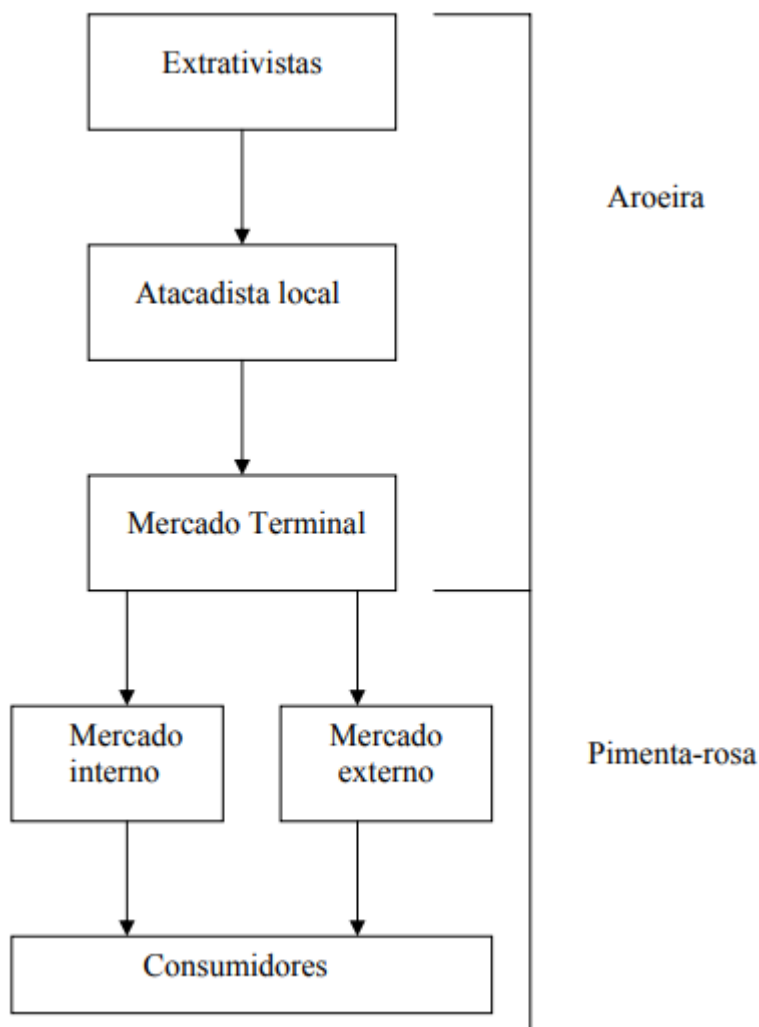
Em dimensão nacional, os frutos da aroeira são comercializados em sua forma desidratada, na maioria das vezes a granel. A produção industrial de pimenta rosa no Brasil está regulamentada pela resolução RDC nº 276, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), aprovado o “Regulamento Técnico para Especiarias, Temperos e Molhos” (BANDES, 2008).

A produção sustentável pode se tornar um destaque na região consolidando o processo de comercialização e crescimento econômico (PELLIN; SILVA, 2015). A ação realizada pela ONG ECOENGENHO na região de Alagoas tem como finalidade valorizar o fruto da aroeira, transformando o extrativismo como fonte de renda (BEZERRA; WELLEY, 2017).

Nesses locais, a colheita dos frutos é feita de forma coletiva pelas comunidades, utilizando as técnicas construídas dentro das comunidades priorizando o uso e o manejo de sustentável nas áreas extrativistas. A comercialização da pimenta é feita de várias formas

como, frutos *in natura* e óleo essencial (MACIEL et al., 2018) desde o mercado interno até o mercado externo, conforme demonstrado no esquema apresentado na Figura 2.

Figura 2- Fluxo geral de extrativismo e comercialização da aroeira.



Fonte: Gomes et al. (2000)

No Estado do Espírito Santo encontra-se registros de plantio de aroeira voltado para produção de pimenta rosa. A produção ainda não apresenta um sistema definido, mas já existe a aplicação de insumos e um trabalho voltado para a seleção de matrizes para a produção de frutos (NEVES et al., 2016).

Segundo o Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) o município de São Mateus localizado no Norte do Estado do Espírito Santo é o maior produtor e exportador mundial desde 2012, mais de 90 % da produção de pimenta é transportado para os países da Europa, Ásia e para os Estados Unidos. No Estado

do Espírito Santo, estima-se que o beneficiamento produtivo da pimenta rosa é de 1012 toneladas/ano CEDAGRO (2018).

Desde 2017 a Empresa de Assistência Técnica e. Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro (Emater-Rio) desenvolve projeto piloto sobre a cadeia produtiva da aroeira, os municípios que tem área nativa explorável são: São Pedro da Aldeia, Iguaba Grande, Araruama, Cabo Frio e Armação dos Búzios, sendo encontrados cerca de 35.344 de Aroeira, com capacidade produtiva de 85 toneladas por safra, já descontando os 20% dos frutos que não são coletados por conta da alimentação para a avifauna e dispersão da espécie. Estima-se que a produção de pimenta rosa nesses municípios é de aproximadamente 100 toneladas.

3.1.3 Qualidade química dos óleos

Quimicamente, óleos e gorduras nas suas classes possuem distintas funções químicas e apresentam em comum solubilidade em solventes orgânicos e baixa ou nenhuma solubilidade em água. São ácidos graxos, sendo classificados em saturados e insaturados (FENNEMA et al., 2010; HUSSEIN, 2013).

A qualidade dos óleos é um parâmetro importante na indústria de alimentos (AYYILDIZ, 2015). Um dos principais problemas enfrentados na preservação dos óleos é a oxidação. Nos óleos a oxidação altera sabor, odor e cor, consequentemente diminui a segurança e a qualidade nutricional, sendo prejudicial à saúde humana (YANG et al., 2016).

Os antioxidantes podem ser divididos em dois tipos principais: o sintético e natural (ANWAR et al., 2012). A grande variedade de antioxidantes naturais está nos óleos vegetais, como os tocóis (α -, β -, γ - e δ -tocoferol e tocotrienol), os carotenoides, os compostos fenólicos e os esteróis. Os antioxidantes sintéticos, como butil-hidroquinona terciária (TBHQ), hidroxitolueno butilado (BHT) e hidroxianisole butilado (BHA) são utilizados em produtos alimentícios, e nos óleos com a finalidade de prevenir e diminuir a oxidação, porém trabalhos tem associado problemas de saúde ocasionados pelo consumo de antioxidantes sintéticos, como toxicose e carcinogênese (STOJILJKOVIĆ et al., 2016).

A utilização dos antioxidantes naturais tem sido recomendada, pois diminui eventualmente a incidência de doenças causadas pelos antioxidantes sintéticos (LORENZO et al., 2014; PATEIRO et al., 2014; CAPITANI et al., 2015).

Os antioxidantes naturais são comumente encontrados em frutas e legumes (ALVAREZ-PARRILLA et al., 2012), onde os lipídios extraídos de sementes destas matrizes estão sendo utilizados.

Nas pimentas, há um teor significativo de antioxidantes, onde se destacam clorofila, carotenóides e tocoferóis, e de acordo com Ornelas-Paz et al. (2010) fenólicos neutros e ácidos. O poder e eficiência dos antioxidantes naturais dependem da fonte, sendo relevante aspectos como armazenamento e a técnica aplicada para a extração nas matérias-primas (SHAH et al., 2014).

A capacidade antioxidante pode ser analisada de acordo com as reações químicas envolvidas, e os testes são divididos em duas categorias: transferência de átomo de hidrogênio (TAH) e transferência simples de elétron (TSE) (APAK et al., 2018). Os métodos mais utilizados para a determinação *in vitro* da capacidade antioxidante dos óleos são fundamentados em análises espectrofotométricas com auxílio do empregando 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina Ácido -6-sulfônico) (ABTS), β -caroteno (YADAV et al., 2016; THARASENA et al., 2014), onde os métodos DPPH e ABTS podem exercer efeitos mistos TAH/TSE (SIDDEEG et al., 2021). Os métodos ORAC (Capacidade de absorção do radical de oxigênio) e FRAP (Poder de quelação do ferro) são exemplos de testes que utilizam a transferência de átomos de hidrogênio (ÇEKIC et al., 2013).

3.1.4 Compostos fenólicos

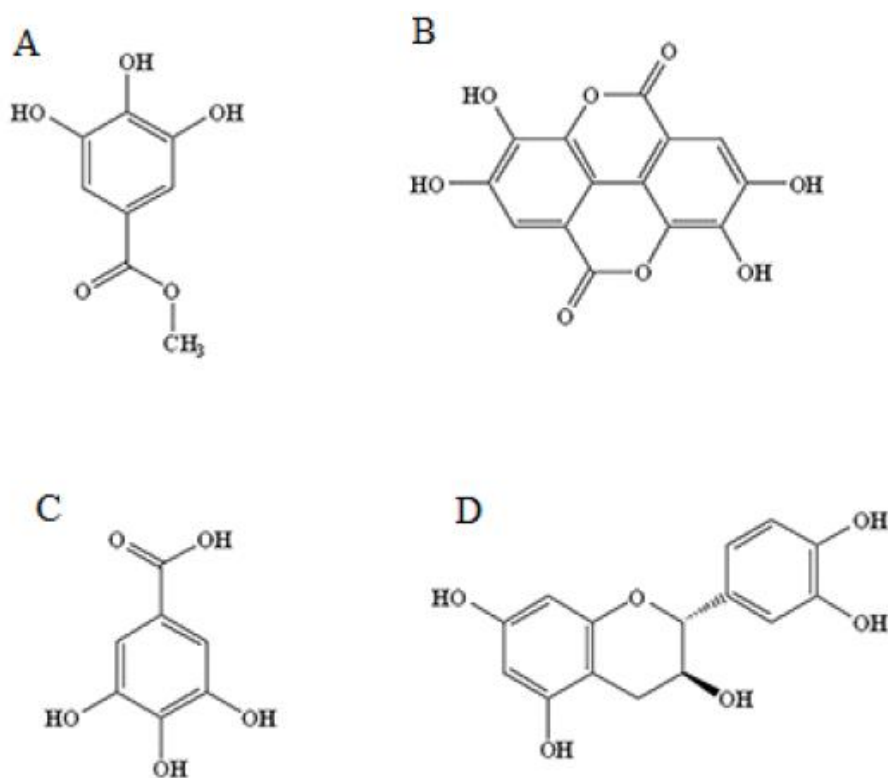
Fenólicos são compostos de anéis aromáticos ligados a um único ou mais grupos hidroxilas, e variam desde fenólicos simples como os ácidos fenólicos, aos compostos complexos como os taninos (SHAH et al., 2018). Nas frutas e vegetais são responsáveis pelas características organolépticas (DAI; MUMPER, 2010). Os compostos fenólicos atuam como antioxidantes, onde reagem com partículas de alta atividade energética, conhecidas como radicais livres, transformando-se em compostos mais estáveis através da doação de átomos de hidrogênio, elétrons ou cátions metálicos quelantes. O processo de neutralização de radicais livres acontece na fase inicial e propagativa da oxidação induzida dos radicais livres (TLILI et al., 2015).

Estudos sobre a aplicabilidade de compostos fenólicos apresentam seu uso como conservantes naturais e antioxidantes, visto que estes compostos podem inibir as enzimas

lipoxigenase e ciclooxygenase, que são responsáveis pela rancidez oxidativa (EMBUSCADO et al., 2015).

De acordo com Rosas et al. (2015); Sereniki et al. (2016) e Nocchi et al. (2016), *S. terebinthifolius* contém compostos fenólicos como, galato de metila, ácido elágico, flavonoides, ácido gálico e catequina, cujo as estruturas químicas estão representadas na Figura 3.

Figura 3- Estruturas químicas de compostos fenólicos representativos na Pimenta rosa (*S. terebinthifolius* Raddi).



Galato de metila (A), ácido elágico (B), ácido gálico (C) e catequina (D).

Fonte: Macedo (2018).

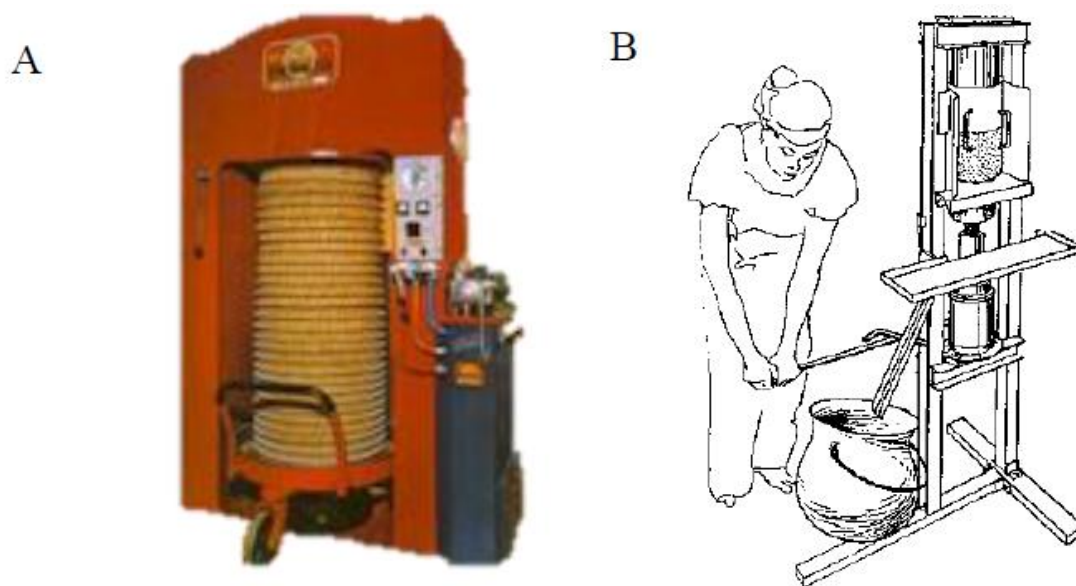
Kim et al. (2021) quantificaram alguns compostos fenólicos na pimenta rosa de diferentes regiões mundiais, como Brasil, Índia e Sri Lanka, e a pimenta brasileira e indiana apresentaram maior teor de compostos fenólicos totais e flavonoides totais. Neste estudo também foram quantificados os ácidos gálico e ácido protocatecuico, epicatequina e ácido p-cumárico nas pimentas das três regiões mundiais.

3.1.5 Métodos de extração do óleo

A extração de óleos de sementes ou grãos são classificados em: por prensagem mecânica, ou extração por solventes como hexano e outros (SAVOIRE et al.,2013). Os processos mais utilizados à base de solventes consistem na extração por sucessivas lavagens das sementes, previamente trituradas, com um solvente orgânico (n-hexano ou éter de petróleo (SOUSA, 2012). O método de extração por solvente é considerado eficiente, e a escolha do solvente está relacionado as características do material utilizado (DUTTA et al.,2015). A escolha do solvente deverá levar em consideração parâmetros como: a relação solvente-soluto, volatilidade relativa do solvente em comparação com óleo, viscosidade, polaridade, disponibilidade e custo. Contudo, existem algumas desvantagens nesta técnica, como longo tempo de extração, consumo elevado de solventes, alta demanda de energia, emissão de compostos orgânicos para a atmosfera, baixa qualidade do produto final devido ao uso de altas temperaturas, e número elevado de etapas no processo (TAKADAS; DOKER, 2017).

Em relação a extração mecânica, as prensas hidráulicas que foram desenvolvidas na antiguidade, ainda são utilizadas para extração de óleo de coco e oliva. Com o aprimoramento, essas prensas foram substituídas por outras mais otimizadas, como prensa de parafuso. As prensas de parafusos são classificadas em três tipos: prensas tipo expeller (Figura 4A), prensas extrusoras dupla rosca (Figura 5) e prensas tipo expander (SAVOIRE et al., 2013).

Figura 4- Foto e detalhes de prensa hidráulica para óleo.



