



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

EDVALDO VIEIRA DA SILVA JÚNIOR

**POTENCIAL NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DE FUNGOS E PLANTAS
ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS DA CAATINGA**

RECIFE

2025

EDVALDO VIEIRA DA SILVA JÚNIOR

**POTENCIAL NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DE FUNGOS E PLANTAS
ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS DA CAATINGA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Nutrição.

Área de concentração: Ciências dos Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia Moreira Azoubel

RECIFE

2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Junior, Edvaldo Vieira da Silva.

Potencial nutricional e tecnológico de fungos e plantas alimentícias não convencionais da Caatinga / Edvaldo Vieira da Silva Junior. - Recife, 2025.

107f.: il.

Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Nutrição, 2025.

Orientação: Patrícia Moreira Azoubel.

1. Licuri; 2. Cogumelo salmão; 3. Óleo; 4. Secagem; 5. Ultrassom. I. Azoubel, Patrícia Moreira. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

EDVALDO VIEIRA DA SILVA JÚNIOR

**POTENCIAL NUTRICIONAL E TECNOLÓGICO DE FUNGOS E PLANTAS
ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS DA CAATINGA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, na área de concentração Ciências dos Alimentos, como requisito para obtenção do título de Doutor em Nutrição.

Aprovado em: 25/06/2025.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
PATRICIA MOREIRA AZOUBEL
Data: 27/06/2025 18:36:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Patrícia Moreira Azoubel (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE



Documento assinado digitalmente
THAYZA CHRISTINA MONTENEGRO STAMFORD
Data: 10/07/2025 13:50:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Thayza Christina Montenegro Stamford (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE



Documento assinado digitalmente
RAFAEL AUGUSTO BATISTA DE MEDEIROS
Data: 11/07/2025 18:56:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rafael Augusto Batista de Medeiros (Examinador Externo)
Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN



Documento assinado digitalmente
ZILMAR MEIRELES PIMENTA BARROS
Data: 25/07/2025 10:52:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Zilmar Meireles Pimenta Barros (Examinadora Externa)



Documento assinado digitalmente
JOAO HENRIQUE FERNANDES DA SILVA
Data: 22/07/2025 22:00:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Henrique Fernandes da Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

*Dedico esta tese aos meus pais, que sempre
me deram todo apoio.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família e a todos que entraram na minha vida durante todos esses anos de luta para continuar e finalizar esta pós-graduação. Agradeço imensamente à minha mãe, Elizabete Gomes Viana, e ao meu pai, Edivaldo Vieira da Silva, por todo apoio antes durante e depois da minha trajetória acadêmica. Devido a eles eu tenho uma boa base que serve de alicerce para enfrentar tudo que enfrentei.

Agradeço aos meus companheiros de casa, Otávio Henrique, Danuza Medeiros E Guilherme Pessoa, por aguentarem meus surtos e terem tamanha paciência comigo e com meu vício acumulativo. Assim como aos amigos do coração, como Yan, Alan, Bruno, Babi, Gleyce, Rafael, Vitor e tantos outros que me deram suporte.

Agradeço as amigadas que fiz nos laboratórios que trabalhei. Foi essencial ter uma boa convivência e a troca de experiência com pessoas tão boas e competentes. Principalmente aos colegas de trabalho Rafael, Shirley, Guilherme, João, Allan, Natalia e Zizi.

Tive a sorte de conhecer e conviver com a colega de laboratório Lívia Lins de Melo, que conduzia perfeitamente tudo que lhe era designado, com muita destreza e sabedoria. Agradeço-lhe imensamente por toda ajuda nas análises.

Tenho uma imensa gratidão (e sorte) de ter Patrícia Azoubel como orientadora. Obrigado por ter compreendido a turbulência que vivi durante esses anos. Ela me deu suporte intelectual e toda infraestrutura necessária para tudo isto acontecer. Muito grato pela paciência e por ainda insistir em mim.

Agradeço ao Professor Antônio Fernando e à Raquel Barbosa do Laboratório de Ecologia Aplicada e Fitoquímica, e à Professora Márcia Vanusa do Núcleo de Bioprospecção e Conservação da Caatinga, por toda ajuda inicial no começo deste projeto de pesquisa e por todo o conhecimento dado.

Agradeço à todos que compõe a minha banca, obrigado por se prontificarem a participar e contribuir com minha formação.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição (UFPE), pela assistência e presença constante. E ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa.

RESUMO

Embora o Brasil seja detentor da maior diversidade biológica do mundo, o país exibe espécies nativas pouco exploradas economicamente. Tendo em vista isto, o presente trabalho objetivou avaliar o potencial nutricional e tecnológico de plantas e fungos da Caatinga e os agregar valor na elaboração de produtos derivados. Para tanto, foram realizadas análises físico-químicas e nutricionais do cogumelo salmão (*Pleurotus djamor*) e seu produto derivado, o cogumelo seco, e do licuri (*Syagrus coronata*) e seu produto derivado, o óleo de sua amêndoa. Na parte fúngica, os cogumelos foram produzidos em laboratório para então serem submetidos a diferentes pré-tratamentos de secagem (com ultrassom, ácido cítrico e a junção dos dois) e então serem desidratados em estufa. Enquanto que, para o licuri, desenvolveu-se uma metodologia mais rápida e econômica de extração de seu óleo e avaliou-se sua estabilidade no armazenamento. Na desidratação do cogumelo salmão, todos os tratamentos atingiram equilíbrio de massa em cerca de 105 minutos. O pré-tratamento com o ultrassom elevou o teor de fibras extraídas e o ácido cítrico aumentou o teor de cinzas, sem alterações significativas nos macronutrientes. O pré-tratamento com ácido cítrico juntamente com ultrassom preservou os compostos bioativos, como vitamina C, flavonoides e outros compostos fenólicos, resultando em maior atividade antioxidante (DPPH) quando comparado aos outros tratamentos. Para a produção do óleo de licuri, a proporção de 10 mL/g, tempo de 30 minutos e temperatura de 30 °C foi a melhor condição para extração no ultrassom para o hexano e para o etanol. O armazenamento em vidro âmbar aumentou a estabilidade oxidativa do óleo, especialmente por oferecer melhor proteção contra a luz. Embora as diferenças entre as embalagens sejam sutis, o vidro escuro preserva melhor os ácidos graxos insaturados e reduz a formação de isômeros trans, sendo mais eficaz para conservar óleos ricos em compostos bioativos. Este estudo conclui que pré-tratamentos com ultrassom e ácido cítrico otimizam as propriedades nutricionais e funcionais do cogumelo salmão desidratado; E, embora a extração de óleos no ultrassom obteve rendimentos inferiores às em Soxhlet, o óleo foi extraído em tempo 2,5 h inferior e a temperaturas bem inferiores, sendo crucial o armazenamento em embalagem de vidro âmbar para proteger contra a oxidação e preservar sua qualidade.

Palavras-chave: licuri; cogumelo salmão; óleo; secagem; ultrassom.

ABSTRACT

Although Brazil boasts the world's greatest biological diversity, the country boasts economically underexploited native species. Therefore, this study aimed to evaluate the nutritional and technological potential of plants and fungi from the Caatinga and add value to their derivatives. To this end, physicochemical and nutritional analyses were performed on the salmon mushroom (*Pleurotus djamor*) and its derivative, the dried mushroom, and the licuri (*Syagrus coronata*) and its derivative, the nut oil. For the fungal part, the mushrooms were produced in the laboratory and then subjected to different drying pretreatments (ultrasound, citric acid, and a combination of both) before being dehydrated in an oven. For the licuri, a faster and more economical method for extracting its oil was developed, and its storage stability was evaluated. In the salmon mushroom dehydration process, all treatments reached mass equilibrium in approximately 105 minutes. Ultrasound pretreatment increased the extracted fiber content, and citric acid increased the ash content, without significant changes in macronutrients. Pretreatment with citric acid combined with ultrasound preserved bioactive compounds such as vitamin C, flavonoids, and other phenolic compounds, resulting in higher antioxidant activity (DPPH) compared to other treatments. For licuri oil production, a ratio of 10 mL/g, a time of 30 minutes, and a temperature of 30°C were the best conditions for ultrasound extraction for hexane and ethanol. Storage in amber glass increased the oil's oxidative stability, especially because it offers better protection from light. Although the differences between packaging are subtle, dark glass better preserves unsaturated fatty acids and reduces the formation of trans isomers, making it more effective for preserving oils rich in bioactive compounds. This study concludes that pretreatment with ultrasound and citric acid optimizes the nutritional and functional properties of dehydrated salmon mushrooms. Although oil extraction using ultrasound yielded lower yields than Soxhlet extraction, the oil was extracted in 2.5 hours less time and at much lower temperatures, making storage in amber glass packaging crucial to protect against oxidation and preserve its quality.

Keywords: licuri; salmon mushrooms; oil; drying; ultrasound.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	(a) Licurizeiro e (b) infrutescência do licuri - Parque Nacional do Catimbau – PE.	21
Figura 2	Mecanismo da extração assistida por ultrassom: (a) o ultrassom atua na célula, (b) ocorre a ruptura celular, (c) os compostos de interesse presentes na célula são liberados.	22
Figura 3	<i>Pleurotus djamor</i> - cogumelo salmão coletado em campo Cladódios do mandacaru - Serra dos Cavalos – PE.	26
Figura 4	Estrutura química básica da cadeia principal dos β -glucanos ramificados.	28
Figura 5	Visão lateral do cogumelo salmão pronto para ser colhido.	35
Figura 6	Sacos com substrato e colônia fúngica em crescimento.	36
Figura 7	Fatia padronizada do cogumelo salmão.	37
Figura 8	Corte esquemático do fruto do Ouricuri para identificar sua constituição.	43
Figura 9	Prensa hidráulica utilizada pela cooperativa COOPES para extração do óleo de licuri	44
Figura 10	Óleo de licuri armazenado em diferentes embalagens	45
Figura 11	Extração de óleo de licuri com banho ultrassônico.	49
Figura 12	Representação do equipamento de banho ultrassônicos: (a e b).	49
Figura 13	Adimensional de umidade (ADM) em função do tempo para o processo de secagem do cogumelo salmão por diferentes.	54
Figura 14	Porcentagem de inibição do radical DPPH no cogumelo salmão (<i>Pleurotus djamor</i>) desidratado utilizando diferentes pré-tratamentos.	65
Figura 15	Porcentagem de inibição do radical ABTS no cogumelo salmão (<i>Pleurotus djamor</i>) desidratado utilizando diferentes pré-tratamentos.	66
Figura 16	Porcentagem de β -glucana no cogumelo salmão (<i>Pleurotus djamor</i>) desidratado utilizando diferentes pré-tratamentos.	68
Figura 17	Gráfico do efeito de interação proporção x tempo.	74
Figura 18	Gráfico de contorno dos rendimentos das extrações em soxhlet.	75
Figura 19	Gráfico de Pareto dos Efeitos Padronizados para o experimento fatorial das extrações assistidas por ultrassom com solvente n-hexano.	79

Figura 20	Gráficos dos efeitos de interação das extrações assistidas por ultrassom com n-hexano.	80
Figura 21	Gráfico de Pareto dos Efeitos Padronizados para o experimento fatorial das extrações assistidas por ultrassom com solventes n-hexano e etanol.	83
Figura 22	Medição da condutividade em função do tempo de óleo de Licuri, a 120°C 0,2L/h em 40h de experimento. Óleos armazenados por 24 meses em embalagem de plástico(a), vidro transparente (b) e vidro âmbar (c).	86
Figura 23	Cromatogramas obtido com o óleo de <i>Syagrus coronata</i> armazenado em embalagem de vidro transparente por 24 meses.	88
Figura 24	Cromatogramas obtido com o óleo de <i>Syagrus coronata</i> armazenado em embalagem de vidro âmbar por 24 meses.	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Planejamento do experimento fatorial 2^2 para extração de óleo de sementes de licuri em Soxhlet com n-hexano como solvente.	47
Tabela 2	Planejamento do experimento fatorial fracionado 2^3 para extração de óleo de sementes de licuri em banho ultrassônico com n-hexano como solvente.	48
Tabela 3	Planejamento do experimento fatorial fracionado 2^3 para extração de óleo de sementes de licuri.	50
Tabela 4	Codificação dos fatores e níveis do experimento fatorial 2^2 para a extração de óleo de sementes de licuri em Soxhlet com n-hexano.	51
Tabela 5	Codificação do experimento fatorial 2^3 de extração de óleo de sementes de licuri com n-hexano como solvente assistida por ultrassom.	52
Tabela 6	Codificação do experimento fatorial 2^3 de extração de óleo de sementes de licuri com diferentes solventes assistida por ultrassom.	52
Tabela 7	Composição centesimal do cogumelo salmão (<i>Pleurotus djamor</i>) desidratado utilizando diferentes pré-tratamentos.	57
Tabela 8	Propriedades físico-químicas de cogumelo salmão (<i>Pleurotus djamor</i>) desidratado utilizando diferentes pré-tratamentos.	58
Tabela 9	Conteúdo de vitamina C, compostos fenólicos e flavonoides de <i>Pleurotus djamor</i> in natura e desidratados com diferentes pré-tratamentos.	60
Tabela 10	Teor de substâncias antinutricionais em <i>Pleurotus djamor</i> in natura e desidratados com diferentes pré-tratamentos.	70
Tabela 11	Rendimentos médios das extrações de óleo de sementes de licuri em Soxhlet, nas condições do experimento fatorial 2^2 em triplicata e com n-hexano como solvente.	72
Tabela 12	Análise de variância do experimento fatorial 2^2 .	73
Tabela 13	Efeitos, coeficientes padronizados e estatísticas do experimento Fatorial 2^2 .	73
Tabela 14	Rendimentos médios das extrações de óleo de sementes de licuri assistidas por ultrassom, nas condições do experimento fatorial 2^3 com n-hexano como solvente.	77
Tabela 15	Análise de Variância das extrações assistidas por ultrassom com o solvente n-hexano.	78

Tabela 16	Análise de variância do modelo reduzido das extrações assistidas por ultrassom com o solvente n-hexano.	78
Tabela 17	Efeitos, coeficientes padronizados e estatísticas do modelo reduzido das extrações assistidas por ultrassom com o solvente n-hexano.	79
Tabela 18	Rendimentos médios das extrações de óleo de sementes de licuri assistida por ultrassom, nas condições do experimento fatorial 2^3 com dois solventes.	82
Tabela 19	Efeitos, coeficientes padronizados e estatísticas do modelo reduzido das extrações assistidas por ultrassom com os solventes n-hexano e etanol.	83
Tabela 20	Diferenças entre proporções de ácidos graxos de óleo de licuri armazenados em diferentes embalagens por 24 meses.	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS	2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
ÁC	Ácido Cítrico
ÁC+US	Ácido Cítrico mais Ultrassom
ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Official Methods of Analysis
COOPES	Cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazil
EAG	Equivalentes de Ácido Gálico
EAU	Extração Assistida por Ultrassom
ed.	Edição
EQ	Equivalentes de Quercetina
<i>et al.</i>	E outros
LEAAL	Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos
mg EQ/g	Miligrama de equivalente de quercetina por grama de amostra
PA	Para Análise
pH	Potencial hidrogeniônico
US	Ultrassom

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 CAATINGA	17
2.2 PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS	18
2.3 FUNGOS COMESTÍVEIS	23
3 JUSTIFICATIVA	31
4 HIPÓTESE	31
5 OBJETIVOS	32
5.1 Objetivo Geral	32
5.2 Objetivos Específicos	32
6 MATERIAIS E MÉTODOS	33
6.1 Seleção e preparo das amostras	33
6.2 Cogumelo Salmão (<i>Pleurotus djamor</i>)	33
6.3. Licuri (<i>Syagrus coronata</i> (Martius) Beccari)	43
6.4. Análise estatística	53
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
7.1 <i>Pleurotus djamor</i> (cogumelo salmão)	53
7.1.1 Secagem	53
7.1.2 Composição Centesimal	54
7. 1. 3 Caracterização Físico-Química	58
7. 1. 4 Compostos bioativos	59
7. 1. 5 Atividade antioxidante	64
7. 1. 5 Teor de β -glucana	68
7. 1. 6 Substâncias antinutricionais	70
7.2 <i>Syagrus coronata</i> (licuri)	72
7.2.1 Extrações do óleo em Soxhlet	72
7.2.2 Extração Assistida por Ultrassom	76
7.2.3 Estabilidade oxidativa	84
7.2.4 Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS)	87
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	90

1 INTRODUÇÃO

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) refere-se à todas as plantas que possuem uma ou mais partes comestíveis, sendo elas espontâneas ou cultivadas, nativas ou exóticas que não estão incluídas em nosso cardápio cotidiano (Borges *et al.*, 2024). Devido à falta de conhecimento por grande parte da população, muitas dessas plantas são caracterizadas como ervas daninhas, podendo ser facilmente encontradas na natureza, consideradas como mato e ignoradas. Esse tipo de planta é tido como uma nova possibilidade de alimento, sendo uma alternativa ao consumo de alimentos convencionais (Kinupp; Lorenzi, 2015).

Já os cogumelos comestíveis são consumidos e muito apreciados, desde a antiguidade, seja pelo seu sabor agradável, seja pelas suas qualidades medicinais. No Brasil o cultivo de cogumelos (fungicultura) foi introduzido pelos chineses e italianos nos anos 1950, no estado de São Paulo (Silva *et al.*, 2018), mas cogumelos e fungos no geral sempre foram utilizados por indígenas e comunidades tradicionais como recurso alimentar (Putzke *et al.*, 2022). Os cogumelos possuem elevado valor nutricional, sendo ricos em biocompostos promotores da saúde humana. Entretanto, sua utilização como alimento é pouco conhecida ou tratada com preconceito, principalmente no que diz respeito as espécies nativas brasileiras (Su; Xu, 2024; Volcão *et al.*, 2021).

A utilização de PANC e cogumelos comestíveis é parte da cultura, identidade e práticas agrícolas em muitas regiões do planeta (Ramírez-Terrazo *et al.*, 2021), pois estes organismos estão entre as fontes de alimentos que se desenvolvem em ambientes naturais sem a necessidade de insumos e da derrubada de novas áreas (Machado *et al.*, 2024). O consumo das PANC e cogumelos comestíveis pode ser uma estratégia para manter a diversificação alimentar, estimulando a manutenção da flora. Então, se realizado de maneira sustentável, pode ser considerada uma forma de utilização com baixo impacto na agricultura, associada à conservação ambiental (Kinupp; Lorenzi, 2014; Ramírez-Terrazo *et al.*, 2021). Nas comunidades tradicionais do semiárido a ressignificação destas espécies pode representar um dos caminhos para a transição agroecológica, por se tratar do respeito e valorização dos aspectos sociais, culturais, nutricionais e econômicos (López-García, 2020).

A Caatinga é uma região semiárida do Nordeste do Brasil, com uma grande diversidade de plantas e animais, no entanto, é ainda pouco estudada e seu potencial é subestimado (Barbosa; Filho, 2022). Muitas comunidades rurais do nordeste brasileiro estão inseridas nessa região, onde retiram seu sustento através da agricultura local e de produtos não madeireiros, como plantas medicinais, óleos, sementes e frutos, sendo, na maioria, o único recurso disponível (Batista *et al.*, 2023). Por conseguinte, estudos que caracterizem as PANC e os fungos comestíveis utilizados por comunidades da Caatinga e o desenvolvimento de novos produtos derivados destas, que sejam diferenciados e atraentes, são necessários, pois pode incrementar a renda e a alimentação destas populações. Isto pode contribuir para o fortalecimento da agricultura familiar e das comunidades extrativistas, bem como estimula o desenvolvimento regional e sustentável, a geração de emprego e renda e, quem sabe, a erradicação da pobreza e da fome nessa região (Araújo *et al.*, 2022; Barbosa; Filho, 2022).

Algumas das plantas e fungos usualmente utilizadas na alimentação das populações que vivem na Caatinga são o licuri - *Syagrus coronata* (Martius) Beccari-, e o cogumelo salmão - *Pleurotus djamor* var. *roseus* (Fr.) Boedijn. As partes comestíveis destas espécies são vistosas, carnosas e suculentas, sendo usadas no consumo *in natura* ou incorporados em outras receitas, como bolo, pães, sorvetes, sucos e biscoitos. Assim como outras plantas e fungos alimentícios não convencionais, são normalmente utilizados quando há escassez dos ingredientes tradicionais, quando não há condições financeiras para a aquisição de outros ingredientes ou nas épocas de seca (Kinupp; Lorenzi, 2015; Milião *et al.*, 2022; Singh *et al.*, 2020).

Neste contexto, ampliar o conhecimento sobre espécies nativas potencializa o aproveitamento e interesse econômico, além de subsidiar projetos nas áreas da alimentação, conservação e uso sustentável. E, levando em consideração a utilização popular e a necessidade da busca por novos alimentos, torna-se importante desenvolver trabalhos que explorem espécies nativas do território brasileiro a fim de agregar valor econômico e ampliar suas possibilidades de utilização. Ainda, faz-se necessário avaliar as características físico-químicas de espécies nativas do bioma Caatinga, a fim de promover sua valorização e o desenvolvimento de produtos com valor agregado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CAATINGA

A Caatinga é um bioma semiárido componente vital da paisagem ecológica do Brasil. Ela cobre uma área de aproximadamente 844.000 km², representando cerca de 86% da região semiárida brasileira. É caracterizada por um clima tropical seco com baixa precipitação anual, com média entre 600 e 700 mm. Assim, a região apresenta uma alta taxa de evaporação, levando a um déficit hídrico significativo, que é uma das características definidora da Caatinga (Araujo *et al.*, 2022)

Apesar de seu clima mais seco e quente, a Caatinga é rica em biodiversidade. É o habitat de inúmeras espécies endêmicas, tanto da flora quanto da fauna, que são evolutivamente adaptados ao ambiente semiárido. Desta forma, biodiversidade deste bioma não é apenas resultado de seu isolamento geográfico, mas também de sua história evolutiva, que permitiu o desenvolvimento de ecossistemas especializados e espécies perfeitamente adaptadas (Ganem *et al.*, 2020; Sá; Sousa, 2024).

O bioma Caatinga abriga mais de 1.700 espécies de plantas, 19% das quais são endêmicas, mostrando sua rica biodiversidade (Sá; Sousa, 2024). Sua vegetação é dominada por uma variedade bem diversificada, que exibe densidades variadas, de densas a esparsas, cada uma se adaptando às condições áridas. Essas adaptações incluem características como folhas reduzidas, armazenamento de água e ciclos de vida anuais que permitem a sobrevivência em períodos de seca prolongada (Silva *et al.*, 2024).

A flora é altamente adaptada às condições áridas, com muitas espécies exibindo características resistentes à seca. E é atribuída a esta vegetação o papel crucial no equilíbrio hidrológico da região, auxiliando na retenção de água e apoiando o ecossistema e a vida local (Ganem *et al.*, 2020). Isto porque a sua vegetação ajuda a manter o clima regional, influenciando os padrões de precipitação e reduzindo o impacto das secas (Cruz *et al.*, 2024). Além disto, o bioma Caatinga exibe atributos climáticos e distinta sazonalidade caracterizada por períodos de aridez e precipitação que afetam significativamente a biossíntese de nutrientes e metabólitos fitoquímicos e micológicos, como a maior presença de flavonoides, antocianidinas e terpenos (Tabarelli *et al.*, 2017).