Fonte: (A) The Olive Oil Source, 2015; (B) Info collections, 2015.

Figura 5. Prensa contínua para extração de óleos de sementes de girassol, milho, soja e colza.



Fonte: China Machinery Cereals and Oils Equipment (Beijing), 2017

Nos processos indústrias de obtenção de óleo estão se utilizando prensagem mecânica e posteriormente filtragem do óleo, por meio de equipamentos mais sofisticados para clarificação do óleo (SOUSA, 2012).

Na extração por prensa mecânica é possível se obter em torno de 60% a 65% de óleo, e na prensa de parafuso conectado a um motor, o rendimento pode chegar a cerca de 68% a 80%. Entretanto, nos óleos extraídos por prensa mecânica é necessária uma filtragem posterior a extração, a fim de retirar os resíduos que podem estar presentes no óleo (ABANIA et al., 2013).

O método de extração por prensagem é caracterizado como um sistema de fase sólido-líquido utilizado para oleaginosas com a percentagem menor que 20% de óleo, onde o principal parâmetro usado é a pressão na separação das fases (ZUORRO et al., 2014). Nestes equipamentos, as sementes entram em contato com um parafuso helicoidal, que movimenta a matéria para frente. Na saída da prensa existe um cone (*nozzle*) cujo tamanho pode ser regulado, de forma a aumentar ou diminuir a abertura para a saída do material, o que determina a pressão no interior da prensa.

No final deste processo, são obtidos dois produtos, o bagaço, que consiste na parte sólida resultante da prensagem, e o óleo extraído, que poderá conter partículas sólidas resultantes da prensagem (RAMALHO, 2012). A extração do óleo na prensa não é completa, pois na torta contém ainda um teor de óleo residual, não podendo ser usado para ração animal por causa da eventual rancificação a dependendo do tempo de armazenamento (ANTONIASSI, 2019).

Segundo o Codex Alimentar os óleos prensados mecanicamente são adequados para consumo direto. Existem compostos fenólicos que são sensíveis as altas temperaturas e são degradados e a utilização da prensa mecânica preserva os compostos bioativos presentes (TURCO, 2012). Apesar de existirem vários métodos de extração de óleo, todos necessitam de um pré-tratamento, e um dos processos importantes é a trituração das sementes, para garantir que sejam quebradas as estruturas fibrosas das células e assim ocorrer a liberação do óleo (YUSUF et al., 2015).

O pré-tratamento nas sementes ou nos grãos podem melhorar a rendimento da extração do óleo. Um dos parâmetros destacado é a umidade adequada para uma boa extração, dependendo das características da matéria-prima. Como exemplo, para a extração do óleo da linhaça, o rendimento bom é obtido quando as sementes estão com umidade variando de 9%-11%, enquanto o óleo de colza é condicionado a uma umidade de 5% (ROMBAUT et al., 2015; SAVOIRE et al., 2013).

O interesse pelos óleos prensados vem crescendo, devido a quantidade de componentes bioativos que contribui para melhoria na saúde humana, além das

características próprias, como, sabor intenso, cor e aroma especial, que estão ganhando valorização dos consumidores. A técnica de extração também traz benefícios ao meio ambiente, diminuindo a poluição e custo (IMER et al., 2018).

3.1.6 Bioacessibilidade de compostos fenólicos

Pesquisas sobre composição química e atividade biológica dos alimentos estão associadas a presença de compostos fenólicos, e potenciais benefícios trazem para a saúde (SENGUL et al., 2014). Os efeitos fisiológicos dos compostos fenólicos, uma vez ingeridos, depende de seu potencial de absorção no trato gastrointestinal e eventual disponibilidade para o metabolismo (RIBAS-AGUSTÍ et al., 2018). Apenas compostos liberados pela matriz alimentar capazes de tolerar as condições encontradas em todo o trato gastrointestinal, e que permeiam a membrana intestinal, estarão potencialmente biodisponíveis para exercer seus efeitos benéficos sobre o corpo humano (TAGLIAZUCCHI et al., 2010). A digestão de um alimento é um processo complexo que depende da característica do organismo de cada indivíduo (BRODKORB et al., 2019). Contudo, os métodos *in vitro* estão sendo cada vez mais aprimorados e utilizados por ser reproduzível e padronizado (LUCAS-GONZÁLEZ et al., 2018).

Existem vários métodos de digestão *in vitro*, modelos estáticos e dinâmicos. Os estáticos são mais aplicados, e têm como objetivo simular o trânsito digestivo nas diferentes partes do sistema, ou seja, simulando as condições existentes na boca, estômago e intestino delgado; porém ignoram a simulação dos movimentos peristálticos e da microbiota intestinal. O que limita a se ter uma análise mais real, apesar de gerar resultados rápidos (GUERRA et al., 2012). Os modelos dinâmicos, por sua vez, conseguem simular o trânsito digestivo que forma mais gradual, obtendo um resultado mais próximo do real. As condições fisiológicas que ocorrem no estômago e no intestino delgado, são mais próximas do contexto real (GONZÁLEZ-ARIAS et al., 2013).

Nos alimentos ricos em atividade antioxidante e compostos fenólicos, pode se ter efeitos significativos na sua bioacessibilidade fitoquímica. A biodisponibilidade dos compostos fenólicos pode ser afetada pela influência de outras macromoléculas presentes, como proteínas, carboidratos e lipídios (GRGIĆ et al., 2020). As interações podem proteger os compostos fenólicos da oxidação durante sua passagem no trato gastrointestinal, com isso,

características mais aprofundadas do processo de digestão são necessárias (ZHANG et al., 2020).

Martini et al. (2021) avaliou atividade inibitória da peroxidação lipídica da pimenta preta, verde e rosa, adicionada à carne de peru durante o cozimento e a digestão *in vitro*, e a adição da pimenta preta, verde e rosa resultou no menor nível hidroperóxidos lipídicos após a digestão. No final da fase da digestão gástrica, a pimenta rosa inibiu em 78,2% a formação de hidroperóxidos lipídicos, enquanto 70% e 40,4% de inibições foram para pimenta preta e verde. Na digestão intestinal a pimenta rosa foi a mais eficaz (83,4% de inibição) em relação pimenta preta (52%) e verde (22%), com isso mostra que a pimenta rosa tem um maior potencial de inibição de peroxidação lipídica devido ao seu maior teor de compostos fenólicos.

Apesar da literatura evidenciar resultados promissores de compostos bioativos na melhora da digestibilidade de alguns alimentos, resultados sobre a avaliação da bioacessibilidade dos compostos presentes na pimenta rosa são escassos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

Frutos da pimenta rosa, *Schinus terebinthifolius* R., (Figura 6) utilizados no presente estudo foram coletados do município de Carmópolis SE, latitude S: 10°38'45'' e Longitude W: 36° 59' 23'' com solo hidrofórmico e clima tipo megatérmico úmido a sub-úmido segundo a classificação de Köppen. Foram coletadas amostras em duas safras, sendo considerada dois diferentes fatores, julho de 2019 e agosto de 2020 afim de avaliar o teor de compostos bioativos nas colheitas estudadas.

Após a coleta, os frutos foram secos em estufa com fluxo constante de ar a 45°C até peso constante (umidade aproximadamente 10%). Após secagem os frutos foram embalados em sacos de polietileno, e armazenados em temperatura ambiente e protegidos da luz até o momento das análises físicas e químicas, e da extração do óleo. Para as análises físicas e químicas, os frutos desidratados foram moídos em moinho de facas (Willye TE 650, Tecnal, Brasil), e peneirados para obter a granulometria do pó ≤ 32 mesh.

Figura 6 - Copa da Árvore *Schinus terebinthifolius* Raddi, fruto in natura e desidratado



A: Copa da árvore *Schinus terebinthifolius*, B:e C: Fruto in natura,D: fruto desidratado.
Fonte: Autoria própria.

4.2 Caracterização morfológica e características físico-químicas da pimenta rosa

Frutos e as frações, semente e casca (n=50) foram coletadas aleatoriamente sendo medidos, peso médio, diâmetro paquímetro marca Pantec, Brasil.As análises físico-químicas dos frutos seguiram as metodologias da “Association of Official Analytical Chemists” (AOAC, 2012) e do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008). Todas as análises foram realizadas em três repetições e os resultados expressos como média e desvio padrão.

4.2.1 Umidade

A umidade foi determinada por gravimetria, utilizando-se balança analítica (precisão de 0,0001g), cadinho de porcelana e estufa de circulação de ar à temperatura de 105 °C, seguindo a metodologia 012/IV do IAL (2005). Os resultados foram expressos em g água/100 g de amostra.

4.2.2 Atividade de água

A atividade de água foi determinada em aparelho Aqualab modelo 4TEV (Brasil), conforme metodologia da AOAC (2012).

4.2.3 Determinação da cor CIE L*a*b

A cor dos frutos foi avaliada em colorímetro Konica Minolta CR-400 (Japão). Os resultados foram expressos segundo a escala CIELAB, nos parâmetros L*, a* e b*, onde os valores de L* (luminosidade), a* (transição da cor verde para a cor vermelha) e b* que representa a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

4.3.4 Lipídios

O teor de lipídios total foi determinado por extração pelo método de Soxhlet utilizando hexano P.A. como solvente, conforme descrição do método 920.39 em AOAC (2012). A extração foi feita com 5 g da amostra durante 6 horas. O teor de lipídios na amostra foi expresso em g lipídios/100 g.

4.4 Extração do óleo da pimenta rosa por prensagem

Os frutos inteiros desidratados (conforme descrito na seção 4.1) foram submetidos à prensagem a frio em prensa hidráulica (SIWA 60T, Brasil). Inicialmente, os frutos foram pesados e colocados no cilindro de aço inoxidável da prensa. Na sequência, foram submetidos a prensagem em pressão de até 389 kgf/cm^2 durante 100 minutos (Figura 7). As extrações de cada amostra foram realizadas em triplicata, e o óleo obtido foi armazenado à temperatura de -18°C em frasco de vidro âmbar, até a realização das análises. O cálculo do rendimento de óleo na extração foi obtido como gramas de óleo /100 g de pimenta rosa (m/m).

Figura 7- Prensa hidráulica (modelo SIWA 60T, Brasil) utilizada na obtenção do óleo da pimenta rosa



Fonte - Autoria própria.

4.4. Capacidade antioxidante *in vitro* pelos métodos com DPPH, ABTS e FRAP

A atividade antioxidante *in vitro* foi determinada utilizando os métodos de captura de radicais livres com DPPH (KIM; GUO; PACKER, 2002) e ABTS (RE et al., 1999), e poder de quelação do ferro – FRAP (RUFINO et al., 2006). O padrão analítico Trolox foi utilizado para a construção da curva analítica e os resultados foram expressos como equivalentes de Trolox por kg de amostra (mmol TE kg^{-1}) no método com DPPH e ABTS, e em mmol de Fe^{2+} por kg, no método FRAP. As leituras da absorbância foram realizadas em espectrofotômetro UV-Visível modelo UV 2000A (Instrutherm, Brasil).

A atividade do radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) foi medida através da extinção do máximo da absorção em 517 nm. O método consistiu na mistura de 100 μL da amostra com 2,90 mL de solução etanólica do radical DPPH 1,0 mM, e incubação no escuro durante 30 minutos. A solução de DPPH foi diluída com etanol para uma absorbância entre 0,900 e 1,000 a 517 nm. As leituras de absorbância foram realizadas nos tempos 0 (sem adição de amostra) e 30 minutos (com adição de amostra).

O radical ABTS • + foi formado pela reação da solução ABTS 7 mM com persulfato de potássio 140 mM, incubado a 25 ° C sem incidência de luz por 16 h. O radical foi diluído em etanol até a absorbância de $0,700 \pm 0,050$ a 734 nm. Em um ambiente escuro, uma alíquota de 300 µL da amostra foi transferida para 2700 µL do radical e 6 minutos após a adição da amostra as leituras foram realizadas.

O reagente FRAP foi preparado por meio da mistura de 25 mL da solução de tampão acetato (300 mmol; pH 3,6), 2,5 mL da solução TPTZ (10 mmol TPTZ em 40 mmol HCl) e 2,5 mL de FeCl₃ (20 mmol) em solução aquosa. Foi adicionado 90 µL dos extratos e 270 µL de água deionizada em 2,7 mL do reagente FRAP, logo após incubado a 37°C no termorreator por 30 minutos. A absorbância foi medida em 595 nm no espectrofotômetro, zerado com um branco dos reagentes.

4.6 Conteúdo fenólico total

O teor de fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotométrico com Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965), onde foram adicionados em um tubo de ensaio, 0,10 mL do extrato previamente diluído, 7,90 mL de água destilada e 0,50 mL do reagente Folin-Ciocalteu. Após 3 a 8 minutos se adicionou 1,50 mL de uma solução saturada de Na₂CO₃ 20%, permanecendo em repouso por 2 horas. Em seguida se leu a absorbância a 765 nm em cubeta de vidro de 10 mm de percurso óptico. Os resultados foram expressos em mg kg⁻¹, equivalentes ao ácido gálico, por comparação com uma curva de calibração construída nas concentrações 0, 25, 50, 100, 250, 350 e 500 mg L⁻¹ de ácido gálico.

4.7 Quantificação de compostos fenólicos por HPLC

A identificação e quantificação dos compostos fenólicos individuais foi realizada pela metodologia validada por Padilha et al. (2017) com adaptações de Dutra et al. (2018), usando um cromatógrafo líquido Agilent 1260 Infinity LC System (Agilent Technologies, Santa Clara, EUA) conectado a um detector de arranjo de diodo (DAD) (modelo G1315D). Os dados foram processados no software OpenLAB CDS ChemStation Edition (Agilent Technologies, Santa Clara, EUA). Foram utilizadas uma coluna Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (100 × 4,6 mm, 3,5 µm) e uma pré-coluna Zorbax C18 (12,6 × 4,6 mm, 5 µm) (Zorbax, EUA).

A temperatura foi de 35 °C e o volume de injeção foi de 20 µL do extrato filtrado em membrana de 0,45 µm (Millex Millipore, Barueri, SP, Brasil). O fluxo de solvente foi de 0,8 mL min⁻¹. O gradiente usado na separação foi de 0 a 5 min: 5% B; 5-14 min: 23% B; 14-30 min: 50% B; 30-33 min 80% B, em que o solvente A era uma solução de ácido fosfórico (0,1 mol, pH = 2,0) e o solvente B foi metanol com 0,5% de H₃PO₄. A identificação e quantificação foi por comparação com padrões externos. Todos os fenólicos quantificados apresentaram curvas de calibração com R² > 0,998.

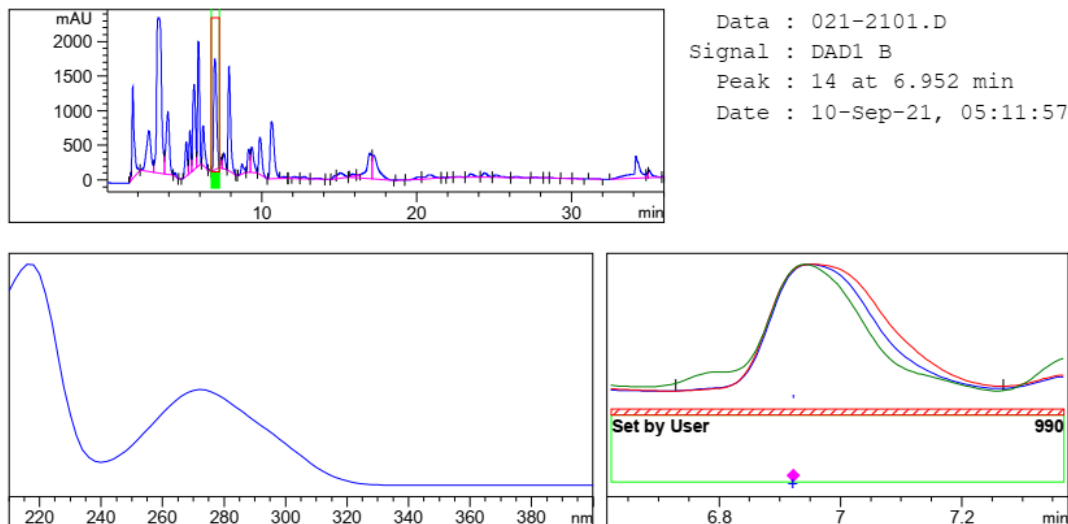
A detecção de compostos foi realizada a 280 nm para ácido gálico (LOD 0,12 e LOQ 0,14 mg / L), ácido síngico (LOD 0,08 e LOQ 0,12 mg / L), cis-resveratrol (LOD 0,08 e LOQ 0,10 mg / L), hesperidina (LOD 0,12 e LOQ 0,17 mg / L) e naringenina (LOD 0,16 e LOQ 0,22 mg / L); 220 nm para epicatequina (LOD 0,06 e LOQ 0,07 mg / L), catequina (LOD 0,06 e LOQ 0,08 mg / L), epicatequina-galato (LOD 0,06 e LOQ 0,07 mg / L), epigallocatequina-galato (LOD 0,04 e LOQ 0,05 mg / L), procianidina A2 (LOD 0,06 e LOQ 0,07 mg / L), procianidina B1 (LOD 0,01 e LOQ 0,012 mg / L) e procianidina B2 (LOD 0,04 e LOQ 0,06 mg / L); 320 nm para ácido trans-caftarico (LOD 0,09 e LOQ 0,01 mg / L), ácido p-cumárico (LOD 0,10 e LOQ 0,12 mg / L), ácido clorogênico (LOD 0,11 e LOQ 0,15 mg / L), ácido

caféico (LOD 0,01 e LOQ 0,012 mg / L) e trans-resveratrol (LOD 0,04 e LOQ 0,06 mg / L); 360 nm para kaempferol (LOD 0,10 e LOQ 0,12 mg / L), quercetina 3-glucosídeo (LOD 0,11 e LOQ 0,14 mg / L), rutina (LOD 0,08 e LOQ 0,10 mg / L) e miricetina (LOD 0,05 e LOQ = 0,07 mg / L); e 520 nm para malvidina 3-glucosídeo (LOD 0,85 e LOQ 1,41 mg / L), cianidina 3-glucosídeo (LOD 0,11 e LOQ 0,15 mg / L), malvidina 3,5-diglucosídeo (LOD 0,24 e LOQ 0,28 mg / L), cianidina 3,5-diglucosídeo (LOD 0,07 e LOQ 0,08 mg / L), pelargonidina 3-glicosídeo (LOD 0,06 e LOQ 0,08 mg / L), delphinidina 3-glicosídeo (LOD 0,17 e LOQ 0,22 mg / L), pelargonidina 3, 5-diglucosídeo (LOD 0,05 e LOQ 0,05 mg / L) e petunidina 3-glicosídeo (LOD 0,10 e LOQ 0,12 mg / L).

A pureza espectral dos picos foi avaliada pelo teste de limiar (fator de pureza > 990) para garantir que não houvesse coeluição nos picos quantificados, seguindo a metodologia de Padilha et al. (2017), conforme pode ser observado na Figura 8 para o pico da catequina.

Figura 8- Teste de threshold para verificação da pureza espectral do pico da catequina (fator de pureza ≥ 990).

Purity results peak 14 at 6.952 min.



-> The purity factor is within the threshold limit. <-

Purity factor : 1000.000 (1 of 1 spectra is within the threshold limit.)
Threshold : 990.000 (Set by user)

4.8 Estudo da biocessibilidade de compostos fenólicos simulando a digestão *in vitro*

Extratos etanólicos da casca da pimenta rosa foram submetidos a digestão *in vitro* de acordo com o protocolo INFOGEST (MINEKUS et al.,2014), seguido da simulação de passagem por barreira intestinal (DANTAS et al.2019). Uma alíquota de 5 mL do extrato da casca foi misturada a 3,5 mL de fluido salivar simulado (FES) para simular a fase oral. O SSF era composto por 0,5 mL de 1500 U / mL α -amilase, 25 μ L 0,3 M de CaCl_2 e 975 μ L de água. A mistura foi incubada durante 2 min a 37 ± 2 °C com agitação a 90 rpm. O bolo oral foi misturado com 7,5 mL de fluido gástrico simulado (SGF), 1,6 mL de 2000 U / mL de pepsina suína em SGF, 5 μ L de 0,3 mol / L de CaCl_2 , 0,695 μ L de água e o pH ajustado para 3,0 com HCl 1M.

A mistura foi incubada a 37 ± 2 °C a 2 h a 90 rpm. A simulação da fase intestinal foi realizada pela mistura de 20 mL de quimo gástrico com 11 mL de fluido intestinal simulado (SIF), que continha 5,0 mL de solução de pancreatina 800 U / mL em SIF, 2,5 mL de bile fresca (160 mM em bile fresca), 40 μ L de CaCl_2 0,3 M, 1,31 mL de água.

O pH foi ajustado para 7,0 com NaOH 1 M, e a mistura foi agitada a 90 rpm durante 2 h a 37 ± 2 °C.

Essa mistura foi colocada dentro de um saco de diálise, o que permitiu simular a absorção passiva dos compostos polifenólicos através da membrana do intestino delgado. O saco de diálise cheio, sem bolhas e fechado, foi completamente imerso em NaHCO₃ 0,1 M (pH = 7,5). O saco de diálise submerso foi incubado no escuro com agitação por 2 h a 37 ° C. Após esse tempo, a solução contida em seu interior (fração não dialisável) foi separada e armazenada, representando o material que permanecia no trato gastrointestinal, que chegaria ao cólon (fração potencialmente disponível do cólon). Por outro lado, o dialisado (fração que passa pela membrana de diálise), foi separado e armazenado, representando a fração disponível para absorção no sistema circulatório por difusão passiva (compostos disponíveis no soro ou potencialmente biodisponíveis).

A bioacessibilidade foi determinada usando a Eq. (1) (DANTAS et al., 2019).

Equação 1

$$\text{Bioacessibilidade (\%)} = \frac{\text{Fração dialisada}}{\text{Fração não digerida (amostra)}} \times 100$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características físico-químicas e morfométricas da pimenta rosa

Tabela 2- Características físico-químicas e morfométricas da pimenta rosa originada de Carmópolis, SE.

Variável	Safrá	
	2019	2020
Peso do fruto (mg)	22 ± 1	22 ± 1
Peso da casca (mg)	4 ± 1	3 ± 1
Peso da semente (mg)	19 ± 1	20 ± 1
Diâmetro do fruto (mm)	4.1 ± 0.1	4.2 ± 0.09
Cor do fruto CIE L*a*b*		
L*	17.4 ± 0.43	17.1 ± 0.42
a*	23.6 ± 0.57	24.1 ± 0.82
b*	25.8 ± 0.40	24.2 ± 0.48
Umidade %	10.5 ± 0.5	9.3 ± 0.4
Atividade de água (a _w)	0.60 ± 0.001	0.55 ± 0.001
Lípídeos %	14.8 ± 0.6	13.1 ± 0.3

*Dados apresentados como média ± desvio padrão.

Os resultados obtidos para as dimensões do fruto mostram que não houve diferença significativa entre as duas safras. O valor do diâmetro 4,1 mm está dentro da faixa reportadas por Neves et al. (2016) (4-5 mm,) para pimentas rosa originadas do Espírito Santo, sudeste do Brasil, e demonstra haver uma uniformidade no tamanho de frutos de diferentes regiões.

Para a extração de óleo por prensagem, um material com umidade próxima a 10% é requerido. O teor de umidade, a atividade de água são parâmetros que garantem um bom rendimento, além de prevenir a degradação química e microbiana do material durante o armazenamento (ROBERTS et al., 2008), e de acordo com Zotti-Sperotto et al.(2021) tratamento aplicado ao óleo de pimenta rosa com temperatura superior a 50 °C induz a degradação térmica dos componentes. Assim, o processo de secagem aplicado na pimenta rosa no presente estudo, pode ser considerado adequado, pois os parâmetros umidade e atividade de água encontram-se valores próximos da literatura (10,52 % - 9,32%) e (0,59 - 0,55), respectivamente, com temperatura de secagem de 45° C.

Como pode ser observado na Tabela 4, o teor de lipídios da pimenta rosa encontrado foi 14,8% e 13,1%, nas safras 2019 e 2020, respectivamente, e esse valor encontra-se dentro

da faixa observada por Andrade et al. (2017), que reportou 14,1%. Valores de lipídeos totais menores que os observados no presente estudo, são mencionados por Silva et al. (2018) 10,05 % (b.s) e Rebellato et al.(2020) que reportou 11,6% b.s, onde é mencionado que os baixos teores de lipídios estão relacionados com a alta quantidade de compostos polares na pimenta rosa, não solúveis em solventes não polares, como o hexano utilizado na análise.

A extração de óleo de pimenta rosa reportado por Silva et al.(2017), com fluido super crítico variando a temperatura (40, 50, 60 C) obteve valores (3,6 – 5,9%), e por extração assistida utilizando hexano, acetato de etila, e etanol como solvente, obteve valores que variaram de (21-8.7%), mostrando que a extração por prensagem a frio apresentou valor superior, exceto por extração assistida utilizando o solvente etanol com 21 %. Isso pode ser explicado pela quantidade de compostos polares existente na pimenta rosa que são solúveis em solventes polares.

A cor dos grãos da pimenta rosa é um parâmetro importante para aceitação comercial, a cor vermelha brilhante está relacionada a presença de compostos fenólicos (PAGANI et al., 2014). Na tabela 4 apresenta o resultado da análise colorimétrica de frutos de *S. terebinthifolius* desidratados a 45°C.No parâmetro L* não houve variação nas duas safras (17,4 -17,6), comparando com a literatura (25,72), o valor encontrado é inferior ao reportado por Silva et al. (2017), com temperatura de secagem 40°C, indicando que a diminuição da luminosidade pode estar relacionado com o aumento da temperatura de acordo com Silva et al. (2017).

Em relação ao parâmetro a* não houve diferença entre as duas safras (23,6-24,1), o valor é superior ao encontrado por Kim et al. (2021), que variou de (6,71-11,94), porém é inferior ao reportado por Silva et al. (2017) (26,61-34,17), indicando que houve variação na cor vermelho no fruto quando comparado com a literatura. A cor do fruto está associada a presença de antocianinas (coloração rosa-vermelha), destacando-se a pelargonidina e petunidina encontradas no presente estudo (Tabela 3). O parâmetro b* não obteve variação significativa entre as duas safras, (25,8-24,2) valor próximo (22,45) reportado por Silva et al. (2017).

Diante de alguns estudos realizados, o aumento de temperatura de secagem interfere na cor do fruto, segundo Silva et al. (2017) e Kayesh et al. (2013) ressalta que mudanças fisiológicas, genéticas, clima, influencia na cor do fruto.

5.4 Rendimento da extração do óleo da pimenta rosa

No presente estudo, o rendimento de extração foi de 67,56% e 76,33%. Em escala comercial de produção, isso significaria que cada tonelada de pimenta rosa seca tem potencial para produzir 100kg de óleo, apresentando bom potencial de uso para extração de óleo por prensagem a frio. O rendimento de extração de óleo depende de vários fatores, como pré-tratamento dada ao fruto, técnica de extração e condições de operação aplicada (ROMBAUT et al., 2015). Assim, otimização de processo pode aumentar os rendimentos observados no presente estudo.

A técnica de extração de óleo por prensagem a frio é robusta, baixa sofisticação tecnológica, baixo custo de instalação e manutenção. Por não envolver no processo altas temperaturas ou tratamento químico, a extração por prensagem a frio retém componentes que são benéficos a saúde, tais como antioxidantes naturais, compostos fenólicos e fitoquímicos (RAMADAN, 2020). Por fim, por não utilizar solventes como a extração de óleo por hexano, a prensagem não deixa resíduos nem na natureza e nem no óleo, com isso gera um produto seguro e atendendo as necessidades do consumidor moderno por alimentos naturais e saudáveis (LUTTERODT et al., 2011).

5.5 Capacidade antioxidante *in vitro*

O interesse por alimentos que contém compostos bioativos vem crescendo, devido ao desenvolvimento de várias doenças, como câncer, cardiovasculares e crônicas degenerativa (REIN,et al., 2012; DURÁN et al., 2010; CORONADO et al., 2015). Diante do crescente mercado da produção de pimenta rosa , há necessidade de avaliar seus compostos funcionais e suas concentrações (PAGANI et al.,2014). Por meio de análises finas, como no presente estudo, são analisados os compostos bioativos do fruto da aroeira e do óleo. No presente estudo foi avaliada a capacidade antioxidante por três métodos, da casca, semente e óleo do fruto da aroeira.

Na tabela 3 mostra que não houve diferença significativa entre as duas colheitas, exceto no método FRAP e ABTS, onde os valores na casca foram superiores na 2019. Comparando as sementes com o óleo obtido por prensagem a frio, não houve diferença significativa (Tukey, $p < 0,01$) para nos ensaios antioxidantes. Para o método DPPH-, os valores variaram entre 121,2-205,1 mmol TE/kg (casca), 9,4-11,3 mmol TE/kg (semente) e 23,6-26 mmol TE/kg (óleo). No método ABTS+, os valores foram 158,7-258,5 mmol TE/kg (casca), 20,1-23,5 mmol TE/kg (sementes) e 65,7-67 mmol TE/kg (óleo). No método FRAP, as cascas apresentavam valores de 427,2-632,4 mmol Fe²⁺/kg, sementes 11,2-11,4 mmol Fe²⁺/kg e óleo 10,3-10,4 mmol Fe²⁺/kg. No método Folin-Ciocalteu (FC), na casca apresentaram os valores mais elevados (73076-98221 mg GAE/kg), seguidas pelo óleo (4572-4582 mg GAE/kg) e sementes (2010-2360 mg GAE/kg).

Nos trabalhos realizados por (Andrade, Poncelet & Ferreira, 2017; Rebelatto et al., 2020), analisaram a capacidade antioxidante dos extratos de frutos da pimenta rosa obtidos com solventes orgânicos e fluidos supercríticos, os valores da capacidade antioxidante variaram entre 53,1-564 mmol TE/kg (DPPH-), 51-836 mmol TE/kg (ABTS+), 161,9-877,2 mmol TE/kg (FRAP) e 16000-93800 mg GAE/kg (FC). Os métodos Soxhlet com etanol e extração subcrítica utilizando água (10 MPa a 150 °C) obtiveram os melhores resultados para a recuperação de antioxidantes na pimenta rosa.

De acordo com Vhangani et al. (2013), os métodos de extração de óleo, com altas temperaturas, podem induzir a formação de novas substâncias bioativas, denominadas neoantioxidantes, como por exemplo, por meio de Maillard, caramelização e / ou termooxidação. O que pode ser evitado com o emprego de prensagens a frio.

Em relação ao óleo de pimenta rosa extraído por prensagem a frio mostrou uma elevada capacidade antioxidante quando comparado com outros óleos vegetais obtidos pelo mesmo método, como no trabalho de Grajzer et al. (2020), os óleos de sementes de abóbora, camelina, sementes de rosehip, cardo de leite, nozes e sementes de linhaça mostraram uma atividade de 0,88-3,15 mmol TE/kg (DPPH-). Também, segundo Grajzer et al. (2020), a obtenção de óleos vegetais por prensagem a frio é um processo alternativo que preserva os antioxidantes e a estabilidade química dos óleos.

Diante dos resultados obtidos, percebe-se que há uma diferença entre os valores pelos métodos analisados, que está relacionado aos diferentes mecanismos de ação dos antioxidantes, que justifica o emprego de diversas metodologias a fim de medir diferentes

características do antioxidante (CRAFT et al.,2012). Dessa forma, os ensaios de capacidade antioxidante na casca, óleo apresentaram um alto potencial.