A Caatinga tem significativa importância cultural e econômica no Brasil. É o lar de várias comunidades tradicionais que dependem dos recursos do bioma para sua subsistência. Essas comunidades não apenas preservam o conhecimento ancestral sobre a flora e fauna locais, mas também desempenham um papel fundamental na conservação do meio ambiente, promovendo práticas sustentáveis que garantem a sobrevivência dos ecossistemas da região (Tabarelli *et al.*, 2017).

Em busca da valorização e conservação da Caatinga, com um foco particular no desenvolvimento sustentável, inúmeras cooperativas foram estabelecidas, utilizando os recursos naturais à sua disposição (Lima; Artigas, 2013). Como a Cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina – COOPES, da Bahia, com produção de alimentos e acessórios a partir do licuri e do mel de abelha.

Apesar de sua importância ecológica e econômica, a Caatinga enfrenta várias ameaças, incluindo desmatamento, degradação da terra e mudanças climáticas. Essas ameaças não apenas colocam em risco a biodiversidade do bioma, mas também comprometem sua capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos essenciais. Esforços de conservação, como o estabelecimento de áreas protegidas, são cruciais para mitigar essas ameaças e garantir a sustentabilidade da Caatinga (Barbosa; Filho, 2022; Salvatierra *et al.*, 2017).

2.2 PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS

O Brasil é conhecido por deter a maior biodiversidade do mundo, com cerca de 30% da diversidade de espécies conhecidas (Brazilian flora, 2020). Entretanto, apesar de deter esta gama de espécies, a biodiversidade do Brasil não é explorada ou estudada. Da flora brasileira conhecida, algumas espécies são tradicionalmente utilizadas na alimentação. Porém, inúmeras espécies nativas não são utilizadas ou exploradas economicamente. O aproveitamento destas diversas plantas nativas poderia constituir fonte de alimentos e economia para o país (Kinupp; Lorenzi, 2015; Mügge *et al.*, 2021).

Cerca 90% dos alimentos consumidos vêm de aproximadamente 20 espécies, todas elas exóticas, o que se deve ao padrão cultural, que privilegia espécies exóticas em detrimento das nativas. As plantas nativas, por crescerem no entorno destas espécies mais cultivadas ou terem ocorrência espontânea, são denominadas “daninhas” ou “mato”. Entretanto, elas são espécies que apresentam grande

importância ecológica, econômica e alimentícia, embora parte da população não venha se utilizando delas atualmente (Medina, 2023). Muitas destas espécies são desconhecidas por grande parte da população ou negligenciadas pelos órgãos de pesquisa e do poder público. São elas as chamadas Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC), que são plantas daninhas ou silvestres comestíveis e que, em sua grande maioria, não são conhecidas pelos consumidores ou tem uso bastante regional e restrito (Kinupp; Lorenzi, 2015; Milião *et al.*, 2022)

O aproveitamento de diversas PANCs pode constituir fonte de alimentos e economia para o país. Isto é visto, principalmente, na alimentação de vários frutos de espécies nativas por comunidades locais do entorno de florestas, os consumindo e comercializando-os *in natura* ou em outras preparações (Medina, 2023). Deste modo, algumas espécies nativas já vêm sendo pesquisadas e cultivadas, sendo inclusive comercializadas em feiras e em redes de supermercados (Crepaldi *et al.*, 2001; Kinupp; Lorenzi, 2015). Muitos trabalhos já têm considerando uma grande quantidade de frutos e sementes nativos cuja aparência, sabor e qualidade nutricional apresentam forte potenciais para incluí-los no mercado e em diferentes setores industriais, como a agroindústria, basta explorar corretamente este potencial (Carvalho; Barcia; Schmiele, 2024; Machado *et al.*, 2024; Mügge *et al.*, 2021)

As PANC já são o meio alternativo de subsistência de algumas populações rurais, utilizadas na complementação de sua alimentação, sendo importantes em tempo de escassez de produção, garantindo assim a segurança alimentar da família (Machado *et al.*, 2024). Deste modo, elas podem ser uma boa alternativa de uso alimentício para as populações carentes e das periferias. Além disto, a exploração extrativista dos produtos da biodiversidade constitui importante fonte alternativa de emprego e renda para as comunidades, especialmente nos períodos de seca (Jahangiri; Fatehpanah, 2023).

Mas não somente para a população rural ou carente estas PANC serviriam. Elas poderiam ser utilizadas para diversificação dos cardápios e dos nutrientes ingeridos de toda a população. Os frutos das PANC apresentam sabores característicos e podem ser consumidos *in natura* ou na forma de sucos, licores, picolés, farinhas, doces, sorvetes, geleias entre outros (Kinupp; Lorenzi, 2015). Muitas destas PANC apresentam teores de proteínas, vitaminas e outros nutrientes superiores a muitas plantas convencionais. Além disto, elas apresentam substâncias biologicamente ativas, as quais aumentam seu valor nutricional e seu aproveitamento econômico. Por

esse motivo, tem-se aumentado o interesse pelos diversos segmentos da sociedade em estudar e elevar estas espécies a categorias de outras já consagradas na economia (Kinupp, 2007; Borges *et al.*, 2024). Porém, poucos estudos realmente elucidam o valor nutricional das inúmeras PANC existentes (Kinupp, 2007). A caracterização física e química delas e a quantificação de componentes bioativos são importantes para o conhecimento do valor nutricional, e, do ponto de vista comercial, para agregar valor e qualidade ao produto final (Borges *et al.*, 2024).

São muitas as PANC da flora brasileira já utilizadas pelas populações, e, mais especificamente, falando de plantas comestíveis da Caatinga temos o exemplo do fruto licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). Toda a planta já é utilizada tanto com cunho ornamental, como com finalidade alimentícia, sendo uma espécie bastante importante para a população da região por resistir a épocas de seca e ser bem difundidas na Caatinga (Kinupp, Lorenzi, 2015). O valor econômico desta espécie tem despertado o interesse para o manejo, uma vez que demonstram ser resistente aos desmatamentos e queimadas (Miranda *et al.*, 2001).

A *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. (Figura 1a e 1b) é conhecida em sua região de ocorrência por licuri, ouricuri ou coqueiro-cabeçudo. A espécie é uma palmeira solitária de até 10 m de altura, com inflorescência ramificada e frutos elipsóides, de coloração amarelada, com mesocarpo suculento de sabor doce. A espécie ocorre principalmente em ambientes de Caatinga e florestas semidecíduas, bem como em zonas de transição da restinga para o Cerrado. Seus frutos são comestíveis em totalidade (polpa e amêndoa) pela população. Além do potencial ornamental e alimentício da espécie, suas folhas fornecem cera, o óleo das suas amêndoas é utilizado na produção de sabão e azeite e seu mesocarpo é amplamente utilizado no artesanato regional (Lorenzi *et al.*, 2004; Lorenzi *et al.*, 2010).

Figura 1: (a) Licurizeiro e (b) infrutescência do licuri - Parque Nacional do Catimbau - PE.



Licurizeiro (a)



Infrutescência do licuri (b)

Fonte: O autor (2022).

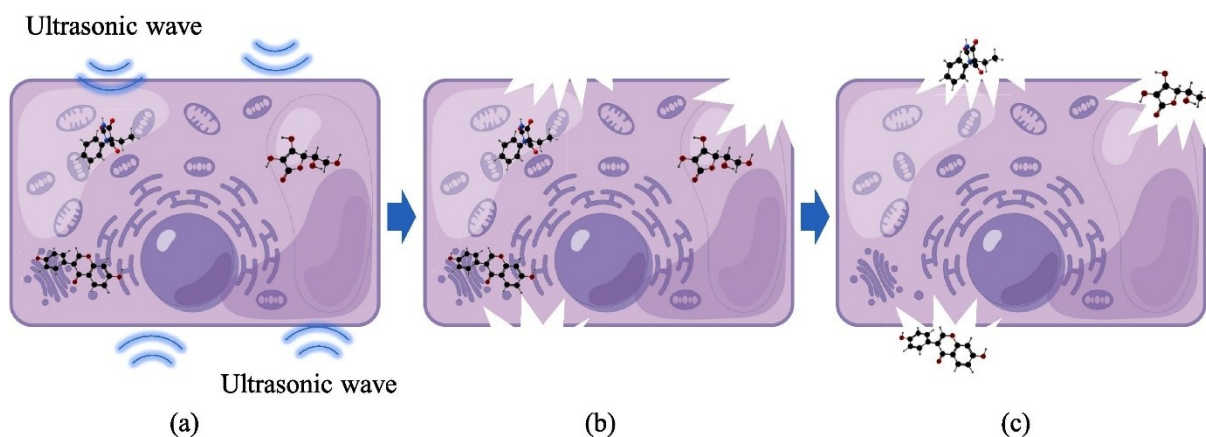
O óleo extraído das sementes do fruto do licuri (*Syagrus coronata*) é límpido e adocicado. O seu aroma remete a coco (*C. nucifera*) e amêndoa (*Prunus dulcis*) e famílias do semiárido utilizam-no para preparar receitas (Aroucha; Aroucha, 2013). Ao contrário da maioria dos óleos e gorduras de origem vegetal, ele é composto principalmente de ésteres de ácidos graxos saturados de cadeia média, sendo menos suscetível à oxidação. Nos últimos anos, este óleo tem sido visado para a produção de sabões, sabonetes, xampus e hidratantes para pele e para os cabelos (Lisboa *et al.*, 2020). O óleo das sementes do licuri também se apresenta interessante para a produção de biodiesel, pois o biocombustível produzido possui elevada estabilidade à oxidação e baixa viscosidade, tornando-o adequado para uso mesmo em localidades frias (Iha *et al.*, 2014).

Durante a extração em Soxhlet, o solvente aquecido à sua temperatura de ebulição realizados ciclos de lavagens da amostra sólida, obtendo-se elevados rendimentos em massa de óleo. O longo tempo de contato da amostra com o solvente em altas temperaturas, no entanto favorece a ocorrência de reações de oxidação e de hidrólise dos lipídios, degradando-os. Além disso, uma única extração requer um tempo longo e grandes quantidades de solvente, intensificando os riscos à segurança, à saúde e ao meio ambiente associados ao solvente escolhido. Comumente emprega-

se o solvente n-hexano nas extrações, devido ao seu ponto de ebulição de 69 °C e a alta capacidade de solubilizar compostos apolares, embora seja inflamável, tóxico e poluente (Raynie, 2021).

Técnicas mais modernas de extração de óleo procuram reduzir ou eliminar o uso de solventes orgânicos tóxicos e não-renováveis, promovendo ao mesmo tempo um bom rendimento e com impacto mínimo na qualidade do produto final. A Extração Assistida por Ultrassom (EAU) é relativamente rápida de executar e requer baixo investimento em comparação às técnicas com fluido supercrítico ou com solvente pressurizado, por exemplo (Ahmad *et al.*, 2023). Nela, se utiliza ondas sonoras para induzir a cavitação, um fenômeno que cria bolhas com pressões e temperaturas elevadas, resultando no rompimento de tecidos e membranas celulares, promovendo processos de extração de compostos mais eficiente (Figura 2). O etanol tem sido utilizado como substituto do n-hexano, pois é economicamente viável, mais seguro e proveniente de matérias-primas renováveis. Por ser polar, é menos seletivo em relação aos lipídios apolares, pode extrair em conjunto fosfolipídios, açúcares solúveis e pigmentos da matriz sólida (Baümler; Carrín; Carelli, 2016).