5.7 Quantificação de compostos fenólicos em HPLC.

Os compostos fenólicos possuem propriedades funcionais e promotoras à saúde. As frutas, vegetais, sementes são fontes desses compostos, com isso é necessário metodologias aprimoradas para extração, isolamento, separação, identificação e quantificação, para ter resultados precisos sobre o potencial do material (KAFLAS et al., 2018). Os valores de fenólicos totais encontrados na casca (98221-73076 mg/kg), semente (2360-2010 mg/kg), óleo (4582-4572 mg/kg) estão apresentados na Tabela 3, onde se observa que os teores na casca foram bem superiores ao reportado por Kim et al (2021) , que avaliaram atividade antioxidante nos frutos de pimenta rosa de regiões como Brasil, Índia e Sri Lanka, mencionaram valores variando de 12500-16078 mg/kg. Fatores como clima, material genético interfere no teor de compostos bioativos em frutos, de acordo com Souza et al. (2014). No presente trabalho, 31 compostos fenólicos foram avaliados, sendo que 23 foram identificados e quantificados em HPLC-DAD, na casca, semente e no óleo. Martini et al. (2021), mencionaram a presença 106 compostos fenólicos na pimenta rosa, por tentativa de identificação em HPLC-MS, destacando-se as presenças de biflavonóides e antocianinas.

Dentre os composto quantificados, os maiores valores estiveram presentes nas cascas, com destaque para o ácido gálico, procyanidina B2, kaempferol 3-glucosídeo e catequina. Em relação aos ácidos fenólicos, o ácido gálico apresentou maiores valores na casca (3119 -2829 mg/l) , seguida do óleo (736,2-734,9), e é superior ao reportado por (Kim et al. 2021), que encontraram valores entre (168,15-526,72mg/g) em frutos de aroeira de diferentes regiões (Brasil, Índia e Sri Lanka). O segundo ácido fenólico presente, em termos de quantidade, foi o ácido xarínico, principalmente na casca, com valores de 70,3 e 72,8 mg/kg (colheitas de 2019 e 2020, respectivamente).

Os flavanones naringenina e hesperidina estavam presentes exclusivamente na casca de PP, com valores médios de 15,3 e 15,9 mg/kg para naringenin nas colheitas de 2019 e 2020, respectivamente. Para a hesperidina, os valores foram de 21,5 e 11,07 mg/kg para as colheitas de 2019 e 2020, respectivamente. A presença de naringenia apenas casca, pode ser explicada devido a esta flavanona ser um composto presente nas cascas de pimenta, associado

à biossíntese de antocianinas como a pelargonidina 3-O-glucósido (Liu et al., 2018), que foi uma das antocianinas quantificadas no presente estudo. De acordo com Gloria et al. (2017), o ácido gálico e a naringenina são os dois principais fitoquímicos com potencial farmacológico presentes no fruto da pimenta rosa, e foram responsáveis pela diminuição da pressão sanguínea em ratos Wistar. Os elevados valores de ácido gálico encontrados em PP neste trabalho, principalmente nas cascas, destacam este fruto como uma fonte potencial deste composto bioativo para aplicações na indústria alimentar e farmacêutica

O ácido cafeico (1,7-1,9 mg/kg) e o ácido cumárico ρ (7,2-7,9 mg/kg) estavam presentes em maiores quantidades nas sementes. O ácido clorogénico só estava presente nas sementes (3-3,5 mg/kg) e nos óleos (5-5,2 mg/kg).

Diante de poucos trabalhos de quantificação de antocianinas na pimenta rosa, Martini et al. (2021), encontrou por HPLC/MS², entre eles, é mencionada a presença de pelargonidina-3-O-glucósido, e de Feuereisen (2014,2017) foram mencionadas três antocianinas como sendo as principais em extratos de frutos e cascas de pimenta rosa: pelargonidina 3-O-galactosida, 7-O-metilcianidina 3-O-galactosida e 7-O-metilpelargonidina 3-O-b-D-galactopiranosida, entretanto a identificação em UHPLC-MS² e a elucidação das moléculas em NMR 2D foram realizadas, mas compostos não foram quantificados.

Com isso, a presença peonidina 3-O-glucosida (peonidina 3-O-galactosida) e pelargonidina 3-O-glucosida na pimenta rosa, mostram que os principais pigmentos responsáveis pela cor da fruta são antocianinas e estão presentes exclusivamente nas cascas. De acordo com Liu et al. (2018) a biossíntese das antocianinas na pimenta depende principalmente, da genética do material vegetal e de fatores ambientais que podem estar relacionados com variações no perfil e concentração destes pigmentos.

Os compostos de flavan-3-ols quantificados estavam presentes em casca de pimenta rosa, sementes e óleo (Tabela 3). Entre os flavanóis encontrados, a catequina se destacou, com valores médios de 538-594 mg/kg (casca), 23,4-25,4 mg/kg (semente) e 105,4-103,4 mg/kg (óleo). Na casca foi encontrados outros flavanóis, como; galato de epicatequina com valores de 33,8 e 39,8 mg/kg, nas colheitas de 2019 e 2020. No óleo também foi encontrado flavanóis, destacando-se galato de epigallocatequina, aproximadamente 8 mg/kg, sendo o segundo composto presente em termos de quantidade. Nos estudos de Kim et al. (2021) são relatados valores de catequina que variaram entre 382,6 e 859,1 mg/kg na pimenta rosa do Sri Lanka e do Brasil, e estão próximos ao encontrados no presente estudo.

Em relação às proantocianidinas, as maiores quantidades foram obtidas para a procianidina B2, com valores elevados na casca (720,9 e 759,9 mg/kg) nas duas colheitas, seguidas pelo óleo com 14,3 e 14,7 mg/kg nas colheitas de 2019 e 2020, respectivamente. A casca e o óleo de pimenta também apresentaram procianidinas A2 e B1 em quantidades menores, porém a quantidade de procianidina A2 foi superior.

Na casca e na semente o flavanol que se destacou foi o 3-glucósido de kaempferol que variou de 166,4-7,8 mg/kg na colheita de 2019. Na safra de 2020, os valores de 3-glucósido de kaempferol foram de 184 e 8,9 mg/kg na casca e sementes, respectivamente. No óleo, o flavanol presente em maior quantidade foi o 3-glucósido de quercetina com valores de 4,3 e 4,0 mg/kg nas colheitas de 2019 e 2020, respectivamente.

O 3-glucósido de quercetina estava presente em altas concentrações na casca, e em valores inferiores nas sementes. A rutina apresentou na casca, óleo e semente respectivamente, e a miricetina e isorhamnetina apenas na casca. O fator de colheita não diferenciou estatisticamente os flavonóis (Tukey, $p < 0,01$), e em geral nas cascas apresentavam os valores mais elevados para todos os compostos analisados. Em relação ao óleo da pimenta rosa os valores de quercetina 3-glucósido e kaempferol 3-glucósido, no presente estudo, são aproximadamente o dobro dos obtidos por Xuan et al. (2018) para outros óleos vegetais tais como canola, semente de uva, chia, abacate, semente de girassol e farelo de arroz.

A presença de flavonóides é um fator positivo para a qualidade do óleo de pimenta rosa, uma vez que estes compostos estão relacionados com a estabilidade ao aquecimento e associados à capacidade antioxidante dos óleos vegetais (Iosif et al., 2016; Xuan et al., 2018; Grajzer et al., 2020). De acordo com Grajzer et al. (2020), a obtenção de óleos por prensagem a frio é uma estratégia para melhorar a estabilidade oxidativa dos óleos.

Os ácidos fenólicos estão entre as principais classes de compostos fenólicos quantificados em óleos vegetais (Xuan et al., 2018), e estão associados à estabilidade química e antioxidante durante o aquecimento (Iosif et al., 2016). Os valores de ácido clorogénico no óleo obtido por prensagem a frio da pimenta rosa foram inferiores aos analisados em outros óleos vegetais, como as sementes de algodão (40 ± 13 mg/L), linhaça (79 ± 23 mg/L) e perila (62 ± 27 mg/L). E nos óleos de sementes de girassol, canola e açafoa, são mencionados valores de ácido cumárico p que variam entre 5 e 42 mg/L (Xuan et al., 2018).

Com teor significativo de ácido gálico, procyanidina B2, kaempferol 3-glucosídeo, catequina, a casca e o óleo podem ser fonte de compostos bioativos, pois estas substâncias são

reportou como: antioxidantes (WANG et al., 2019; LAI et al., 2018), antimicrobianos (WANG et al., 2019), anticâncer (ROSMAN et al., 2018), antiinflamatórios (BENSAAD et al., 2017), gastroprotetores (PANDURANGAN et al., 2015), cardioprotetores (EL-HUSSAIN et al., 2016); neuroprotetores (STRATHEARN et al., 2015; SUN et al., 2017) e metabólicas atividades de prevenção de doenças (ABDEL-MONEIM et al., 2018), indicando que a pimenta rosa é um nutraceutico promissor.

Cromatogramas típicos das análises dos compostos fenólicos em HPLC, frações casca, semente e óleo da pimenta rosa, estão apresentados nas figuras 9, 10 e 11.

Figura 9- Cromatograma HPLC-DAD dos compostos fenólicos da casca da pimenta rosa.

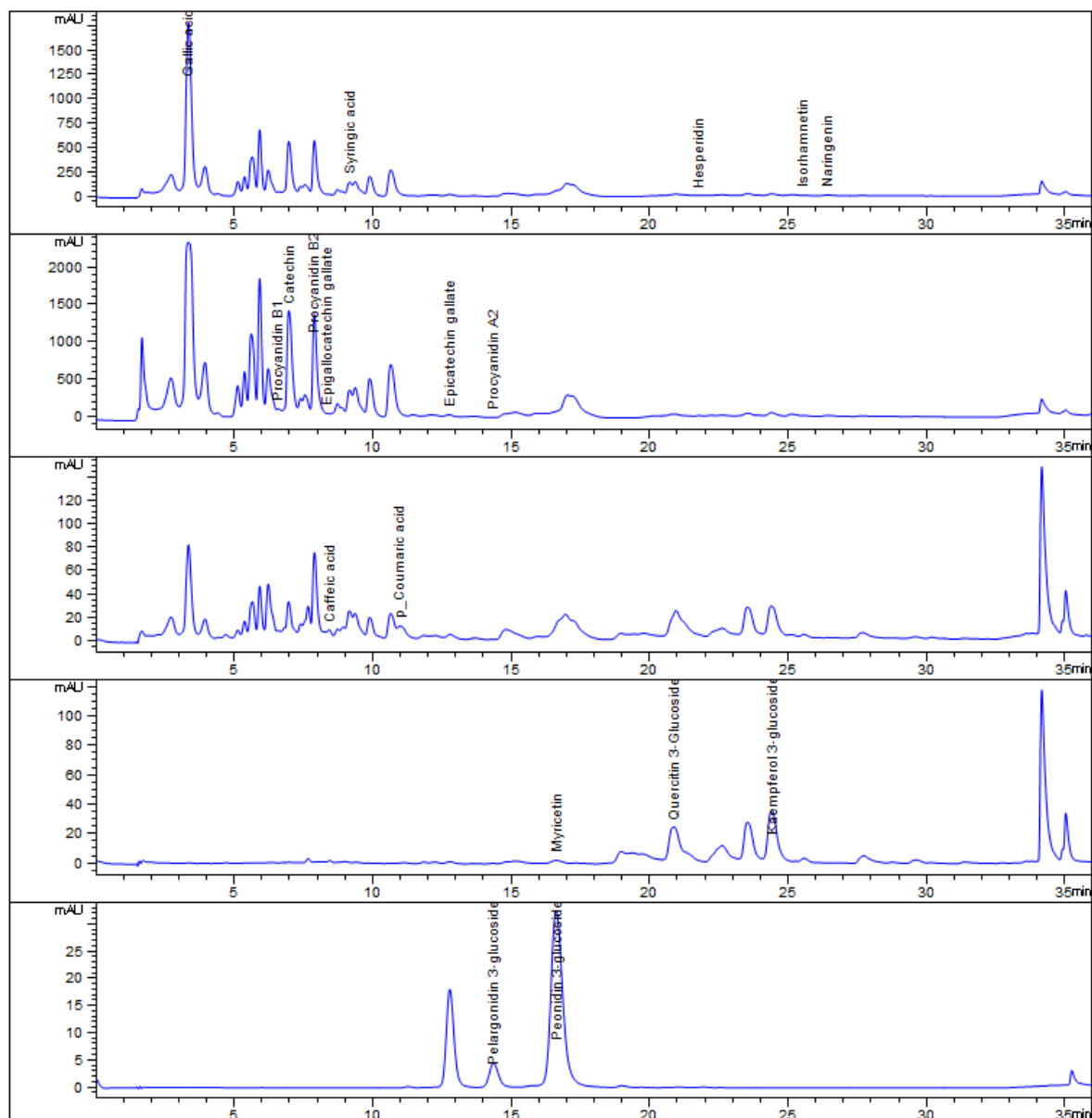


Figura 10- Cromatograma HPLC-DAD dos compostos fenólicos da semente da pimenta rosa

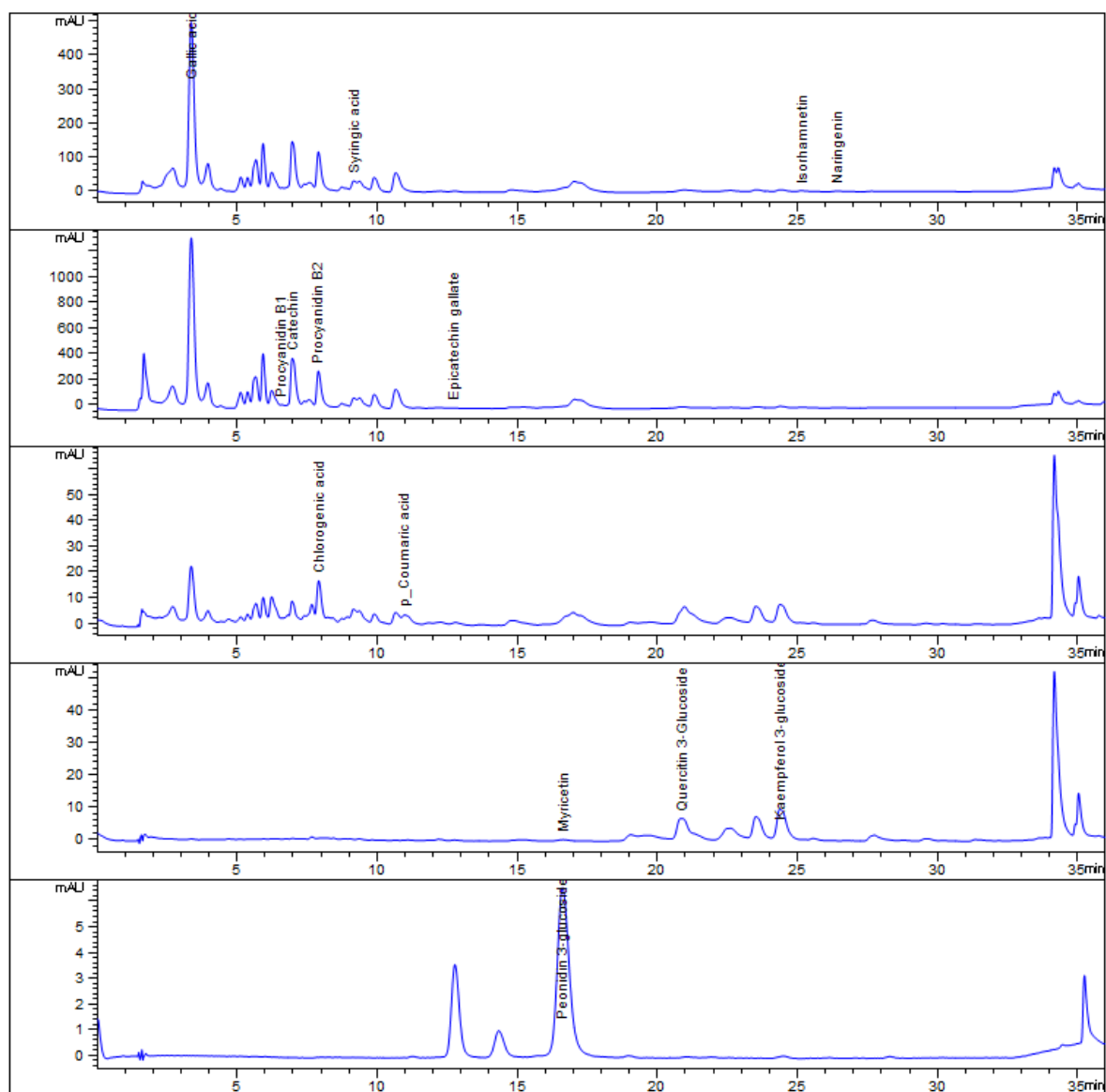


Figura 11- Cromatograma HPLC-DAD dos compostos fenólicos do óleo da pimenta rosa.

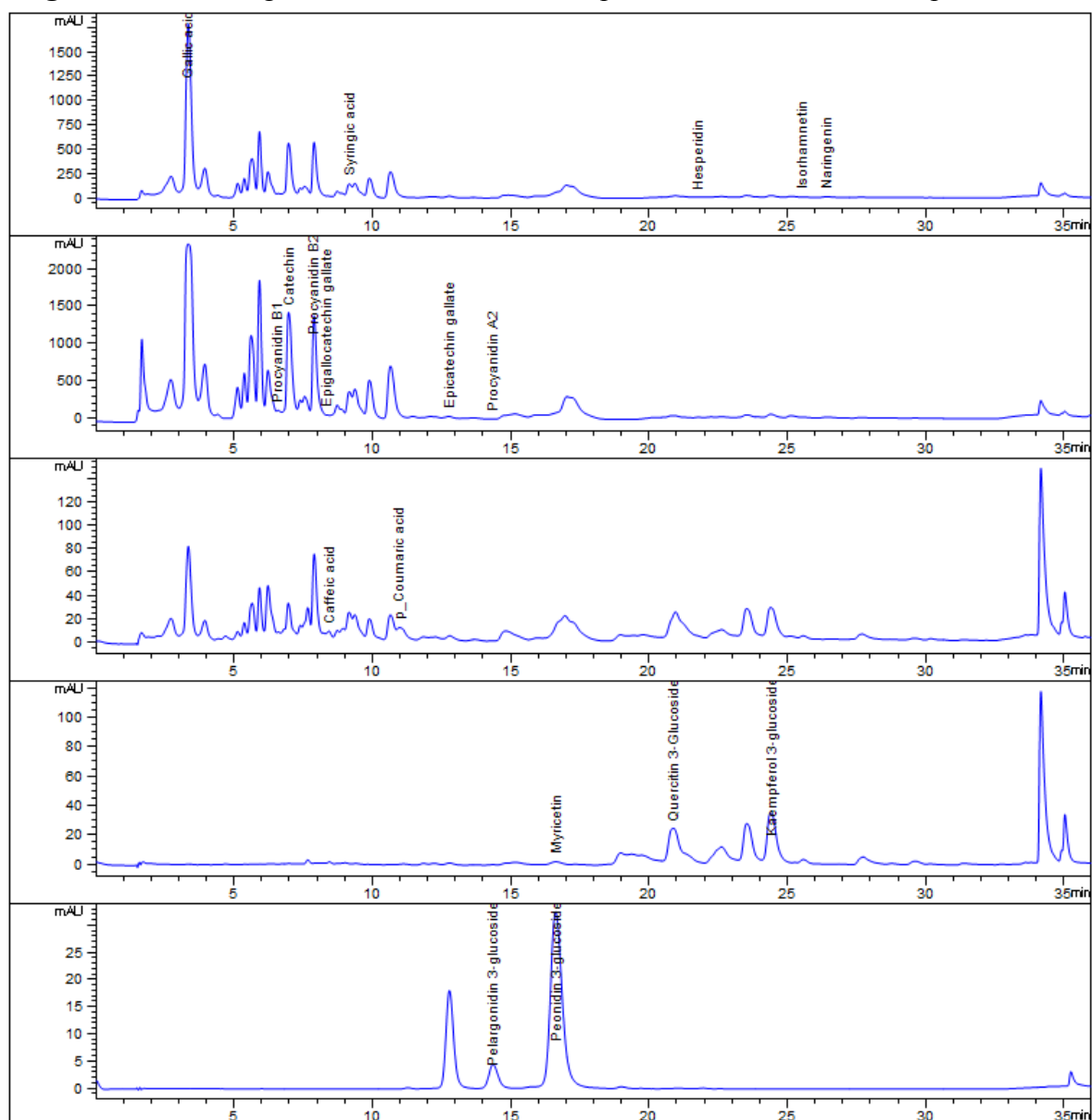


Tabela 3 - Compostos fenólicos quantificados em HPLC-DAD nas cascas, sementes e óleo da pimenta rosa obtido por prensagem a frio.

Phenolic compounds mg kg ⁻¹ / harvest	Skin		Seed		Oil	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
<i>Anthocyanins</i>						
Pelargonidin 3-glucoside	20.2 ± 0.3	17.8 ± 0.6	ND	ND	ND	ND
Petunidin 3-glucoside	58.6 ± 1.2	55.3 ± 1.1	ND	ND	ND	ND
<i>Flavanols</i>						
Catechin	538 ± 2.1 ^a	594 ± 0.7 ^a	23.4 ± 0.3 ^c	25.4 ± 0.8 ^c	105.4 ± 1.9 ^b	103.4 ± 2.5 ^b
Epicatechin	ND	ND	ND	ND	1.2 ± 0.1	1.1 ± 0.1
Epigallocatechin gallate	2.6 ± 0.1 ^b	3.0 ± 0.3 ^b	2.9 ± 0.2 ^b	2.4 ± 0.3 ^b	8.1 ± 0.04 ^a	7.9 ± 0.2 ^a
Epicatechin gallate	33.8 ± 1.4 ^a	39.8 ± 1.2 ^a	1.6 ± 0.1 ^b	1.7 ± 0.1 ^b	ND	ND
Procyanidin B1	5.3 ± 0.5 ^a	5.9 ± 0.4 ^a	ND	ND	2.9 ± 0.1 ^b	3.0 ± 0.1 ^b
Procyanidin B2	720.9 ± 6.7 ^a	759.9 ± 4.3 ^a	4.3 ± 0.4 ^b	5.1 ± 0.2 ^b	14.7 ± 0.2 ^b	14.3 ± 0.3 ^b
Procyanidin A2	3.5 ± 0.2 ^b	3.6 ± 0.1 ^b	ND	ND	19.8 ± 0.2 ^a	19 ± 0.1 ^a
<i>Flavonols</i>						
Isorhamnetin	9.8 ± 0.4	16.7 ± 0.4	ND	ND	ND	ND
Myricetin	31 ± 0.6	28.8 ± 0.8	ND	ND	ND	ND
Quercetin 3-glucoside	53.4 ± 1.18 ^a	61.8 ± 1.7 ^a	2.6 ± 0.2 ^b	3.5 ± 0.1 ^b	4.3 ± 0.1 ^b	4.0 ± 0.1 ^b
Rutin	14.4 ± 1.2 ^a	13.3 ± 0.7 ^a	0.8 ± 0.01 ^b	0.9 ± 0.01 ^b	1.1 ± 0.1 ^b	0.9 ± 0.1 ^b
Kaempferol 3-glucoside	166.4 ± 1.1 ^a	184 ± 0.9 ^a	7.8 ± 0.4 ^b	8.9 ± 0.5 ^b	2.4 ± 0.4 ^b	2.0 ± 0.01 ^b
<i>Flavanones</i>						
Naringenin	15.3 ± 0.8	15.9 ± 0.7	ND	ND	ND	ND
Hesperidin	21.5 ± 0.4	11.07 ± 0.52	ND	ND	ND	ND
<i>Phenolic acids</i>						
Gallic acid	2829.4 ± 4.3 ^a	3119.1 ± 2.3 ^a	177.1 ± 1 ^c	167.3 ± 0.9 ^c	734.9 ± 1.1 ^b	736.2 ± 1.9 ^b
Caffeic acid	1.9 ± 0.1 ^a	1.7 ± 0.3 ^a	0.6 ± 0.1 ^b	0.7 ± 0.1 ^b	ND	ND
p-Coumaric acid	7.2 ± 0.5 ^a	7.9 ± 0.6 ^a	ND	ND	1.3 ± 0.1 ^b	1.4 ± 0.1 ^b
Syringic acid	70.3 ± 1.5 ^a	72.8 ± 0.2 ^a	1.8 ± 0.1 ^b	1.3 ± 0.1 ^b	0.6 ± 0.01 ^b	0.6 ± 0.02 ^b
Chlorogenic acid	ND	ND	3.0 ± 0.2 ^b	3.5 ± 0.1 ^b	5.0 ± 0.1 ^a	5.2 ± 0.2 ^a
<i>Total Phenolics quantified</i>	4645 ± 235 ^a	5067 ± 439 ^a	227 ± 10 ^c	221 ± 6 ^c	1003 ± 9 ^b	920 ± 73 ^b
<i>Antioxidant capacity</i>						
DPPH mM TE/kg	205.1 ± 5 ^a	121.2 ± 4 ^b	11.3 ± 0.4 ^c	9.4 ± 1 ^c	26 ± 1.2 ^c	23.6 ± 1.7 ^c
ABTS mM TE/kg	258.5 ± 0.3 ^a	158.7 ± 0.3 ^b	23.5 ± 1.3 ^c	20.1 ± 2.7 ^c	65.7 ± 1.5 ^c	67 ± 0.6 ^c
FRAP mM Fe ²⁺ /kg	632.4 ± 45 ^a	427.2 ± 54 ^b	11.2 ± 0.3 ^c	11.4 ± 0.6 ^c	10.4 ± 0.3 ^c	10.3 ± 0.1 ^c
Folin-Ciocalteu mg GAE/kg	98221 ± 5000 ^a	73076 ± 7000 ^b	2360 ± 60 ^c	2010 ± 61 ^c	4582 ± 243 ^c	4572 ± 240 ^c

Valores representados pela média e desvio padrão (n=3). Capacidades antioxidantes DPPH = 2,2-difenil-1-picrilhidrazil, ABTS = ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico, FRAP = Poder quelante do ferro, e Folin-Ciocalteu = poder redutor do reagente Folin-Ciocalteu equivalente ao ácido gálico. Médias seguidas de letras iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para diferenciação das frações do fruto, uma análise multivariada de análise de componentes principais (ACP) foi utilizada (Figura 12). A ACP foi aplicada para melhorar o entendimento das relações das variáveis da pimenta rosa. Os resultados mostraram diferenças visíveis entre a casca, semente e óleo do fruto da aroeira. Os componentes principais (CP) explicaram 98% da variância do experimento (CP=79% e CP2=19%). A CP1 > 0, com maior peso de variância explicada, separou a casca das demais frações, pelos maiores valores de ácidos fenólicos, flavonóis, flavanóis e antocianinas, bem como maior capacidade antioxidante por DPPH, ABTS e FRAP. A CP2 < 0 separou o óleo como sendo uma fração mais rica que a semente em relação a procianidina A2, ácido clorogênico, epigallocatequina galato e epicatequina, quando comparado as sementes.

O potencial bioativo e antioxidante das frações analisadas na pimenta rosa pele> óleo> semente. Em geral, os resultados obtidos em PCA corroboraram os obtidos pelo teste de Tukey ($p < 0,01$), contudo, PCA apresentou um maior poder de diferenciação das amostras sobre o perfil fenólico e a capacidade antioxidante, corroborando o que foi descrito por Lima et al. (2021).

5.8 Digestão *in vitro* na casca da pimenta rosa

Apesar de diversos estudos da composição química da PP estarem associados ao seu potencial consumo como alimento nutracêutico, um fator pouco abordado é que para se fornecer benefícios à saúde os compostos de interesse na PP (a exemplo os compostos fenólicos) devem ter a capacidade de serem liberados após a ingestão, se tornando bioacessíveis no trato gastrointestinal. Para isso, diversos modelos de digestão *in vitro* têm sido utilizados na ciência de alimentos (MINEKUS et al., 2014); mas os modelos que simulam a mobilidade de compostos através da barreira intestinal são mais adequados para se determinar substâncias bioacessíveis (DANTAS et al., 2019).

A casca apresentou os maiores valores de compostos fenólicos e capacidade antioxidante, por isso, foi escolhida como fração a ser submetida a simulação da digestão *in vitro*. A influência da digestão gastrointestinal sobre os compostos fenólicos encontrados na casca do fruto da aroeira foi avaliada, e os resultados apresentados na Tabela 5.

No presente estudo os flavonoides como: hesperidina (23352%), naringenin (273,1%), rutina (120%), kaempferol 3 glucosídeo (31%), quercetina 3 glucosídeo (50,1%), catequina (84%), miricetina (55%), procianidina B1(40%) estão entre os fenólicos com maior bioacessibilidade (Tabela 4). De acordo com Lucas-Gonzales et al. (2016), os flavanóis e flavonóis podem se ligar a proteínas ou fibras na matriz, através de ligações covalentes, interações hidrofóbicas ou ligações de hidrogênio. E diante das mudanças que ocorrem durante a exposição ao estômago e intestino condições (pH e enzimas) podem aumentar ou diminuir a solubilidade de esses compostos, impactando assim sua bioacessibilidade.

Em relação as flavanonas, a naringenin e hesperidina foram os compostos fenólicos encontrados na casca da pimenta rosa com maior bioacessibilidade com 273% e 23352%, respectivamente. A elevada bioacessibilidade das flavanonas também foi relatada por Peña-Vázquez et al. (2022) em laranjas doces: naringenin-7-O-rutinoside (97%), naringenin-6,8-di-C-glucoside (92%), naringenin-7-O-rutinoside-4'-O-Glucoside (84%), hesperetin-7-O-rutinoside (81%) e naringenin-7-O-neohesperidoside (61%).

Tabela 4- Bioacessibilidade de compostos fenólicos no extrato etanólico da casca de pimenta rosa.

Phenolic compounds	Skin	Gastric phase	Intestinal phase	Dialyzed fraction	Bioaccessibility (%)
<i>Anthocyanins</i>					
Pelargonidin 3-glucoside	18.6 ± 1	14 ± 0,3	ND	ND	ND
Petunidin 3-glucoside	56 ± 2	29.4 ± 0.6	ND	ND	ND
<i>Flavanols</i>					
Catechin	653 ± 47	756 ± 12	406 ± 6	526 ± 12	84 ± 0.6
Epicatechin	ND	ND	ND	ND	ND
Epicatechin gallate	26 ± 4	15.7 ± 1.2	ND	ND	ND
Epigallocatechin	29.9 ± 3.2	15.6 ± 0.1	ND	ND	ND
Procyanidin B1	54 ± 0.6	45.6 ± 0.8	11.2 ± 0.1	21.6 ± 0.9	40 ± 1.5
Procyanidin B2	750 ± 7	1097 ± 6	135 ± 10	41.6 ± 8.2	5.5 ± 0.1
Procyanidin A2	41.3 ± 0.5	27.9 ± 1.8	ND	ND	ND
<i>Flavanols</i>					
Isorhamnetin	11.9 ± 1	ND	ND	ND	ND
Myricetin	31.4 ± 0.8	21.2 ± 6	34.8 ± 6	15.4 ± 1.5	55.1 ± 1.2
Quercetin 3-glucoside	52.7 ± 6	8.6 ± 0.4	13.1 ± 1.4	26.4 ± 0.6	50.1 ± 1.4
Rutin	14.7 ± 2	4.4 ± 0.2	8.3 ± 1	17.8 ± 0.9	120.1 ± 1.6
Kaempferol 3-glucoside	181 ± 6	171 ± 5.4	57.6 ± 3	56 ± 1.4	31 ± 0.8
<i>Flavanones</i>					
Naringenin	16.4 ± 0.9	19 ± 0.4	35.2 ± 1.2	44.8 ± 3	273.1 ± 4
Hesperidin	11.3 ± 0.8	42.2 ± 1.5	5194 ± 38	2709 ± 15	23352 ± 255
<i>Phenolic acids</i>					
Gallic acid	2969 ± 13	4522 ± 5	76 ± 2	76.1 ± 1	2.56 ± 0.2
Caffeic acid	0.26 ± 0.01	0.58 ± 0.04	ND	ND	ND
p-Coumaric acid	7.9 ± 0.5	ND	ND	ND	ND
Syringic acid	74.3 ± 1.8	76.2 ± 3.4	ND	ND	ND
Chlorogenic acid	20 ± 0.8	6.6 ± 0.5	15.2 ± 0.6	ND	ND

* Valores expressos em mg 100 g 1 peso seco. ND – não detectado ou <LD. Dados apresentados com Média ± Desvio padrão.