Figura 2: Mecanismo da extração assistida por ultrassom: (a) o ultrassom atua na célula, (b) ocorre a ruptura celular, (c) os compostos de interesse presentes na célula são liberados



Fonte: Adaptado de Shen *et al.* (2023).

Apesar de negligenciada, subvalorizada e pouco conhecida, a biodiversidade da flora brasileira pode ser o elemento central para a segurança alimentar, melhoria da nutrição e redução da desnutrição em grupos vulneráveis (Dubeux; Batista, 2017). Considerando o imenso potencial de uso econômico não conhecido, o Ministério do Meio Ambiente vem conduzindo uma série de iniciativas para a conservação das

espécies silvestres. Dentre estas iniciativas se tem o Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e Agricultura – TIRFAA de 2001, a Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB, e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS pautados pela cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável. Nesses acordos o Brasil se compromete a conservar e promover o uso sustentável da biodiversidade, ampliando os compromissos em relação à agricultura sustentável e à segurança alimentar, com a expansão da diversidade genética e da promoção do uso de cultivos locais, com ênfase para espécies e variedades locais subutilizadas, de importância econômica atual e potencial (Brasil, 2002; Brasil, 2017).

Ademais, o Brasil integra o Projeto intitulado “Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade para Melhoria da Nutrição e do Bem-Estar Humano”. Esse Projeto, também conhecido como “Biodiversidade para Alimentação e Nutrição (BFN)”, está sendo coordenado internacionalmente pelo Bioversity International e tem como agências implementadoras o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO. No Brasil, esse projeto é conduzido pelo Ministério do Meio Ambiente que, por meio de ações de transversalidade em programas e estratégias nacionais que contribuam para melhorar a segurança alimentar e a nutrição humana, como o PNAE, busca valorizar as ações de conservação e promoção do uso sustentável de espécies nativas da biodiversidade brasileira, de modo a melhorar a segurança alimentar e nutricional e resgatar o valor cultural desempenhado no passado por muitas dessas espécies (MMA, 2017).

2.3 FUNGOS COMESTÍVEIS

Os fungos comestíveis são as estruturas reprodutiva macroscópicas de Basidiomycota (basidiomas), como os cogumelos, e de Ascomycota (ascomas), como as trufas, sendo denominados de macrofungos. Os macrofungos são usados por diversas populações em todos os continentes como alimento, medicamento natural, e também de forma recreativa (Cavalcante; Campos; De Lima, 2024). Estudos etnomicológicos, realizados com etnias nativas da América do Sul, revelam uma alta diversidade de macrofungos sendo utilizados como fonte de alimento (Ruan-Soto *et al.*, 2025; Vargas-Isla *et al.*, 2013). Adicionalmente, descendentes de imigrantes de

italianos e japoneses implantaram o cultivo de cogumelos no Brasil, incentivando o consumo de fungos no país (Dias, 2010). Os fungos cultivados e comercializados no Brasil são espécies exóticas, como o champignon de Paris (*Agaricus bisporus* (J. E. Lange) Imbach) e o shiitake (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler). A única espécie nativa cultivada no Brasil é o cogumelo do Sol © (*Agaricus blazei* Murrill), exportado especialmente devido às suas propriedades farmacêuticas (Colauto *et al.*, 2011).

O mercado mundial de cogumelos movimenta 35 bilhões de dólares anualmente. Estimativas apontam para um crescimento de 9 a 12% no volume comercializado até 2021 (Steffen *et al.* 2021). No Brasil, a demanda por esse tipo de produto aumentou drasticamente, de 71 toneladas em 2000 para 613 toneladas de cogumelos importados em 2013. Em contrapartida, o Brasil perdeu espaço no mercado externo, movimentando USD 1,1 milhão em 2000, porém somente USD 247 mil em 2013 em exportações devido à forte concorrência de países asiáticos (Dias, 2010), visto que a produção de cogumelos no Brasil é quase exclusivamente realizada com espécies exóticas, nativas da Europa e Ásia, onde já existe uma cultura e mercado bem estabelecidos. Este aumento mundial do consumo de fungos como alimento é devido ao seu reconhecimento como fonte de fibras e diversos componentes nutracêuticos, e, especialmente, como fonte alternativa de proteínas (Ayimbila; Keawsompong, 2023; Chatterjee; Halder; Das, 2021).

Em diversas regiões do mundo, tanto em países em desenvolvimento quanto em desenvolvidos, o consumo de cogumelos comestíveis também se dá pela colheita de espécies selvagens de forma recreativa e comercial (Pilz *et al.*, 2003; Boa, 2004), sendo considerados iguarias. O primeiro registro do cultivo proposital de fungos comestíveis é na China, no ano 600 D.C., com *Auricularia auricula-judae* (Bull.) J. Schröt., e nos séculos seguintes com *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer e *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (Chang; Miles, 2004). O desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de cultivo levou a um aumento significativo na produção mundial de cogumelos comestíveis, estimando-se uma produção de 4.9 milhões de toneladas em 1994 (Chang, 1999). Isto seria bem-vindo a áreas da Caatinga Pernambucana, pois estimularão a exploração de recursos naturais nativos de Pernambuco e de forma sustentável, indo de acordo com o Plano Local de Ação Climática do Recife - Pernambuco (Recife, 2020).

Algumas espécies de fungos comestíveis são saprófitas, ou seja, vivem sobre e se nutrem do material em decomposição, como o shiitake e o champignon de Paris.

Porém diversas outras espécies ocorrem em associação ectomicorrízica obrigatória com uma espécie vegetal (Smith; Read, 1997). Dentre as ectomicorrizas, se encontram as espécies mais apreciadas e comercialmente valiosas como as espécies de *Cantharellus* spp. Juss e as trufas (*Tuber* spp. P. Micheli), que podem chegar a 950 euros/Kg (Reyna; Garcia-Barreda, 2014). Dentre as ectomicorrizas, *Cantharellus guyanensis* Mont, possui registro no Brasil, e *C. aurantioconspicuus*, *C. protectus*, e *C. rubescens* são novas espécies recentemente descritas na região Nordeste, sendo a primeira em Pernambuco (Maia *et al.*, 2015; Nascimento *et al.*, 2014; Pinheiro; Wartchow *et al.*, 2012). Por estarem associadas a árvores, os fungos ectomicorrízicos são dificilmente cultiváveis e dependem do manejo e conservação de áreas naturais para serem encontradas (Mortimer *et al.*, 2012; Vaario; Matsushita, 2021).

Ciente do recente aumento antropogênico da temperatura global, os sistemas agroecológicos são uma tática essencial, visto que são significativamente mais resilientes que a agricultura moderna frente às variações climáticas, além de sua importância em mitigar o aquecimento global, como repositório e sumidouro de carbono atmosférico (Fontenele; Cabral, 2025; Recife, 2020). Devido ao cultivo de fungos comestíveis não necessitar de agrotóxicos ou fertilizantes, ele se torna um grande atrativo para formas ecológicas de agricultura, como sistemas agroflorestais e permacultura (Stamets, 2000), incorporando um produto de alto valor econômico sem necessidade de espaço adicional. A introdução do cultivo de cogumelos em sistemas alternativos de agricultura pode incentivar a implantação e expansão de agroflorestas e permaculturas no estado, indo em favor da Estratégia 21 da Agenda 21 de Pernambuco (Recife, 2020).

As espécies comestíveis na América do Sul foram registradas em sua grande maioria como ocorrentes na Amazônia, porém a micobiota do Centro de Endemismo Pernambuco e da Amazônia são muito similares, sendo alta as chances de se encontrar as mesmas espécies, e espécies diferentes do mesmo gênero potencialmente comestíveis. Em Pernambuco, são encontradas *Favolus tenuiculus* P. Beuav., *Lentinus bertieri* (Fr.) Fr., *Lentinus crinitus* (L.) Fr., *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn, *Pycnoporus sanguineus* (L.) Murrill, *Trametes cubensis* (Mont.) Sacc., *Amauroderma omphalodes* (Berk.) Torrend e *Funalia caperata* (Berk.) Zmitr. & V. Malysheva (Drechsler-Santos *et al.*, 2012; Maia *et al.*, 2015; Vargas-Isla *et al.*, 2013).

Duas espécies comestíveis valem a devida atenção pelo seu fácil cultivo e crescimento rápido. São elas o *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn e o *Lentinus bertieri* (Fr.) Fr. Cogumelos do gênero *Pleurotus* e *Lentinus* representam um alimento de baixo custo, que contém alto teor de aminoácidos essenciais, satisfatória proporção de ácidos graxos insaturados, diversas vitaminas e minerais, além de baixos teores de gorduras. *P. djamor* (Figura 3) pertence à família Pleurotaceae e é comumente chamado de cogumelo roseus ou cogumelo-ostra rosa ou cogumelo salmão devido a sua intensa coloração rosa-salmão. Ele está entre os mais produzidos e disseminados em diversos países, sendo o gênero mais produzido no estado de São Paulo (Medeiros *et al.*, 2024; Santi, 2021).

Figura 3: *Pleurotus djamor* - cogumelo salmão coletado em campo - Serra dos Cavalos. - PE.



Fonte: O autor (2022).

O gênero *Pleurotus* compreende mais de 200 espécies, amplamente consumidas em todo o mundo como cogumelos comestíveis. Com um crescimento anual estimado em 15%, esse gênero ocupa a segunda posição entre os cogumelos mais consumidos globalmente (Espinosa-Páez *et al.*, 2021). Algumas espécies, como o cogumelo ostra (*Pleurotus ostreatus*) e o cogumelo salmão (*Pleurotus djamor*),

destacam-se pelo aroma característico, palatabilidade, propriedades nutraceuticas e valor gastronômico, atributos que despertam grande interesse entre os consumidores (Martínez-Flores; Contreras-Chávez; Garnica-Romo, 2021). Em virtude de seu elevado teor de compostos antioxidantes, substâncias bioativas e β -glucanas, o gênero *Pleurotus* tem sido explorado como fonte natural de aditivos alimentares (Dicks; Ellinger, 2020; Espinosa-Páez *et al.*, 2021).

Além disso, devido à sua composição nutricional, os cogumelos do gênero *Pleurotus* vêm sendo cada vez mais valorizados como alimentos funcionais. Os compostos bioativos documentados neste gênero são: β -glucanos, proteínas, compostos fenólicos e terpenos. Esses compostos são responsáveis por várias funções benéficas, como suas capacidades antioxidantes, antitumoral, hipocolesterolêmicas, hepatoprotetoras, hipoglicemiantes, antibióticas e antifúngicas (Martínez-Flores; Contreras-Chávez; Garnica-Romo, 2021; Tavares; Pereira, 2024; Vega *et al.*, 2022).