Para os ácidos fenólicos, o ácido gálico apresentou um teor de extrato elevado, porém após a exposição a condições que simulam a digestão gastrointestinal, percebe-se uma redução significativa no conteúdo, diminuindo a sua biodisponibilidade. Segundo Liu et al.(2013), os compostos fenólicos são suscetíveis à alteração do pH, um tratamento leve com

alcalino favorece a liberação de ácidos fenólicos da estrutura complexa da qual fazem parte, entretanto um tratamento alcalino mais severo pode leva à degradação induzida.

As flavanonas são precursores de flavonóides importantes em vegetais e a sua síntese ocorre através da reação dos aminoácidos fenil alanina ou tirosina, com ácidos fenólicos como o cafeico, *p*-coumaric e outros, por ação enzimática, resultando em flavanonas como naringenin e hesperidina (Fowler & Koffas, 2009; Kallscheuer et al., 2017). Este fato poderia explicar a baixa bioacessibilidade dos ácidos fenólicos, e os altos valores obtidos para a hesperidina e naringenin, que tiveram o seu conteúdo aumentado durante a digestão da casca da pimenta rosa.

6.CONCLUSÃO

O fruto da aroeira apresentou bom potencial de uso para extração de óleo por prensagem a frio. Os óleos extraídos apresentaram potencial antioxidante, entretanto a casca do fruto da aroeira apresentou ter o a maior quantidade de compostos fenólicos com atividades antioxidante, comparado com óleo e a semente. O estudo de bioacessibilidade da casca demonstrou que os principais fenólicos absorvíveis pela barreira intestinal foram a hesperinida, naringenina, rutina e catequina, com valores >80%.

De um modo geral, o presente estudo indicou que a obtenção do óleo do fruto da aroeira, assim como a casca, é uma boa alternativa para gerar um produto de alto valor agregado, uma vez que o óleo e a casca apresentam alto potencial antioxidante e compostos fenólicos, apresentando bons parâmetros nutricionais, tecnológicos.

7.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABDEL-MONEIM,A., ABD EL-TWAB ,S.M., YOUSEF, A.I., REHEIM ,E.S.A.,ASHOUR, M.B. Modulation of hyperglycemia and dyslipidemia in experimental type 2 diabetes by gallic acid and p-coumaric acid: the role of adipocytokines and PPAR gamma. **Biomed Pharmacother**,v.105,p.1091-1097,2018. Doi: 10.1016/j.biopha.2018.06.096

ADIO A.M. Germacrenes AeE and related compounds: thermal, photochemical and acid induced transannular cyclizations. **Tetrahedron**,v. 65, p.1533-1552,2009.. DOI:10.1016/j.tet.2008.11.050.

AHMAD,S;ADEEL,M.A.;IJAZ,S.;KHURSHID,U.;RASHID,F.;AZAM,R.Review on methods used to determine Antioxidant activity. **International Journal of Multidisciplinary**,v.1.p.41-46,2014.

ALVAREZ-PARRILA,E ., DE LA ROSA,L.A.,AMAROWICZ,R,&SHAHIDI,F.Protective effect of fresh and processed Jalapeño and Serrano peppers against food lipid and human LDL cholesterol oxidation. **Food Chemistry**, v.133. (3), p.827-834, 2012. DOI: [//doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.100](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.100).

AMAROWICZ, R,KARAMAC M,SHAHIDI,F. Antioxidant activity of phenolic fractions of lentil (*Lens culinaris*). **Journal of Food Lipids**., v.27,p.109-117,2009.

Official Methods of analysis, 14th edition, Washington D.C. **Association of Official Analytical Chemists**,10,p.1-10,2003.

ANDRADE,K.S.,PONCELET,D.,FERREIRA,S.R.S., Sustainable extraction and encapsulation of pink pepper oil. **Journal of Food Engineering**.v.204,p38-45,2017. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.020>.

ANTONIASI, R. Árvore do Conhecimento Tecnologia de Alimentos: Prensagem em pequena escala. Ageitec, 2019.

ARATHI, B.P., RAGHAVENDRA-RAO SOWMYA.P., VIJAV, K., BASKARAM.V., LAKSHMINARAYANA, R. Metabolomics of carotenoids: The challenges and prospects—A review. **Trends Food Sci. Technol.** v.45, p105–117, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.003>

ARAÚJO, Wilma M.C. et al., Alquimia dos alimentos. Brasília: SENAC. v. 3, n. 1, p 231-241, 2014.

ARGON, Z.U.; CELENK, V.U., Z.P.G. Cold pressed grape (*Vitis vinifera*) seed oil. Elsevier. **Cold Pressed Oils**. Cap 5. p. 39-52. 2020

BAIL, S., STUEBINGER, G., UNTERWEGER, H., BUCHBAUER, G. Characterization of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v.108, n.3, p. 112-1132, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.063>.

BENDAOUD, H., ROMDHANE, M., SOUCHARD, J.P., CAZAUUX, S., BOUAIJILA, J., Chemical composition and anticancer and antioxidant activities of Schinus Molle L. and Schinus Terebinthifolius raddi berries essential oils **Journal Food Science**, v.75, p. 466-472, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01711.x>

BERTRAND, B.; BOULANGER, R.; DUSSERT, S.; RIBEYRE, F.; BERTHIOT, F.; DESCROIX, T. Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. **Food Chemistry**, v.135, n.4, p.2575–2583, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.060>

BIRCH, A.E., FENNER, G.P.; WATKINS, R.; BOYD, L.C. Antioxidant proprieties of evening primrose seed extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Chicago, v.49, p. 4502-4507, 2001. doi:10.1021/jf010542f

BERNARDES,N.R.,GLÓRIA,L.L.,NUNES,C.R.,PESSANHA,F.F.,M,M.F.,O,D.B.

Quantification of the levels of tannins and total phenols and evaluation of the antioxidant activity of fruits of pepper tree. **Vértices**.v.13.p.117-128.2011.

BENSAAD,L.A.,KIM ,K.H., QUAH, C.C., KIM, W.R., SHAHIMI ,M. Antiinflammatory potential of ellagic acid, gallic acid and punicalagin A&B isolated from *Punica granatum*. **BMC Complementary and Alternative Medicine**. 2017. doi:10.1186/s12906-017-1555-0.

BEZERRA, J.; WELLEY, M. Projeto agrega valor e leva desenvolvimento para a Região do Baixo São Francisco,2017.

BRAGA, F.G. et al. Antileishmanial and antifungal activity of plants used in traditional medicine in Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v.111, p.396-402, 2007. Doi: 10.1016/j.jep.2006.12.006.

BRENNAN, J. G.; BUTTERS, J. R.; COWELL, N. D.; LILLEY, A. E. V. Food engineering operations. Linton Road, England: Elsevier Applied Science, 1990.

BRODKORB, A.; EGGER, L.; ALMINGER, M.; ALVITO, P.; ASSUNÇÃO, R.; BALLANCE, S.; BOHN, T.; BOURLIEU-LACANAL, C.; BOUTROU, R.; CARRIÈRE, F.,NFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. **Nature Protocols**,n.14.p.991–1014.2019.doi: 10.1038/s41596-018-0119-1

BHATTACHARYYA,A.; CHATTOPADHYAY, R.;MITRA, S.; CROWE, S.E.; *Physiol Rev*.94, 329,2014.

CASTELO-BRANCO VN,TORRES AG Potential application of antioxidant capacity assays to assess the quality of edible vegetable oils. **Lipid Technology**,v.21,n.7.:p.152-5,2009. doi: 10.1002/lite.200900035

CERUKS, C. H. et al. 2007. **Constituintes Fenólicos Polares de Schinus terebinthifolius RADDI (ANACARDIACEAE)**. Quimica Nova, v. 30, n. 3, p.597-599,2007.

Codex de Alimentos Turco com nome da planta :Comunicado sobre óleos._Do Ministério da Alimentação, Agricultura e Pecuária.N.28262,2012

CORONADO,M.,VEGA-LEON,S.,GUTIERREZ,R.,VASQUEZ,M.,RADILLA. C.
Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. **Revista. Chilena. Nutricion**.v.42
p.206–212.2015.doi://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014

COPORASO,N.,GENOVESE,A.,CANELA,M.D.,CIVITELLA,A.;SACCHI,R.Análise
química de café napolitano em comparação com café expresso, moka e cervejas
americanas.**Food Research International**.61, p.152–160,2014.doi:
//doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.020

CHAIYASIT W., ELIAS, RJ, McCLEMENTS,D.J., DECKER,E.A .Role of physical
structures in bulk oils on lipid oxidation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**,v.
47:p.299-317,2007. doi:10.1080/10408390600754248

CHINAZZO,I,R.**Influencia da cultivar e do tipo de agricultura na concentração dos
compostos antioxidantes em óleos de semente de uva**.2010.50f.Trabalho de Conclusão (
Engenharia de Alimentos)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul,Porto Alegre-RS,
Brasil,2010.

CHOE,E., MIN,D.B.. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. **Comprehensive
Reviews In Food Science And Food Safet** ,v.5,2006.://doi.org/10.1111/j.1541-
4337.2006.00009.x

D’ALESSANDRO, E. B.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Concepts and studies on lipid and
pigments of microalgae: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p.
832–841, 2016.

DAI, J., MUMPER, R.J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and
anticancer properties. **Molecules**,v.15, 7313–7352.2010.doi:10.3390/molecules15107313

DAMIANI,C.et al.,Volatile compounds profile of fresh-cut fruit stored under diferente
temperatures.**Ciência Tecnologia.Alimentos**,Campinas,v.29,n.2,p.435-439 abr-jun,2009.

DEGÁSPARI, C. H., WASZCZYNSKYJ, N., PRADO, M. R. M. Atividade antimicrobiana
de Schinus terebinthifolius Raddi. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29,n.3, p.617–622, 2005.

DOAN, C. D., PATEL, A. R.,TAVEMIER , I., DE CLERCQ , N., VAN RAENDONCKV,
VAN DE WALLE. D;DEWETTINCK, K. The feasibilityof wax-based oleogel as a potential

co-structurant with palmoil in low-saturated fat confectionery fillings. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.118, n.12, p.1903–1914, 2016. doi: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500172>.

DOURADO, Massako Takahashi. **Óleos essenciais e oleoresina da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi): propriedades químicas e biológicas**. 2012. 121 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, UFPel, Pelotas, 2012.

DUTRA, M.C.P., VIANA, A.C., PEREIRA, G.E., NASSUR, R.C.M.R., LIMA, M.S. Whole, concentrated and reconstituted grape juice: Impact of processes on phenolic composition, “foxy” aromas, organic acids, sugars and antioxidant capacity. **Journal Foods Chemistry**. v.343. 2021.: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128399>

DURAN, R., VALENZUELA, A. La experiencia japonesa con los alimentos foshu: Los verdaderos alimentos funcionales. **Revista Chilena. Nutricion**, v.37: p.224–233. 2010. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182010000200012>

EL-HUSSAINY, E.M.A., HUSSEIN, A.M., ABDEL-AZIZ, A., EL-MEHASSEB, I. Effects of aluminum oxide (Al₂O₃) nanoparticles on ECG, myocardial inflammatory cytokines, redox state, and connexin 43 and lipid profile in rats: possible cardioprotective effect of gallic acid. *Can J Physiol Pharm* (2016).

EMBUSCADO, M.E. Spices and herbs: Natural sources of antioxidants - A mini review, *J. Funct. Foods*. v.18. p. 811–819. 2015.

FAVATI, F., CAPORALE, G., BERTUCCIOLLI, M. Grasas y Aceites. v.45. p.68-70. 1994.

FEUEREISEN, M. M., et al. A. Characterization of phenolic compounds in Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) exocarp. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 62(26), p.6219–6226, 2014.

FOGLIANO, V; RITIENI, A; MONTI-SM; GALLO, M; DELLA-MEDAGLIA, D; AMBROSINO, ML; SACCH, R. Antioxidant activity of virgin olive oil phenolic compounds in a micellar system. **Journal. Science Food Agriculture.**, 79, p.1803–1808, 199. [//doi.org/10.1002/\(SICI\)10970010\(199910\)79:13<1803::AIDJSFA439>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)10970010(199910)79:13<1803::AIDJSFA439>3.0.CO;2-B)

FOWLWE,Z.L;KOFFAS,M.A. Biosynthesis and biotechnological production of flavanones: current state and perspectives. **Applied Microbiology and Biotechnology**.v,83,p.799–808.2009. 10.1007/s00253-009-2039-z

GOMES, L. J.; GOMES, M. A.O. Extrativismo e biodiversidade: o caso da fava d'anta. **Revista Ciência Hoje**. Rio de Janeiro: SBPC. v.27, n. 161, p.66-69. 2000.

GONZÁLEZ-ARIAS, C., MARÍN, S., SANCHIS, V., RAMOS, A.. Mycotoxin bioaccessibility/absorption assessment using in vitro digestion models: a review. **World Mycotoxin Journal**, v.6,n.2,p-167-184.2013. //doi.org/10.3920/WMJ2012.1521.

GOULA, AM, VERVERI M.;ADAMOPOULOU.A.;KADERIDES,K. 2017. Extração verde de carotenóides assistida por ultrassom a partir de resíduos de romã usando óleos vegetais,. **Sonochemistry**. 34, p.821–83,2016.. //doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.07.022.

GUERRA, A., ETIENNE-MESMIN, L., LIVRELLI, V., DENIS, S., BLANQUET-DIOT, S., ALRIC, M. Relevance and challenges in modeling human gastric and small intestinal digestion. **Trends In Biotechnology**,v.30,n.11,p.591-600.2012. .10.1016/j.tibtech.2012.08.001

GUITIÉRREZ-ROSALES,F.No *Manual de sabores de frutas e vegetais*;Hui, YH, ed .;John Wiley & Sons: Nova Jersey, EUA.cap.10,2010.

GRGIĆ, J.; ŠELO, G.; PLANINIĆ, M.; TIŠMA, M.; BUCIĆ-KOJIĆ, A. Role of the Encapsulation in Bioavailability of Phenolic Compounds. **Antioxidants**.n.9,p. 923.2020. 10.3390/antiox9100923.

GRAJZER, M., SZMALCEL, K., KUŹMIŃSKI, Ł., WITKOWSKI, M, KULMA, A., & PRESCHA, A.. Characteristics and Antioxidant Potential of Cold-Pressed Oils—**Possible 612 Strategies to Improve Oil Stability**. **Foods**, 9, 1630.2020 DOI:10.3390/foods9111630

LIMA, M.d.S., FERREIRA, E.T.J., DE SOUZA, M.E.A.O, PEREIRA, G.E., & FEDRIGO, Artificial neural network: a powerful tool in associating phenolic 641 compounds with antioxidant activity of grape juices. **Food Analytical Methods**. 642 .2021 <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02144-8>

LIU, B., LI, W., HU, L., ZHAO, L. Mild alkaline hydrolysis is an efficient and low-cost method for improving the free phenolic content and health benefit of pomegranate peel extract. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.37,n5,.p.694-70,2013. 10.3390/antiox9100923

LORENZI, H.MATOS, F. J. A. Plantas Medicinais No Brasil: Nativas e Exóticas ´, **Instituto Plantarum de Estudos da Flora**, Nova Odessa, Brazil, 2002.

LORENZI, H. e MATOS, F.J.A. - Plantas Medicinais no Brasil. 2ª edição. **Instituto Plantarum**, Nova Odessa.2008.

LUTTERODT, H.; SLAVIN, M.; WHENT, M.; TURNER, E.; YU, L. Fatty acid composition, oxidative stability, antioxidant and antiproliferative properties of selected cold-pressed grape seed oils and flours. **Food Chemistry**, v. 128, n. 2, p. 391–399, 2011. /doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.040

IBF Instituto Brasileiro de Florestas, Aroeira pimenteira destaca-se entre as sementes mais vendidas.2010.

INCAPER, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Boas práticas de cultivo e colheita de pimenta-rosa são tema de pesquisa do Incaper. 2016.

IONESU, M., VLADUT, V.,UNGUREANU,N., DINCA, M., ZABAVA, B. S.;STEFANS, M., Methods for Obtaining Oil from Oily Materials, Annals of the University of Craiova–**Agriculture, Montanology**, Cadastre Series, v.46,n.2, p. 411–417,2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: IAL, 2005

INSTITUTO ECOENGENHO. Caderno Técnico.: Síntese do Projeto Aroeira.. Maceió: ECOENGENHO,2011.

JORGE, L.I.F.; MARKMANN, B.E.O. Exame químico e microscópico de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira). **Revista Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, 17, p. 139-145, 1996.

KAFLAS,N.E.,KOSAR,M.B.,OZ,T.L.,MITCHEL,A.E. Advanced Analytical Methods for Phenolics in Fruits. **Journal of Food Quality**,v.6.2018. //doi.org/10.1155/2018/3836064

KALLSCHEUER, N., VOGT, M., BOTT, M., MARIENHAGEN, J.Functional expression of 628 plant-derived O-methyltransferase, flavanone 3-hydroxylase, and flavonol 629 synthase

in *Corynebacterium glutamicum* for production of pterostilbene, 630 kaempferol, and quercetin. **Journal of Biotechnology**, 20, 190–196. 2017 DOI: 631 10.1016/j.jbiotec.2017.01.006

KAMALUDIN,N.H;I.MUN,L.S;SA`ADI, R.A.Evaluation of the antioxidant activity of some tropical fruit peel extracts: extraction conditions and optimization of Rambutan peel extra. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**,v.11,n.16,2016.

KANG,, S.Y.; YAN, H.; ZHU, Y.;LIU , X.; LV, H.P.; ZHANG, Y.; DAI, W.D.; GUO, L.; TAN, J.F.;PENG , Q.H.Identification and quantification of the main odors of the four most famous black teas in the world. **Food Research. Internation**,v. 121, p.73–83.2019. 10.1016/j.foodres.2019.03.009

KALITA, D.; JAYANTY, S.S.Comparison of Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Colored Potato Tubers, Pomegranate and Blueberries.**Food Processing. Technology**.v.5, p.8,2014.10.4172/2157-7110.1000358

KASEKE,T.;OPARA,U.L.,FAWOLE,O.A. Quality and Antioxidant Properties of Cold-Pressed Oil from Blanched and Microwave-Pretreated Pomegranate Seed.**JournalFoods**.n.10.2021.10.3390/foods10040712.

KASSEM, M. E.; EL-DESOKY, S.; SHARAF, M. Biphenyl esters and biflavonoids from the fruits of *Schinus terebinthifolius*. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 40, p. 447-50,2004. 10.1007/s10600-005-0008-z

KAYESH,E;SHANGGUAN,L;KORIR,N.K;SUN,X;BILKISH,N;ZHANG,Y;HAN,J;SONG, C;CHENG,Z-M;FANG,J. Fruit skin color and the role of anthocyanin. **Acta Physiologiae Plantarum**,v.35.p.2879-2890.2013. DOI 10.1007/s11738-013-1332-8

KO, A.Y., RAHMAN, M. M., EL-ATY, A. M. A.,JANG , J .CHOI, J. H..MAMUN, M. I. R., SHIM,, J. H. Identification of Volatile Organic Compounds Generated from Healthy and Infected Chili Powder Using Solvent-Free Solid Injection Coupled with GC / MS: Application to Adulteration o **Food Chemistry**, 156, p.326-332,2014. 10.1016/j.foodchem.2014.02.001

KIM,M.J.,KIM,D.W.,KIM,J.G.,SHIN,Y.,JUNG,S.K.,KIM,Y. Analysis of the Chemical, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Properties of Pink Pepper (*Schinus molle* L.). **JournalMDPIantioxidants**.v.10.p.1061.2021.

KOWLURU,R.A.ZHONG,Q.SANTOS,J.M.Efeitos benéficos dos suplementos nutricionais no desenvolvimento de retinopatia diabética. **Nutrition & Metabolism**, v.11, n.8, 2014.

LELES, P.S.S. Espaçamento de plantio em recomposição florestal. UFRRJ, 2012.

LENZI,M.;ORTH,A.I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi.), em Florianópolis-SC, Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura,v.26.n.2,p.198-201,2004.

LI A.N., LI S., ZHANG Y.J., XU X.R., CHEN Y.M., Li H.B. Resources and biological activities of natural polyphenols.*Nutrients*.v.6:p.6020–6047,2014

LORENZI H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Instituto Plantarum p368,2002.

LORENZO JM.; SINEIRO, J;AMADO,I.R, FRANCO,D) Influence of natural extracts on the shelf life of pork patties packaged in modified atmosphere **Meat Science**,v. 96:p.526–534,2014.

LUCAS-GONZÁLEZ, R., VIUDA-MARTOS, M., PÉREZ-ALVAREZ, J. A., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.. *In vitro* digestion models suitable for foods: Opportunities for new fields of application and challenges. **Food Research International**,v.107.p. 423-436.2018. 10.1016/j.foodres.2018.02.055

MACEDO, N.B. **PIMENTA ROSA (*Schinus terebinthifolius* Raddi): COMPOSTOS PRESENTES NOS FRUTOS E SUAS ATIVIDADES ANTIOXIDANTE E ANTI-INFLAMATÓRIA**. 2018.123f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição). Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, Brasil, 2018.

MACIEL,K.N.Inserção produtiva das mulheres rurais: dinâmica socioproductiva das mulheres extrativistas da Associação Aroeira em Piaçabuçu,Alagoas.2018.57f.Monografia.Ciências Econômicas.Universidade Federal de Alagoas.Santana do Ipanema.Alagoa,Brasil,2018.

MAILLARD ,M.N.,GIAMPAOLI,P.,RICHARD,H.M.J.,Analysis of Eleven Capsaicinoids by Reversed-phase High Performance Liquid Chromatography. FLAVOUR AND FRAGRANCE JOURNAL, VOL. 12, p.409-413 ,1997.

MARANGON,C;COSTA,H.N.R;SOUSA,R.C.P.O;BACCHUS,N.E;MEDEIROS,I.J.S.**Atividade Antioxidante do óleo fixo de Capsicum Chinese Jacq cultivada em Boa Vista Roraima**.58º Congresso Brasileiro de Química. São Luís.2018

MATTHÄUS, B. Virgin grape seed oil: Is it really a nutritional highlight? **European Journal Lipid Science Technology**, v. 110, p. 645–650, 2008

MERLON, T. C.,CONTRERAS-CASTILLO , C. J.,SALDÑA , E., BARANCELI, G. V., DARGELIO, M. 496 D. B., YOSHIDA, C. M. P., & VENTURINI,, A. C. Incorporation of pink pepper residue extract into chitosan film combined with a modified atmosphere packaging: Effects on the shelf life of salmon fillets. **Food Research International**, In Press, Corrected Proof.,125,2019. doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108633

MEMORIAL SLOAN-KETTERING CÂNCER CENTER Information Resource: About Herbs, Botanicals, e other Products,2005.

MERKLE,S.;KLEEGERG,KK .;FRITSCHÉ,J.Cromatografia.V.2.p.293.2015

MESQUITA,W.S;LUZ,A.B;SILVA,L.C;PEREIRA,C.A;GARRUTI,D.S; **Avaliação das condições de extração de voláteis de pimenta Tabasco por HS-SPME** .XXV .Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos.FAUURGS.Gramado.RS.2016

MESQUITA,PRR;NUNES,C.E.;SANTOS,F.N.;BASTOS,L.P.;COSTA,M.A.P.;ANDRADE,J .B.;Microchem.J.130.79,2017

MEHDINIA, A., MOHAMMAD, O. A. Advances for sensitive, rapid and selective extraction in different configurations of solid-phase microextraction. Trends in Analytical Chemistry v.51, p. 13–22, 2013

MERKLE,K.;KLEEGERG,J.;FRITSCHÉ,J.Desenvolvimentos e aplicações recentes da microextração em fase sólida (SPME) em análises ambientais e de alimentos - uma revisão.Chromatography,v.2. pp.293-381,2015. //doi.org/10.3390/chromatography2030293

MILLER, H.E. A simplified method for evaluation of antioxidant. J. Am. Oil Chem. SOC. 45, p.91,1971.

- MINEKUS, M., ALMINGER, M., ALVITO, P., BALANCE, S., BOHN, T., BOURILIEU, C. A standardised static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. **Food Functional** .v. 5.p.1113–11124.2014. 10.1039/c3fo60702j
- MONTESANO,D;ALBRIZIO,S;LUCINI,L;BARBA,F.J;GALLO,M.Lipidis and Food Quality. **Journal of Food Quality**.Ed.Hindawi.p.2.2018
- MUTHUSELVI,R.,KUMAR,P.N.,KRISHNAKUMARE,B.,MINITHRA.R.,SURESH,R.,RAMESHKUMARE,D.,JAGATHJOTHI,N.,EASWARI,S.Importance of Edible wax coatings in fruits and vegetables.Indian Farmer.v.7.p.1006-1009.2020.
- NEGRI. M.L.S. et. al. Atividade antioxidante das folhas de espinheira-santa - *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss, secas em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 19(2B) p. 553-556, Abr./Jun, 2009.
- NEVES,E.J.M.,SANTOS,A.M.,GOMES,J.B.V.,RUAS,F.G.,VENTURA,J.A.Cultivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para produção de pimenta-rosa.Colombo,Paraná. Brasil,2016.
- NIFALI. P, ALUIGI. G,BACCHIOCA M,MAGNANI M. Antioxidant capacity of extra-virgin olive oils. *J Am Oil Chem* .2002.
- NOCCHI, S. R., MOURA-COSTA, G. F., NOVELLO, C. R., RODRIGUES, J., LONGHINI, R., MELLO, J. C. P.,UEDA-NAKAMURA, T. In vitro cytotoxicity and Anti-herpes simplex virus Type 1 activity of hydroethanolic extract, fractions, and isolated compounds from stem bark of *Schinus terebinthifolius* raddi. **Pharmacognosy Magazine**, v.12,n.46, p.160–164.2016.
- OLEGÁRIO, L. S. Perfil de Voláteis, de Aroma, de Vitamina E, Ácidos Graxos em Óleos Extraídos de Resíduos Agroindustriais de Uva (*Vitis* spp.) por Prensagem a Frio. 2016. 142p. [Dissertação]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, 2016.
- OLIVEIRA, V. S., AUGUSTA, I. M., BRAZDA, M. V. C., RIGER, C. J., PRUDÊNCIO, E. R., SAWAYA, A. C. H. F., SALDANHA, T.. Aroeira fruit (*Schinus terebinthifolius* Raddi) as a natural antioxidant: Chemical constituents, bioactive compounds and in vitro and in vivo antioxidant capacity. **Food Chemistry**,v.315, 126274.2022. //doi.org/10.1016/j

OLIVEIRA, F.; GROTTA, A. S. Contribuição ao estudo morfológico e anatômico de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Revista da Faculdade de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, n. 3, p. 271-293, 1965.

ORMEÑO,E.;GOLDSTEIN,A.;NIINEMETS,U.Extração e captura de compostos orgânicos voláteis biogênicos armazenados em espécies vegetais. **TrAC – Trends in Analytical Chemistry**.30,p.978-989,2011.10.1016/j.trac.2011.04.006

ORNELAS.PAZ , J. J., MARTINEZ,B J. M., RUIZ,C, S., SANTANAS,R. V., IBARRAS-JUNQUERA, V.,OLIVAS, G. I., PEREZ-MARTÍNEZ, J. D. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. **Food Chemistry**, 119(4), 1619-1625,2010

OTHMAN,A.Z.;AHMED,Y.B.H.;HABILA,M.A.;GHAFAR,A.A. Determination of Capsaicin and Dihydrocapsaicin in Capsicum Fruit Samples using High Performance Liquid Chromatography.**JournalMolecules**. v.16, 8919-8929. Saudi Arabia,2011.

PADILHA,C.V.V.,MISKINIS,G.A.,SOUZA,M.E.A.O.,PEREIRA,G.E.,OLIVEIRA,D.,BORDIGNON-LUIZ,M.T.,LIMA,M.S. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape.**Journal Food Chemistry**.v.228.p.106-115.2017.

PAGANI,A.A.C.,SOUZA,A,L.G.,SOUZA,S.D.,R,A.B.,X.A.C.R.,PAGANI,G.D.,Quantification of Bioactive Compounds of Pink Pepper(*Schinus Terebinthifolius*, Raddi). **International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)** v. 4, n.5, 2014.

PALMA, J.M.; CORPAS, F.J.; DEL RI’O, L.A. Proteomics as an approach to understanding the molecular physiology of fruit development and ripening.**Journal Proteomics**,v.74, p.1230–1243.2011. 10.1016/j.jprot.2011.04.010

PANDURANGAN ,A.K., MOHEBALI ,N. ESA ,N.M., LOOI ,C.Y., ISMAIL,S., SAADATDOUST ,Z. Gallic acid suppresses inflammation in dextran sodium sulfate-induced colitis in mice: possible mechanisms. **Int Immunopharmacol.**,v.2,p.1043 2015. 10.1016/j.intimp.2015.08.019

PATEIRO,M.;LORENZO, J.M.; AMADO,I.R.; FRANCO, D Effect of adding green tea, chestnut and grape extract on the shelf life of pork liver patê..**Food Chemistry**, 147:p.386–394,2014.10.1016/j.foodchem.2013.09.153

PELLIN, V.; SILVA, L. F. Indicações geográficas: uma estratégia para o desenvolvimento territorial rural. Globalização em Tempos de Regionalização – Repercussões no Território Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, 2015.

PEREIRA, M.R.; OLIVEIRA, M.; BOHN, A. **Avaliação de efeitos do armazenamento refrigerado de grãos de soja na manutenção da qualidade do óleo.** In: XIX Congresso de Iniciação Científica e XII Encontro de Pós-Graduação e a II Mostra Científica da Universidade Federal de Pelotas, 2010, Pelotas. Anais... Pelotas, 2010.

PEPPERTRADE BOARD. Site de comércio e exportação de pimenta.

PIGHINELLI,A.L.M.T et al. **Optimization of sunflower grain pressing and its characterization/Otimização da prensagem de grãos de girassol e sua caracterização.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.2009

PISOSCHI,A.M.;NEGULESCU,G.P. *Anal. Biochem.*1,2011

PHONSATTA ,N.DEETA, P. LUANGPITUKSA, P. GRAJEDA-IGLESIAS, C. FIGUEROA- ESPINOZA, M.C, LE COMTE, J. . Comparison of antioxidant evaluation assays for investigating antioxidative activity of gallic acid and its alkyl esters in different food matrices. **Journal Agricultural Food Chemistry**,p-2-41, 2017. [://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02503](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02503).