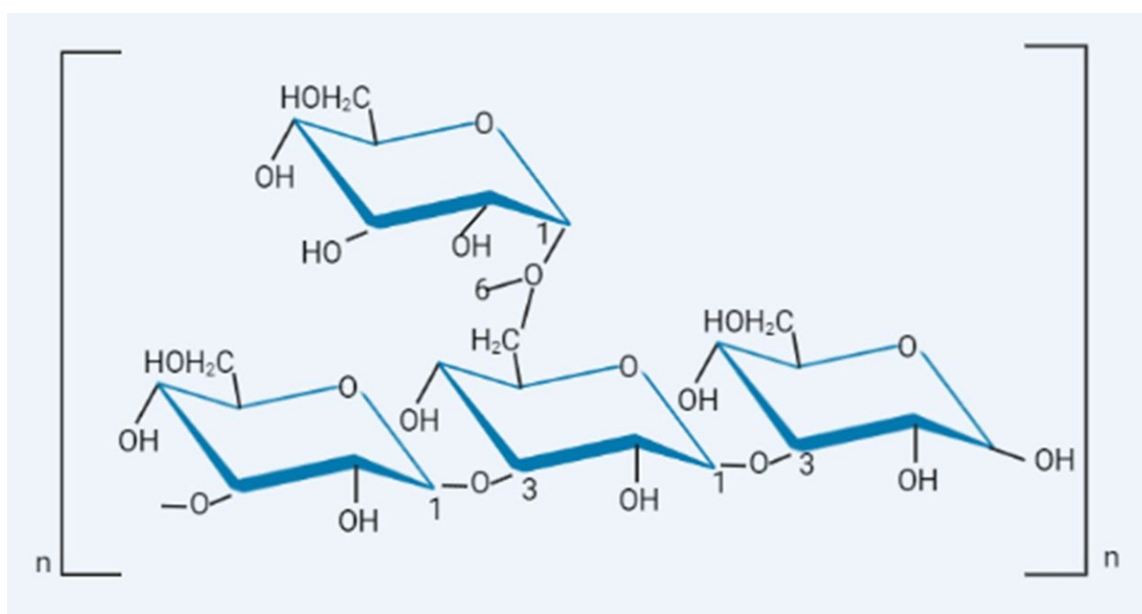
As substâncias lentinana e esquizofilana, por exemplo, são duas glucanas fúngicas produzidas por espécies do gênero *Pleurotus* que têm sido utilizadas como imunoadjuvantes no tratamento oncológico, especialmente em países asiáticos. Essas glucanas exercem presumivelmente seus efeitos antitumorais por meio da ativação do sistema imunológico do hospedeiro (Kozarski *et al.*, 2011). Além deste papel terapêutico, os β -glucanos são classificados como fibras solúveis com potente ação prebiótica, sendo reconhecidos por sua capacidade de modular a resposta imune e por apresentarem atividades antioxidante (Sharma; Sharma; Tripathi, 2021; Tavares; Pereira, 2024; Törös *et al.*, 2023). Seu consumo parece estar associado, também, à indução de citocinas anti-inflamatórias e à capacidade antiviral (Vlassopoulou *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2022).

Além de suas reconhecidas propriedades bioativas, os β -glucanos também se destacam por suas funcionalidades tecnológicas de interesse para a indústria de alimentos, como a capacidade de reter umidade, formar espumas e géis, além de atuarem como agentes emulsificantes. Essas características tornam os β -glucanos úteis como espessantes e gelificantes em formulações alimentícias, especialmente no desenvolvimento de novos produtos com baixo teor de gordura, mas com aceitável textura (Kaur *et al.*, 2020; Sharma; Sharma; Tripathi, 2021).

Estas multifuncionais substâncias são polímeros de glucose largamente difundidos na natureza e classificadas conforme o tipo de ligação glicosídica, em α -

glucanos e β -glucanos (Figura 4). Em fungos, de maneira geral, a β -glucanas é a mais comum, e estão presentes como componentes secundários do citosol, da parede celular e também como exopolissacarídeos liberados no meio extracelular. Na estrutura da parede celular fúngica, esses polímeros estão comumente associados a proteínas, lipídios e outros carboidratos, como as mananas. Embora a função específica das glucanas na fisiologia fúngica ainda não esteja completamente elucidada, acredita-se que sua principal função estrutural seja conferir rigidez e manter a integridade da parede celular (Sharma; Sharma; Tripathi, 2021).

Figura 4: Estrutura química básica da cadeia principal dos β -glucanos ramificados.



Fonte: Sharma; Sharma; Tripathi, 2021.

Além disso, sua forma de exopolissacarídeo pode desempenhar funções metabólicas como contribuir para a proteção das hifas contra desidratação, envolvimento na degradação da lignina, além de regular a concentração extracelular de glicose. Apesar do potencial biotecnológico, muitos exopolissacarídeos fúngicos ainda não foram suficientemente estudados ou explorados em escala industrial. Diversos desses biopolímeros exibem propriedades reológicas com grande aplicabilidade, sendo particularmente reconhecidos por suas funções espessantes, gelificantes e emulsificantes, além de sua aplicação na indústria cosmética como agentes hidratantes (Corradi da Silva *et al.*, 2006; Perez-Gonzalez *et al.*, 2023; Stoica *et al.*, 2023).

Os fungos são conhecidos por seus benefícios nutricionais e terapêuticos. No entanto, eles também contêm certas substâncias antinutricionais que podem afetar seu valor nutricional e a biodisponibilidade de nutrientes. Essas substâncias, embora ocorram naturalmente, podem ter implicações tanto para a saúde humana quanto para a utilização desses cogumelos em várias aplicações. A quantificação de compostos antinutricionais permite avaliar a qualidade nutricional de fungos comestíveis, indicando se eles são seguros para consumo e se contribuem para a absorção de nutrientes essenciais. Nos fungos, uns dos principais compostos antinutricionais comumente presentes são os taninos e as saponinas (Abebaw, 2020; Kityania *et al.*, 2022).

Os taninos, uma classe de compostos polifenólicos, são conhecidos por seu duplo papel como substâncias benéficas e antinutricionais. Em fungos, os taninos podem influenciar o crescimento e o valor nutricional, assim como protege-os contra predação e proliferação microbiana. Apesar de também contribuírem para as propriedades antioxidantes, esses compostos apresentam certas limitações, uma vez que podem reduzir a biodisponibilidade de minerais específicos e interferir na digestibilidade das proteínas (Tanaka, 2024).

Os taninos têm o poder de precipitar proteínas, levando à redução da digestibilidade das proteínas e da absorção de nutrientes (Ai; Miao; Mai, 2011). Ao interagir com as enzimas digestivas, os taninos também podem diminuir a eficiência da digestão de nutrientes, contribuindo ainda mais para seu perfil antinutricional (Tanaka, 2024). Assim como essas substâncias podem alterar a diversidade microbiana no trato gastrointestinal, o que pode afetar a absorção de nutrientes e a saúde geral do organismo que consome o fungo (Ai; Miao; Mai, 2011). As espécies de *Pleurotus*, contêm níveis variáveis de taninos, dependendo do substrato usado para o cultivo. Por exemplo, *Pleurotus ostreatus* cultivado em serragem de *Castanea sativa* apresentou alto teor de tanino, o que se correlaciona com suas propriedades antioxidantes (Yildiz *et al.*, 2017).

Embora as saponinas estejam associadas principalmente às plantas, sua presença nos fungos destaca a complexidade do metabolismo secundário dos fungos. Há uma grande variabilidade na produção de saponina entre diferentes espécies e cepas de fungos, como *Penicillium sp.* (2.049 mg de saponinas/mL), *Camarosporium leucadendri* (0.156 mg de saponinas/mL), *Dictyochoeta sp.* (0.162 mg de saponinas/mL) (Wu *et al.*, 2012; Tsoupras; Davi, 2024). Assim como vários fungos

podem interferir na produção de saponinas pelas plantas em que estão crescendo. Por exemplo, foi demonstrado que o *Fusarium* sp, um fungo endofítico de *Dioscorea nipponica*, aumenta significativamente o conteúdo de saponina em sua planta hospedeira. Isso sugere que certos fungos podem aumentar a produção de saponina por meio de relações simbióticas, embora os mecanismos exatos permaneçam sob investigação (Ding *et al.*, 2022).

As saponinas de fungos exibem uma série de atividades biológicas, incluindo propriedades antifúngicas, antibacterianas e antivirais. Essas atividades estão frequentemente ligadas à capacidade das saponinas de se ligarem aos esteróis da membrana celular, interrompendo as funções celulares (Gupta *et al.*, 2009). No estudo de Ding *et al.* (2022), por exemplo, identifica e caracteriza o genoma de *Fusarium* sp., um fungo endofítico associado à *Dioscorea nipponica*. Eles revelam a presença de genes-chave enzimáticos que facilitam a transformação de vários compostos em saponinas, aumentando assim a produção de saponina para defesa, como os ginsenosídeos Re e Rb2 contra patógenos como *Staphylococcus aureus*, sugerindo seu uso potencial no desenvolvimento de agentes antimicrobianos naturais.

Por outro lado, algumas saponinas específicas e resíduo de açúcar de saponinas produzidas por fungos são essenciais para a indução da frutificação em fungos, como em *Pleurotus ostreatus* (Li *et al.*, 2020). Desta forma, os fungos são importantes fontes desses compostos bioativos, que são aplicados para diferentes fins, especificamente, na área farmacêutica e nutracêutica, como no desenvolvimento de anti-inflamatórios, imunomoduladores, antineoplásicos e imunossupressores (Tsoupras; Davi, 2024).

Embora os componentes antinutricionais dos fungos possam representar desafios, eles geralmente estão presentes em baixas concentrações que não diminuem significativamente os benefícios nutricionais e terapêuticos gerais dos cogumelos. Além disso, o processamento e o cozimento de cogumelos podem reduzir ainda mais os níveis desses fatores antinutricionais, aumentando sua segurança e valor nutricional (Ai; Miao; Mai, 2011).

3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho visa ampliar o conhecimento científico sobre o potencial nutritivo e econômico de espécies nativas da Caatinga com potencial alimentício. O Brasil possui uma grande quantidade de espécies pouco exploradas, que poderiam apresentar interesse potencial para a agroindústria e uma possível fonte de renda para a população local. Isto porque o consumo de produtos naturais nativos, e seus derivados, aumentou nos mercados nacionais e internacionais devido ao crescente reconhecimento de seu valor nutricional e terapêutico. Além disso, a presença de compostos bioativos nas plantas e nos fungos pode também levar a sua utilização como matéria-prima em diferentes setores industriais, como alimentício, cosmético, nutracêutico e farmacológico, aumentando o valor agregado das espécies.

A tese representa também uma contribuição para a sociedade, reconhecendo e valorizando o conhecimento tradicional sobre espécies utilizadas por comunidades da Caatinga. Assim, contribui para a melhora das suas condições nutricionais, autonomia alimentar, favorecimento da segurança alimentar e nutricional e o incentivo à preservação e uso sustentável desta vegetação, o que estimula a conservação dos habitats destas espécies. Também permite o estímulo ao cultivo de plantas e fungos não convencionais e avanços do conhecimento na área de Ciências dos Alimentos através da elaboração de seus gêneros derivados. Desta forma, os resultados gerados são promissores no campo da bioprospecção, incentivando o progresso e desenvolvimento de novos produtos.

4 HIPÓTESE

As partes comestíveis de plantas e fungos nativos da Caatinga apresentam valores nutricionais consideráveis e características físico-químicas que possibilitam a fabricação de produtos alimentícios com alta estabilidade e que mantenham suas características nutricionais.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial nutricional e tecnológico partes comestíveis de plantas e fungos não convencionais da Caatinga e agregar valor a eles por meio da elaboração de produtos alimentares derivados.

5.2 Objetivos Específicos

- Produzir cogumelos desidratados em menor tempo utilizando diferentes pré-tratamentos.
- Avaliar o efeito de diferentes pré-tratamentos de secagem nas características físico-químicas e nutricionais do cogumelo desidratado
- Determinar o teor de compostos bioativos e β -glucana nas amostras in natura e desidratadas com diferentes métodos de pré-tratamento.
- Avaliar a atividade antioxidante das amostras utilizando dois métodos de quantificação, relacionando com os diferentes pré-tratamentos.
- Analisar os teores de substâncias antinutricionais (taninos e saponinas) nas amostras in natura e desidratadas, avaliando a influência dos métodos aplicados previamente à secagem.
- Produzir, caracterizar e analisar a estabilidade dos óleos de licuri sob diferentes embalagens;
- Desenvolver uma metodologia de extração de óleo da licuri assistida por ultrassom, utilizando temperaturas mais baixas, com menor quantidade de solvente e em menor tempo que a extração convencional por Soxhlet.
- Avaliar os efeitos independentes e combinados dos fatores tempo, proporção de solvente para sólido e temperatura do banho ultrassônico no rendimento final do óleo.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Seleção e preparo das amostras

Para a coleta das plantas e fungos, foram realizadas expedições, nos meses de agosto e setembro, no Parque Nacional do Catimbau, uma área de vegetação caducifólia espinhosa (Caatinga) do município de Buíque - Pernambuco, Serra dos Cavalos do município de Caruaru – Pernambuco, no município de Utinga e na Região do Piemonte da Diamantina - município de Capim Grosso - Bahia. As espécies foram escolhidas de acordo com a indicação de uso popular pela comunidade local, disponibilidade no decorrer do desenvolvimento da pesquisa e carência de estudos do ponto de vista bioquímico e nutricional. As espécies selecionadas foram o licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari) e o cogumelo salmão (*Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn).