RAMADAN, M.F. Introduction to cold pressed oils: Green technology, bioactive compounds, functionality, and applications. In: Cold Pressed Oils: Green Technology, Bioactive Compounds, Functionality, and Applications. Academic Press. Cap.1, p.1-5.2020 [/doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00001-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00001-3)

RASHID,S., Rather, M.A., Shah, W.A., Bhat, B.A., 2013. Chemical composition, antimicrobial, cytotoxic and antioxidant activities of the essential oil of *Artemisia indica* Willd. **Food Chem.** 138, 693e700

RAMALLO, L.A. e Mascheroni, R.H. (2012). Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, p-275-283. 10.1016/j.fbp.2011.06.001

RAUF, A., IMRAN M., ABU-IZNEID, T., PATEL, S., PAN, X., NAZ, S. Proanthocyanidins: A comprehensive review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019.

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 & Medicine*, 26. pp 9-10, p.1231-1237, 1999.

REBALATTO, E. A.; ROGRIGUES, L. G.; RUDKE, A. R.; ANDRADE, K. S.; FERREIRA, R. S. Sequential green-based extraction processes applied to recover antioxidant extracts from pink pepper fruits, **The Journal of Supercritical Fluids**, v.166. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.105034>

REIN, M. J., RENOUF, M., CRUZ-HERNANDEZ, C., ACTIS-GORETTA, THAKKAR, S. K., DA SILVA PINTO, M. Bioavailability of bioactive food compounds: a challenging journey to bioefficacy. **Births of Clinical. Pharmacology** v.75:588–602. 2012. 10.1111/j.1365-2125.2012.04425.x

RIBAS-AGUSTÍ, A., MARTÍN-BELLOSO, O., SOLIVA-FORTUNY, R., ELEZMARTÍNEZ, P. Food processing strategies to enhance phenolic compounds bioaccessibility and bioavailability in plant-based foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. v. 58, n. 15, p. 2531-2548, 2018. 10.1080/10408398.2017.1331200

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. Botânica econômica brasileira. São Paulo: EPU, EDUSP, 1976. 207p..

ROCHA, P. S., CAMPOS, J. F., SOUZA, V. N., V. M. C., VIEIRA, M. C., BOLETIL, A. P. A., RABEL O, L. A., SANTOS, A. P., SOUZA, K. P, Antioxidant and Protective Effects of *Schinus molle* Against Doxorubicin-Induced Toxicity, **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v.184, p.896-884, 2018. 10.1007/s12010-017-2589-y

ROMBAUT, N.; SAVOIRE, R.; THOMASSET, B.; CASTELLO, J.; HECKE, E. V.; LANOISELLÉ, J.-L. Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 26–33, 2015. /doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.001

ROSAS, E. C., CORREA, L. B., PÁDUA, T. D. A., COSTA, T. E. M. M., MAZZEI, L. J., HERINGER, A. P., ... HENRIQUES, M. G. Anti-inflammatory effect of *Schinus terebinthifolius* Raddi hydroalcoholic extract on neutrophil migration in zymosan-induced arthritis. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 175, p. 490–498, 2015.

ROSMAN, R., SAIFULLAH, B., MANIAM, S., DORNIANI, D., HUSSEIN, M. Z., FAKURAZI, S. Improved anticancer effect of magnetite nanocomposite formulation of gallic acid (Fe₃O₄-PEG-GA) against lung, breast and colon cancer cells. **Nanomaterials**, v. 8, 2018. 10.3390/nano8020083

SALAM, K. A.; VELASQUEZ-ORTA, S. B.; HARVEY, A. P. A sustainable integrated in situ transesterification of microalgae for biodiesel production and associated co-products: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 65, p. 1179–1198, 2016.

SANTANA, J. S.; SARTORELLI, P.; GUADAGNIN, R. C.; MATSUO, A. L.; FIGUEIREDO, C. R.; SOARES, M. G.; SILVA, A. M.; LAGO, J. H. G. Essential oils from *Schinus terebinthifolius* leaves – chemical composition and in vitro cytotoxicity evaluation. **Pharmaceutical Biology**, v. 50, n. 10, p. 1248–1253, 2012. 10.3109/13880209.2012.666880

SAVOIRE, R.; LANOISELLÉ, J.-L.; VOROBIEV, E. Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review. **Food Bioprocess Technology**, v. 6, p. 1–16, 2013.

SENGUL, H., SUREK, E., & NILUFER ERDIL, D. Investigating the effects of food matrix and food components on bioaccessibility of pomegranate (*Punica granatum*) phenolics and anthocyanins using an in-vitro gastrointestinal digestion model. **Food Research International**, v. 62, p. 1069–1079, 2014. 10.1016/j.foodres.2014.05.055

- SERENIKI, A., LINARD-MEDEIROS, C. F. B., SILVA, S. N., SILVA, J. B. R., PEIXOTO SOBRINHO, T. J. S., Silva, J. R., LAFAYETTE, S. S. L. *Schinus terebinthifolius* administration prevented behavioral and biochemical alterations in a rotenone model of Parkinson's disease. **Revista Brasileira de Farmacognosia**.v.26(2).p.240–245.2016
- SERRANO-LÉON, J.S.; BERGAMASCHI, K. B.; YOSHIDA, M. P.;SALDAÑA, E.; SELANI, M. M.;RIOS-MERA , J. D.;ALENCAR , S. M.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Chitosan active films containing agro-industrial residue extracts for shelf life extension of chicken restructured product. **Food Research International**.100,p.108:93,2018.
- SIDDEEG, A.; ALKEHAYEZ,N.M.; ABU-HIAMED, H.A.; AL-SANEA, E.A.; AL-FARGA, A.M. Mode of action and determination of antioxidant activity in the dietary sources: An overview. Saudi **Journal Biological Sciences**.v. 28, p.1633–1644.2021.
- SILVA,A.G;ROCHA,L.C;CANNIATTI BRAZACA,S.G.Caracterização físico-química,disgestibilidade proteica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L).Alimentos e Nutrição,Araraquara,v.20,n.4,p.581-587,2009.
- SILVA,B.G;FILETI,A.M.F;FOGLIO,M.A;ROSA,P.T.V;TARANTO,O.P. Effects of Different Drying Conditions on Key Quality Parameters of Pink Peppercorns (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Journal of Food Quality**.p.12.2017
- SILVA-LUZ CL, PIRANI JR. Anacardiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil Jardim Botânico, Rio de Janeiro,2012.
- SIVAKUMAR, D.;CHEN, L.; SULTANBAWA, Y.Uma revisão abrangente sobre fitoquímicos alimentares benéficos em vegetais folhosos tradicionais da África Austral. **Food Science. Nutrition.**, 6, 714–727,2018
- SOUSA, E.T., RODRIGUES, F.M.,MARTINS, C C.,OLIVEIRA , F. S., PEREIRA, P.A.P., ANDRADE, J.B. Multivariate optimization and HS-SOME/GC-MS analysis of VOCs in red, yellow and purple varieties of *Capsicum chinense* sp. Peppers. *Microchemical Journal*. 82, p.142-149,2006
- SOUZA-SILVA , E. A., JIANG, R., LAFUENTE, R.R., GIONFRIDDO, E. JANUSZ PAWLISZYN . A critical review of the state of the art of solid-phase microextraction of complex matrices I. Environmental analysis. **Trends in Analytical Chemistry** v.71 p. 224–235, 2015.

SOUZA, V. R. S., PEREIRA, P. A. P., SILVA, T. L. T., LIMA, L. C. O., PIO, RQUEIROZ, F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v.156(8), p.362-368.2014. [://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.125](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.125).

SOUZA VCL, H. . Botânica Sistemática - Guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Plantarum; 2005.

SUBRAMANIAM,S.;FAHY,E.;GUPTA,S.;SUD,M.;BYRNES,R.W.;COTTER,D.;DINASA RAPU,A.R.;MAURYA,M.R.Chemical Reviews 111.v.10.p.6452-6490.2011.

SUN, J.,REN, D.,WAN, J., CHEN, C.,CHEN, D.,YANG ,H. Desensitizing mitochondrial permeability transition by ERK-cyclophilin D axis contributes to the neuroprotective effect of gallic acid against cerebral ischemia/reperfusion injury. *Front Pharmacol* (2017).

SHAH,S.R.,UKAEGBU,C.I.,HAMID,H.A.,ALARA,O.R. Evaluation of antioxidant andantibacterial activities of the stems of Flammulina velutipes and Hypsizygustessellatus (white and brown var.) extracted with different solvents. **Journal of Food Measurement and Characterization**.v.12.p.1947-1961.2018

SHETTY, A. A.,MAGADUM , S., & MANAGANVI, K. Vegetables as sources of antioxidants. **Journal of Food & Nutritional Disorders**,v.2,n.1, p.1-5,2013.

TLILI,N.,MEJRI,H.,ANOUEF,F.,SAADAOU,E.,KHALDI,A.NASRI,N. Phenolic profile and antioxidant activity of Capparis spinosa seeds harvested from different wild habitats. *Industrial Crops and Products*.v.76.p.930-935.2015.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.040.

TAGLIAZUCCHI,D.,VERZELLONI,E.,BERTOLINI,D.,CONTE,A. In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols.**Food Chemistry**,v.120,p599-606,2010.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.030.

TUBEROSO, C.I.G., BOBAN, M., BIFULCO, E., BUDIMIR, D. and PIRISI, F.M., “Antioxidant capacity and vasodilatory properties of Mediterranean food: the case of Cannonau wine, myrtle berries liqueur and strawberry-tree honey”, **Food Chemistry**, Vol. 140 N. 4, p. 686-691,2013. [10.1016/j.foodchem.2012.09.071](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.071)

THARASENA,B.;LAWAN,S; Fenólicos, flavonóides e atividade antioxidante de vegetais como acompanhamento tailandês.APCBEE Procedia.8:p.99–104,2014

THOMAZINI,M.;FRANCO,M.R.B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor .Bol da Soc.Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos.v.34,p.52-59,2000

STOJILJKOVIĆ,D.; ARSÍCB,I.;TADÍC,V. Extratos de frutos de maçã silvestre (*Malus sylvestris* (L.) Mill., Rosaceae) como fonte de substâncias antioxidantes para uso na produção de nutracêuticos e cosmeceuticos.**Industrial Crops and Products**,v.80,p.165–176,2016.
//doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.023

VALENTE, A.L.P.,AUGUSTO, F. . Microextração por fase sólida. Química Nova. 23,p.523-530,2000

VAZQUEZ-RONCERO,A;Les propriétés de l'huile d'olive et leur influence sur les caractéristiques de l'huile. Rev. Fr. Corps Gras,25, p.21–26,1978.

VHANGANI,L.N;WYK,J.V. Antioxidant activity of Maillard reaction products (MRPs) derived from fructose–lysine and ribose–lysine model systems.**Food Chemistry**,v.137.p.9298.2013.://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.030

WHITFIELD,F.B.,LAST,L.H. Vegetable. In: H. Maarse et al. (Eds), Volatile Compounds in food and Beverages, Dekker, New York, p. 203-281, 1991.

WANG, Y., XIE,M., MA, G., FANG, Y.,YANG,W.,MA, N. The antioxidant and antimicrobial activities of different phenolic acids grafted onto chitosan.**Carbohydrate Polymers**,v.225,n.1.2019. //doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115238.

WANG,Q.,LEONG ,W.F.,ELIAS, R.J., TIKEKAR, R.V. UV-C irradiated gallic acid exhibits enhanced antimicrobial activity via generation of reactive oxidative species and quinone. **Food Chemistry**, v.303-312 .2019.10.1016/j.foodchem.2019.02.041

WANG,J.H.Z.,DARÉ,P.K.,ERMER,A.A,The perception of Naturology students from inhaling the pink pepper essential oil (*Schinus terebinthifolius* Raddi),**Wiley**.
//doi.org/10.1002/ffj.3673

YANG,C.;LI,S.;YANG,L.;WANG,Y.;ZHAO,J.;JIANG,Q.Volatile characteristics of 50 peaches and nectarines evaluated by HP-SPME with GC-MS.**Food Chemistry**,v.116,p-356-364,2009. ://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.044.

YU, L.; ZHOU, K.; PARRY, J. Antioxidant properties of cold-pressed black caraway, carrot, cranberry, and hemp seed oils. **Food Chemistry**, v. 91, p. 723-729, 2005. /10.1016/j.foodchem.2004.06.044

WIESENBORN,D.;DODDAPANENI,R.,TOSTENSON,K.,KANGAS,N.Kinetic characterization of cooking-induced changes in crambe seed prepared for expelling, **Journal of Food Engineering**,55p.157-163,2002.

VINSON, J.A.; SU, X.; ZUBIK, L.; BOSE, P. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p. 5315-5321, 2001.10.1021/jf0009293

YADAV,A.KUMARI,R.YADAV,A.MISHRA,J.P.SRIVATA,M.S.PRABHA,S.Antioxidantes e suas funções no corpo humano. A Review. **Research in Environment and Life Sciences** . 2016.

YANG, Y.; SONGA, X.; SUIA, X.; QIA, B.; WANGA, Z.; LIA, Y.; JIANG, L. Rosemary Extract Can Be Used as a Synthetic Antioxidant to Improve Vegetable Oil Oxidative Stability. **Industrial Crops and Products**,v.80, p.141–147,2016.//doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.044

YADAV, B.S., YADAV, R.,YADAV, R.B., GARG, M. Atividade antioxidante de vários extratos de vegetais de cabaça selecionados. **Journal Food Science Technology**,v.. 53,n.4,p.1823–1833,2016. 10.1007/s13197-015-1886-0

YILDIRIM, A.; MAVI, A.; KARA, A.A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of Rumex crispus L. extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Chicago, v.49, p. 4083-4089, 2001. 10.1021/jf0103572

YU, L.; ZHOU, K.; PARRY, J. Antioxidant properties of cold-pressed black caraway, carrot, cranberry, and hemp seed oils. **Food Chemistry**, v. 91, p. 723-729, 2005. //doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.044.

ZHANG, Z., YE, J., FEI, T., MA, X., XIE, X., HUANG, H., WANG, Y. Interesterification of rice bran wax and palm olein catalyzed by lipase: Crystallization behaviours and characterization. **Food Chemistry**, v.286, p.29–37, 2019. [10.1016/j.foodchem.2019.01.192](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.192)

ZHANG, Q.; CHENG, Z.; WANG, Y.; Fu, L. Dietary protein-phenolic interactions: Characterization, biochemical-physiological consequences, and potential food applications. Critical Reviews in. **Food Science and Nutrition**, p.1-27, 2020. [10.1080/10408398.2020.1803199](https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1803199)

ZANETTI, M.G.; Baliza, P.X.; Mendes, A.N.F.; Lemos, V.A.; Santos, M.J.S. Determinação do teor de minerais em amostras de pimenta-rosa cultivadas no norte do estado do Espírito Santo utilizando ICP-OES. 520 Congresso Brasileiro de Química: Química e Inovação, caminho para a sustentabilidade. Recife, 2012

ZUORRO, A., LAVECCHIA, R., MEDICI, F., PIGA, L. Use of cell wall degrading enzymes to produce high quality functional products from tomato processing waste, **Chemical Engineering Transactions**, v.38, pp. 355–360, 2014. [10.3303/CET1438060](https://doi.org/10.3303/CET1438060)

ZHENG, W.; WANG, S.Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v.49, p. 5165-5170, 2001. [10.1021/jf010697n](https://doi.org/10.1021/jf010697n)

WU, X.; GU, L.; HOLDEN, J.; HAYTOWITZ, D.B., GEBHARDT, S.E.; BEECHER, G.; Development of a database for total antioxidant capacity in foods: a preliminary study. **Journal of Food Composition and Analysis**, 17: p.407-422, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.03.001>