As amostras de plantas foram coletadas diretamente de suas plantas de origem, em seus cachos, em suas áreas de ocorrência, então higienizadas e armazenadas sob temperatura de congelamento em sacos selados a vácuo, até o momento do uso. Já para o fungo, expedições foram feitas no período chuvoso (quando ocorre o pico de esporulação) e foram coletados os corpos de frutificação (parte reprodutiva). Estes foram armazenados dentro de sacos de papel, devidamente identificados e secos em estufa a 45-50°C, para posterior cultivo em laboratório.

O óleo do licuri foi obtido de duas maneiras distintas. A primeira foi através da colaboração com a cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina (Coopes), com o objetivo de analisar a estabilidade e composição físico-química. Já, a segunda maneira foi por extração em laboratório, descritas a seguir, a partir dos frutos do licuri, comercializados em mercado local do município de Utinga (BA) e Buíque (PE).

6.2 Cogumelo Salmão (*Pleurotus djamor*)

6.2.1 Produto alimentício derivado do cogumelo

Os cogumelos frescos são altamente perecíveis, pois começam a deteriorar-se em um a dois dias à temperatura ambiente após a colheita. Então optou-se pela sua desidratação, uma vez que existem vários estudos e usos na literatura relacionados à

secagem de cogumelos (Moutia, Lakatos e Kovács, 2024; Pérez-Bassart *et al.*, 2024; Siti-Nuramira *et al.*, 2022). Foi, então, primeiro efetuado o cultivo do cogumelo salmão em laboratório, para assim produzir os cogumelos desidratados.

6.2.2 Cultivo em laboratório

A aquisição de cultura pura das espécies comestíveis coletadas foi de acordo com Stamets (2000). Um basidioma fresco e jovem teve sua superfície limpa com etanol 70%, e posteriormente cortado ao meio para expor seu conteúdo interno. Fragmentos do basidioma foram retirados de regiões de crescimento ativo e transferidos para três placas de Petri contendo o meio de cultura Extrato de Malte Ágar (1L de água destilada, 20g de agarose, 20g de extrato de malte, 2g de extrato de levedura, 1g de peptona, 250mg de ampicilina). As placas inoculadas foram incubadas a 25°C durante sete dias.

O micélio em crescimento ativo foi posteriormente inoculado em substratos para crescimento e produção de basidiomas. O método de cultivo em substrato descrito a seguir segue uma adaptação dos métodos descritos por Stamets (2000) e Rampinelli *et al.* (2010).

Como substrato para o cultivo dos fungos, foi utilizado palha de bananeira, consistindo em folhas de bananeira cortadas em 2 a 5 cm², secas em estufa a 60°C por 1 hora e embaladas em sacos de polipropileno. Este material foi imerso em água por 12 horas e após este período, o excesso de água foi drenado por aproximadamente 2 horas. Posteriormente, 500 g do substrato foram ensacados em plástico resistente ao calor e esterilizados em autoclave para diminuir as chances de contaminação. Em seguida, 280g do substrato foi colocado em sacos de polipropileno (13 x 18 cm), adicionados de 10% de farelo de arroz, tampados, fixados com fita crepe e pasteurizados em vapor d'água por 1 hora. O substrato, à temperatura ambiente, foi inoculado com o micélio em crescimento ativo em meio de cultura descrito anteriormente, e incubados na ausência de luz a 25°C $\pm$ 2°C até a colonização completa do substrato.

6.2.3 Incubação, frutificação e colheita

Apenas quando todos os tratamentos atingiram a colonização total, os sacos eram transferidos simultaneamente para a estufa de produção. Essa padronização

garantiu que todos iniciassem a fase de frutificação sob as mesmas condições de umidade, luminosidade e temperatura ($25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), sendo monitorados diariamente até o surgimento dos basidiomas (Figura 5). Durante esse tempo, foram feitas duas medições diárias da temperatura utilizando termômetro digital.

Figura 5: Visão lateral do cogumelo salmão pronto para ser colhido em laboratório.



Fonte: O autor (2022)

Após 20 dias de crescimento do micélio em temperatura ambiente, orifícios de aproximadamente 2 cm de diâmetros foram recortados em ambos os lados dos sacos de polipropileno, para estimular a produção de basidiomas. Os cogumelos foram colhidos quando as margens do píleo apresentavam-se planas, estágio este precedente a esporulação (figura 6). Os corpos frutíferos foram colhidos com bisturi, colocados em bandejas e pesados em balança semi-analítica para determinação da massa úmida.

Figura 6: Sacos com substrato e colônia fúngica em crescimento.



Fonte: O autor (2022)

Os sacos foram umidificados de uma a duas vezes por dia, conforme a necessidade, por meio de sistema de irrigação da estufa. Quando detectada a presença de primórdios de frutificação, os sacos eram ligeiramente abertos para facilitar a frutificação do cogumelo. Cada corpo de frutificação foi coletado, e armazenado em sacos a vácuo sob refrigeração (4°C) por, no máximo, 24 horas.

6.2.4 Obtenção dos cogumelos desidratados

Os corpos de frutificação do Cogumelo Salmão foram desidratados em estufa na temperatura de 60°C, utilizando três pré-tratamentos: embebido em 100 ml de solução de ácido cítrico a 1% por 20 minutos; embebido em 100 ml de água e passando por ondas ultrassônicas (25 kHz) por 20 minutos; embebido em 100 ml de ácido cítrico a 1% e passando por ondas ultrassônicas (25 kHz) por 20 minutos. Os corpos de frutificação frescos dos cogumelos cultivados foram limpos com água, cortados em fatias (cerca de 3 mm de espessura) e colocados em estufa. Todas as amostras terão teor de umidade de 0,19 kg de água/kg em base seca (ou 16% em base úmida), valor abaixo do máximo exigido pela legislação brasileira para produtos secos (Brasil, 2005). Para padronização, os fungos foram cortados em fatias de

mesma dimensão (2,0 x 2,0 x 0,3 cm) para, assim, sofrerem um os mesmos efeitos da secagem (figura 7). As metodologias de pré-tratamento com ultrassom e com o ácido cítrico foram baseadas nas metodologias de KUYU et al. (2018) e Mothibe et al. (2011), respectivamente.

Figura 7: Fatia padronizada do cogumelo salmão.



Fonte: O autor (2019)

6.2.5 Análises microbiológicas dos cogumelos, in natura e desidratados

Com o objetivo de determinar o grau indicativo das condições higiênico sanitárias do processo de obtenção dos cogumelos desidratados, foram realizados os ensaios analíticos indicados ao tipo de alimento em estudo. As determinações microbiológicas do número de bactérias do grupo coliformes a 45 °C, bem como a análise de *Salmonella* sp. (expressa em presença ou ausência em 25 g) e Bolores e leveduras/g, foram realizadas seguindo as diretrizes gerais da RDC nº. 12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (Brasil, 2019).

6.2.6 Características físico-químicas

A atividade de água foi medida utilizando um aparelho portátil (Decagon, PawKit), a temperatura de 25°C. A determinação do pH foi realizada em pHmetro digital, com o equipamento calibrado com soluções padrão pH 7 e 4. Os açúcares totais e redutores foram analisados pelo método titulométrico de Lane-Eynon. A acidez titulável foi determinada por titulação com solução NaOH 0,1N, utilizando-se uma

solução de fenolftaleína 1% como indicador. Para a determinação dos sólidos solúveis, as amostras foram maceradas e colocadas em refratômetro de bancada (Atago, modelo Pocket PAL-3), com os valores obtidos expressos em °Brix (AOAC, 2005; IAL, 2005). As determinações de umidade, resíduo mineral fixo, proteína, lipídeos e carboidratos foram realizadas de acordo com AOAC (2005). Para o cálculo do conteúdo proteico, o valor de nitrogênio obtido foi convertido em proteína utilizando-se o fator de conversão 4,38, o qual é recomendado para cogumelos devido à elevada presença de compostos nitrogenados não proteicos (NPN), como a quitina, conforme indicado por Rashidi e Yang (2016).

6.2.7 Compostos bioativos

A quantificação dos fenóis totais presentes nos extratos de cogumelos foi realizada utilizando o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, com base no protocolo descrito por Djeridane *et al.* (2006), adaptado com algumas modificações. Para a extração, 2 g de amostra de cogumelo foram homogeneizados em 10 mL de metanol a 80% e submetidos à centrifugação por 10 minutos a 3492 g (força centrífuga relativa). Do sobrenadante obtido, alíquotas de 0,1 mL foram adicionadas a 2 mL de uma solução de carbonato de sódio a 2% (Na_2CO_3). Após dois minutos, 0,1 mL do reagente de Folin-Ciocalteu, previamente diluído com água deionizada na proporção 1:1 (v/v), foi acrescentado. A mistura resultante foi homogeneizada e incubada por 45 minutos, protegida da luz e à temperatura ambiente. A absorbância foi então mensurada a 750 nm em espectrofotômetro, utilizando uma amostra controle contendo metanol no lugar do extrato. A concentração de fenóis totais foi calculada a partir de uma curva padrão de ácido gálico e expressa como miligramas de equivalentes de ácido gálico por grama de amostra (mg EAG g^{-1}).

A quantificação de flavonoides totais foi avaliada de acordo com a metodologia descrita por Lin e Tang (2007), onde as amostras (25 μL) foram homogeneizadas juntamente com água ultrapura (152,5 μL) e nitrito de sódio (5%, 7,5 μL). Após 6 minutos, foi adicionado cloreto de alumínio (10%, 15 μL) e incubou-se por 5 minutos, em temperatura ambiente. Por fim, foi adicionado hidróxido de sódio (1 M, 50 μL) e a mistura reacional foi incubada por 15 minutos, em temperatura ambiente. Após o tempo de reação, leituras espectrofotométricas foram realizadas a 510 nm, sendo os resultados expressos em mg de equivalentes de quercetina por grama de massa seca.

A análise do conteúdo de ácido ascórbico foi conduzida segundo protocolo adaptado da AOAC (2002). Para isso, aproximadamente 5 g das amostras foram triturados em uma solução de ácido oxálico a 0,5% e, em seguida, o extrato obtido foi filtrado. Uma alíquota de 5 mL deste filtrado foi titulada utilizando-se o corante indicador 2,6-diclorofenol-indofenol (DFI), sendo o ponto final da titulação caracterizado pelo aparecimento de uma coloração rósea persistente por pelo menos 30 segundos. A concentração de ácido ascórbico foi então determinada com base na diferença de volume da solução de DFI consumida durante a titulação, expressando-se os resultados em miligramas de ácido ascórbico por 100 gramas de amostra seca.

6.2.8 Atividade Antioxidante

A atividade de sequestro do radical DPPH foi determinada usando o método descrito por Baliyan *et al.* (2022) com algumas modificações. A reação consistiu em 50 µL de cada amostra com 2,95 mL de solução radical DPPH 60 µM dissolvida em metanol. Após incubação por 30 minutos no escuro, a leitura da absorbância foi realizada a 517 nm usando um espectrofotômetro Spectroquant®, modelo Pharo 300. O ácido gálico foi usado como padrão. A porcentagem de inibição foi determinada em relação ao branco a partir dos valores de absorbância usando a seguinte equação:

$$\text{Inibição DPPH (\%)} = \left[\frac{(\text{Abs}_{\text{branco}} - \text{Abs}_{\text{Amostra}})}{\text{Abs}_{\text{branco}}} \right] \times 100,$$

onde $\text{Abs}_{\text{branco}}$ é o valor de absorbância do controle negativo no momento da preparação da solução e $\text{Abs}_{\text{Amostra}}$ é o valor de absorbância da amostra.

A atividade de sequestro de radicais ABTS foi realizada com base no método descrito por Re *et al.* (1999). Resumidamente, os radicais ABTS foram pré-gerados adicionando 5 mL de uma solução de persulfato de potássio 4,9 mM a 5 mL de uma solução de ABTS 14 mM e mantidos por 16 horas no escuro. Diferentes concentrações dos extratos foram adicionadas à solução ativada de ABTS pré-gerada. Esta solução foi diluída com água destilada até chegar em uma absorbância de 0,70 a 734 nm. Ácido gálico (50 µg/mL) foi usado como composto de referência. Então, 50 µL de ácido gálico ou soluções de extratos (amostras de teste) foram adicionados a 950 µL de solução de ABTS e agitados por 10 s. Após 6 min, a redução na absorbância foi

medida a 734 nm, usando água destilada como branco. A porcentagem de inibição foi determinada a partir dos valores de absorbância usando a seguinte equação:

$$\text{Inibição ABTS (\%)} = \left[\frac{(\text{Abs}_{\text{branco}} - \text{Abs}_{\text{amostra}})}{\text{Abs}_{\text{branco}}} \right] \times 100,$$

onde $\text{Abs}_{\text{branco}}$ é o valor de absorbância do branco no momento da preparação da solução (não contendo o composto de teste) e $\text{Abs}_{\text{amostra}}$ é o valor de absorbância da amostra.

6.2.9 Determinação de β -glucanas

O conteúdo de β -glucana das matérias-primas foi determinado usando o kit enzimático 'Mushroom and Yeast Beta-Glucan K-YBGL' (Megazyme) de acordo com as instruções do fabricante (McCleary & Draga, 2016). De forma resumida, as amostras foram previamente moídas e incubadas em H_2SO_4 12 M (resfriado por 2 horas), visando à solubilização das glucanas. Na etapa seguinte, foi realizada a hidrólise das amostras em H_2SO_4 2 M a 100 °C por 2 horas. Após esse processo, quaisquer fragmentos remanescentes de glucanas foram hidrolisados quantitativamente em glicose por meio de uma mistura enzimática contendo exo-1,3- β -glucanase e β -glucosidase altamente purificadas, permitindo a quantificação das glucanas totais. Os teores de α -glucana e sacarose presentes nas amostras foram determinados por hidrólise específica, liberando D-glicose e D-frutose. A quantificação da glicose foi realizada com o uso das enzimas amiloglucosidase e invertase, utilizando o reagente GOPOD. O conteúdo de β -glucana foi obtido pela diferença entre a glucana total e a α -glucana.

6.2.10 Quantificação de compostos antinutricionais

6.2.10.1 Taninos

Foi utilizada a metodologia sugerida pela Farmacopeia Europeia (método 2.8.14) (Ph. Eur., 2023), no qual são obtidos os teores de polifenóis totais e polifenóis não-tânicos (residuais). A diferença entre eles constitui o teor de taninos. Algumas modificações da metodologia foram realizadas para melhor extrair todo o conteúdo de taninos (condensados e hidrossolúveis), fato este comprovado na revisão de Das *et al* (2020) sobre extração de taninos. Para tal, os extratos foram obtidos pelo método

de extração contínua a quente utilizando um aparelho Soxhlet com methanol 60%. Então, 1 g de material já seco e moído (passadas por peneiras de aberturas de 0,850 mm - 20 Mesh), foram colocados em um aparelho Soxhlet e extraídos por 3 horas em temperatura de 60°C. O extrato foi concentrado em um rotaevaporador à 60°C e a solução obtida foi transferida para balão volumétrico de 250 mL, com subseqüentes lavagens até a remoção total do conteúdo. Completou-se o volume com água destilada e, após a decantação, o sobrenadante foi filtrado em papel-filtro. Os primeiros 50 mL foram desprezados.

Primeiramente, para quantificar os polifenóis totais, 5,0 ml do extrato foi diluído em água destilada até completar um balão volumétrico de 25 ml. Então, foi retirado 2 ml deste extrato diluído e colocado em outro balão de 25 ml com 2,0 mL de reagente de Folin-Ciocalteu e 10,0 ml de água destilada. O balão foi completado à 25 ml com uma solução de carbonato de sódio a 10,75% (m/v). Após 30 minutos, ao abrigo da luz, a absorbância foi medida em um comprimento de onda de 760 nm (A_1), utilizando espectrofotômetro (Spectroquant®, modelo Pharo 300) e utilizando água destilada como solução de compensação. Foram medidas as absorbâncias dos extratos em triplicata de cada produto.

Já para a quantificação de polifenóis residuais e posterior cálculo de taninos totais, foram utilizados 10,0 ml do extrato juntamente com 50 mg de polivinilpolipirrolidona (PVPP-P6755 - Sigma) diluída em 10 ml de água destilada. Esta solução foi colocada em tubos de ensaio e vigorosamente misturadas em agitador vórtex por 5 minutos. Então, a solução foi submetida à agitação mecânica em mesa agitadora (Marconi, modelo MA140/CF) sob agitação de 200 rpm por 60 min e, em seguida, filtrados em papel-filtro. Após filtração, 5,0 mL deste filtrado foi colocado em balão volumétrico de 25 ml, completado com água destilada, e mantidos sob refrigeração, ao abrigo de luz, até momento da análise. Para medição da absorbância, uma alíquota de 2,0 ml da solução preparada foi misturada com 2,0 ml de reagente Folin-Ciocalteu, 10,0 ml de água destilada e 11 ml de solução de carbonato de sódio a 10,75% (m/v), incubada por 30 minutos e lida em espectrofotômetro em comprimento de onda de 760 nm (A_2), utilizando água destilada como solução de compensação.

O mesmo procedimento foi realizado com a solução padrão de pirogalol (ácido pirogálico). Solução esta preparada primeiro com uma diluição de 25,0 mg de pirogalol em 50 ml de água destilada. Posteriormente, 5,0 ml desta solução foi diluída com 95

ml água destilada. Para medição da absorvância a 760 nm (A_3), em um balão volumétrico de 25 mL foram adicionados 2,0 ml da solução padrão de pirogalol, seguidos de 3,0 ml do reagente de Folin-Ciocalteu e 10,0 ml de água destilada. O volume final foi então completado com solução de carbonato de sódio a 10,75% (m/v).

Para a quantidade de taninos totais, foi feita a diferença entre a absorvância dos polifenóis totais e dos polifenóis não-tânicos (residuais). O conteúdo de tanino foi expresso com base em uma curva padrão de pirogalol (0,8, 1,6, 2,4, 3,2 e 4,0 µg/ ml), e foi expresso em porcentagem de pirogalol, determinado de acordo com a equação abaixo, como descrito na Farmacopéia Européia (Ph. Eur., 2023):

$$TT = \frac{62,5 (A_1 - A_2) \times m_2}{A_3 \times m_1}$$

onde TT representa o teor de taninos totais; m_1 é a massa da amostra (em gramas); m_2 é a massa do pirogalol (em gramas); A_1 é a absorvância da amostra para polifenóis totais; A_2 é a absorvância da amostra para polifenóis não adsorvidos em polivinilpolipirrolidona; e A_3 é a absorvância da solução padrão de pirogalol.

6.2.10.2 Saponinas

A quantificação de saponinas foi realizada por método colorimétrico, baseado em Dini (2009) e complementado por Liu *et al.* (2016), com modificações. As diferentes amostras de fungos secos foram trituradas e peneiradas em peneira de 20 mesh (abertura de 1,00mm) para padronização. Em seguida, foi feita a obtenção dos extratos. Foram pesados 1,0 g de cada material seco, acondicionados em erlenmeyer de 125 ml, aos quais foram adicionados 20 mL de solução de metanol 70% (v/v). Os erlenmeyers foram mantidos sob agitação de 80 rpm em mesa agitadora (Marconi, modelo MA140/CF) por 12 horas a temperatura ambiente. Após esse período, os extratos foram transferidos para tubos tipo Falcon® de 50 ml, dissolvidos em 10,0 ml de água destilada com 2 mL de acetona, e centrifugados a 3000 rpm por 15 minutos.

O precipitado obtido após centrifugação foi redissolvido em 0,5 mL de MeOH 80% em tubos de ensaio. A este tubo foram adicionados 0,5 mL de solução etanólica de vanilina a 8% e 5 mL de ácido sulfúrico a 72% em água (v/v). A mistura dos reagentes foi realizada em um banho de gelo com termostato a 0 °C para completa homogeneização. A mistura foi então aquecida a 60 °C por 30 min e então medida em

um comprimento de onda de 544 nm em espectrofotômetro (Spectroquant®, modelo Pharo 300). A curva de calibração foi estabelecida na faixa de 0,012–0,36 mg/mL.

6.3 Licuri (*Syagrus coronata*)

6.3.1 Produto alimentício derivado do licuri

Para a semente do fruto do licuri (Figura 8), por seu albúmen/amêndoa ser alto teor de óleo (Silva *et al.*, 2015), foi realizado o estudo da produção de seu óleo. Produção esta já realizada pela comunidade de Capim Grosso - BA, na cooperativa COOPES (Cooperativa de Produção da Região do Piemonte da Diamantina), que cedeu a quantidade necessária de óleo a ser utilizada para os experimentos de estabilidade em armazenamento. Este óleo foi extraído por prensagem, em prensa hidráulica (Figura 9), das amêndoas colhidas por trabalhadores da cooperativa e armazenado em galões de polipropileno de cinco litros a temperatura de 5°C. Já para o teste de rendimento e eficácia de extração do óleo, foram utilizados frutos obtidos em comércios locais, tanto em Buique (PE) quanto em Utinga (BA). Foi assegurado, por testes prévios, que os frutos de ambos os estados possuíam o mesmo teor de lipídios.

Figura 8: Corte esquemático do fruto do Ouricuri para identificar sua constituição.



Fonte: Santos, 2015.

Figura 9: Prensa hidráulica utilizada pela cooperativa COOPES para extração do óleo de licuri.



Fonte: O autor (2019)

6.3.2 Análises físico-químicas do azeite de licuri

No óleo foram realizadas as análises físicas de densidade por leitura direta em densímetro, viscosidade por meio de viscosímetro e índice de refração por leitura em refratômetro. As análises físico-químicas de índice de peróxidos, índice de acidez, índice de saponificação e índice de iodo foram determinadas por método descrito por Moretto e Fett (1998). Para a análise do perfil de ácidos graxos, os azeites foram primeiramente submetidos à hidrólise com solução metanólica de KOH, tratados e então submetidos a análise em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas. Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram identificados por comparação com padrões e com espectros da biblioteca Wiley275 (Wiley, New York) (AOCS, 2004).

6.3.3 Estabilidade oxidativa do azeite de licuri

A estabilidade oxidativa foi medida através do tempo de indução à oxidação em aparelho Rancimat 892 Professional. O óleo foi aquecido a $120 \pm 1,6$ °C com fluxo de ar de 0,2L/h até que seja atingido o tempo de indução (Amaral *et al.*, 2003), de acordo com a norma ISO 6886:2009 (ISSO, 2009), utilizando uma amostra de $3,0 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}$ no tubo e 60mL de água deionizada no “copo”. O método Rancimat baseia-se na determinação condutométrica dos produtos de degradação voláteis gerados pela oxidação induzida termicamente dos óleos. O tempo de indução, é calculado como o ponto final antes da rápida deterioração dos lipídios. Todas as amostras foram estudadas sob fluxo de ar constante ($0,2 \text{ L h}^{-1}$), medidos no comprimento de onda 589 nm. Os tempos de indução foram impressos automaticamente pelo software do aparelho com precisão de 0,005.

6.3.4 Estabilidade durante o armazenamento do azeite de licuri

Os ensaios experimentais foram conduzidos com óleo de licuri de mesmo lote. Ele foi fracionado nas seguintes embalagens de 100 ml: PET (polietileno tereftalato), vidro na cor âmbar e vidro transparente (Figura 10). Todos foram armazenados nas mesmas condições durante 18 meses, a temperatura ambiente em ambiente escuro. Para monitorar sua estabilidade ao armazenamento, a cada três meses foram realizadas as análises físico-químicas e verificação de sua estabilidade oxidativa.

Figura 10: Óleo de licuri armazenado em diferentes embalagens.



Fonte: O autor (2019).

6.3.5 Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS)

A fim de comparar possíveis modificações na composição de ácidos graxos dos óleos de licuri durante o armazenamento, os ésteres metílicos de ácidos graxos foram identificados por GC-MS (Trace 1300 ISQTM, Thermo ScientificTM, Waltham, Massachusetts, EUA) antes e depois de 24 meses de armazenamento, em temperatura ambiente, ao abrigo de luz e em embalagem de vidro transparente. Para a hidrólise e esterificação dos ácidos graxos, seguiu-se a metodologia de Araújo *et al.*, (2019), com adaptações, descritas a seguir: usou-se 500 µL de KOH 0,5 M em metanol foram adicionados em tubos contendo 25 mg de óleo. Os tubos foram agitados por 2 min em vórtex, seguido por adição de 2 mL de n-heptano e nova agitação por 2 min. Os tubos foram centrifugados a 2.000 RPM por aproximadamente 15 min, o sobrenadante separado, e o solvente evaporado sob nitrogênio gasoso.

Alíquotas de 1 µL de FAMES foram injetadas com razão Split 1:20 em uma coluna capilar Agilent J&W DB-5 (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm, Agilent, Santa Clara, CA, EUA). A temperatura do forno foi inicialmente programada para 60 °C (mantida por 3 minutos), sendo então elevada a uma taxa de 10 °C/min até atingir 240 °C. Posteriormente, a temperatura foi incrementada a 60 °C/min até alcançar 300 °C, permanecendo constante por 4 minutos. O gás de arraste utilizado foi o hélio, com fluxo de 1,3 mL/min. As temperaturas do injetor e do detector foram ajustadas para 270 °C e 300 °C, respectivamente. O espectrômetro de massas operou por impacto eletrônico (EI) a 70 eV, com varredura de 1,0 scan a cada 0,5 segundos, cobrindo uma faixa de massas de 40 a 600 amu. A temperatura da fonte de íons foi mantida em 250 °C. Os compostos foram identificados por comparação com dados da biblioteca NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library (NIST 05) e com o padrão comercial SupelcoTM mix C4–C24 (Bellefonte, PA, EUA).

6.3.6 Extração tradicional de óleo de licuri em laboratório

As amêndoas dos frutos de *S. coronata* foram adquiridas em feira popular no município de Utinga (BA) e Buíque (PE) e transportadas, à temperatura ambiente, ao Laboratório de Engenharia de Alimentos e Ambiental (LEAA) da UFPE, onde foram armazenadas sob congelamento. Determinou-se a umidade das amêndoas em triplicata, colocando-se cadinhos com 5 gramas de amêndoas finamente cortadas

cada numa estufa a 105 °C durante 24 horas e avaliando-se o peso das amostras nos cadinhos antes e após a secagem.

No Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos (LEAAL), no Departamento de Nutrição da UFPE, realizou-se a trituração das amêndoas inteiras, ainda congeladas, em um liquidificador industrial de capacidade de 4 L. Em seguida, as sementes trituradas foram passadas por peneiras de 14 Mesh e 20 Mesh, de aberturas de 1,18 mm e 0,850 mm, respectivamente. As partículas de diâmetro intermediário foram encaminhadas à secagem em estufa a 60 °C até peso constante.

O teor de óleo das amêndoas de licuri foi primeiramente determinado em equipamento Soxhlet, que é o método de extração de óleos mais tradicional (AOCS, 2004) para ser o comparativo do teste em estudo – a extração assistida por ultrassom. Realizou-se um experimento fatorial 2² para encontrar o maior rendimento possível para esta técnica e para avaliar os efeitos independentes e combinados dos fatores tempo e proporção de solvente para sólido no rendimento de óleo obtido. As extrações, feitas em triplicata e em ordem aleatória, tiveram tempos de 3h e de 6h e proporções de solvente para sólido de 7 mL/g e de 10 mL/g, sendo empregados 150 mL de n-hexano puro em cada extração. Pesou-se cerca de 21,43 g de amêndoas do fruto do licuri dentro do cartucho poroso quando o ensaio seguia a proporção de 7 mL/g e cerca de 15 g quando a proporção era de 10 mL/g.

Os fatores e os níveis do experimento fatorial 2² encontram-se resumidos na Tabela 1.

Tabela 1: Planejamento do experimento fatorial 2² para extração de óleo de sementes de licuri em Soxhlet com n-hexano como solvente.

Ensaio	Proporção (mL/g)	Tempo (h)
1	7	3
2	10	3
3	7	6
4	10	6

Fonte: O Autor (2019).

Em seguida, realizou-se a extração em Soxhlet com o solvente etanol, em triplicata, nas condições do ensaio de maior rendimento, para comparar a performance dos solventes n-hexano e etanol. Nos ensaios, utilizou-se o n-hexano da marca Química Moderna (99,0% v/v) e o álcool etílico da marca Neon (99,8% v/v). As

massas dos sólidos foram aferidas em balança analítica Tecnal. O aparelho Soxhlet utilizado (Tecnal Sebelin, modelo TE-188) possui chapas aquecedoras e condensadores.

6.3.7 Extração assistida por ultrassom

Foi feito um experimento fatorial fracionado 2^3 com o objetivo de avaliar os efeitos independentes e combinados dos fatores proporção de solvente para sólido, tempo de análise e temperatura do banho ultrassônico no rendimento final de óleo. As extrações em banho ultrassônico (ALTSOONIC Clean, modelo 9IA), realizadas em triplicata e em ordem aleatória, possuíram durações de 30 min e de 60 min, temperaturas de 30 °C e de 50 °C e proporções de solvente para sólido de 7 mL/g e de 10 mL/g, com 150mL de n-hexano puro em cada extração, como resumido na tabela 2.

Tabela 2: Planejamento do experimento fatorial fracionado 2^3 para extração de óleo de sementes de licuri em banho ultrassônico com n-hexano como solvente.

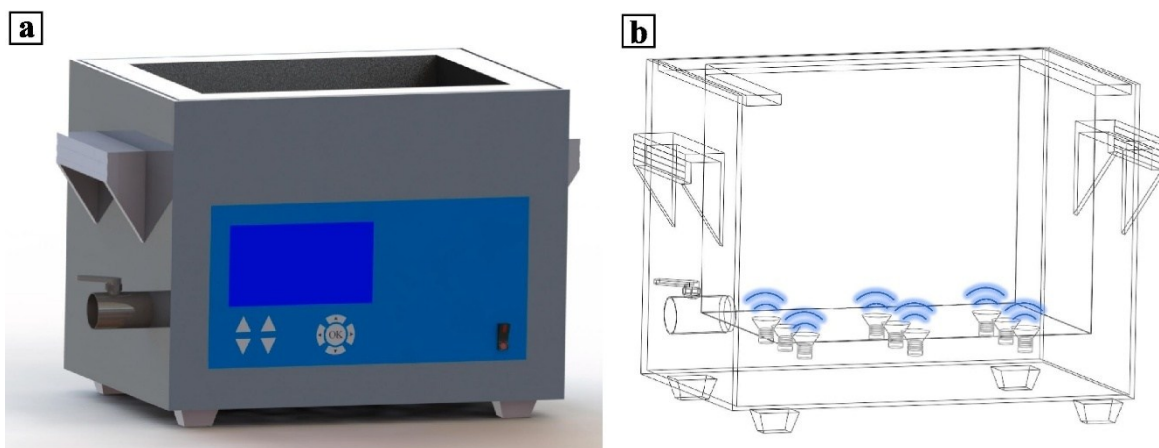
Ensaio	Proporção (mL/g)	Tempo (min)	Temperatura (°C)
1	7	30	30
2	10	30	30
3	7	60	30
4	10	60	30
5	7	30	50
6	10	30	50
7	7	60	50
8	10	60	50

Fonte: O Autor (2019).

Para preparar a extração, as sementes secas e trituradas eram pesadas em balança analítica e colocadas em erlenmeyers de 250 mL, juntamente a 150mL de solvente puro. Após a adição do solvente sobre as amostras nos erlenmeyers, estes eram tampados com rolhas de silicone, manualmente agitados por alguns segundos e então posicionados dentro do banho ultrassônico para a realização da extração com tempo e temperatura pré-definidos. O banho (Figura 11) comportou seis erlenmeyers

e as extrações foram realizadas em triplicata (Figura 12). As massas das amostras sólidas foram aferidas em balança analítica. O banho ultrassônico utilizado, com frequência de 40 kHz e potência ultrassônica de 200 W, permitiu operar o ultrassom com aquecimento às temperaturas de 30 °C ou de 50 °C.

Figura 11: Representação do equipamento de banho ultrassônicos: (a e b)



Fonte: Adaptado de Shen *et al.* (2023).

Figura 12: Extração de óleo de licuri com banho ultrassônico.



Fonte: O Autor (2021).

Para comparar a performance dos solventes n-hexano e etanol, foi realizado outro experimento fatorial 2^3 com os fatores proporção de solvente para sólido, temperatura de análise e solvente utilizado. Essas extrações em banho ultrassônico possuíram 30 minutos de duração e foram realizadas em triplicata e em ordem aleatória. Este experimento fatorial possuiu proporções de solvente para sólido de 7 mL/g e de 10 mL/g, temperaturas de 30 °C e de 50 °C e 150 mL dos solventes n-hexano ou etanol em cada extração, como resumido na tabela 3.

Após a retirada do solvente residual, calculou-se o rendimento percentual da extração, em massa de óleo por massa de amêndoas, de acordo com a equação abaixo:

$$R = \frac{m_{\text{óleo}}}{m_{\text{sólido}}} * 100$$

onde: R é o rendimento de óleo na extração (%); $m_{\text{óleo}}$ é a massa de óleo sem solvente residual (g) e $m_{\text{sólido}}$ é a massa de amêndoas trituradas utilizada na extração (g).

Tabela 3: Planejamento do experimento fatorial fracionado 2^3 para extração de óleo de sementes de licuri.

Ensaio	Proporção (mL/g)	Temperatura (°C)	Solvente
1	7	30	N-Hexano
2	10	30	N-Hexano
3	7	50	N-Hexano
4	10	50	N-Hexano
5	7	30	Etanol
6	10	30	Etanol
7	7	50	Etanol
8	10	50	Etanol

Fonte: O Autor (2019).

Para realizar a degomagem dos óleos extraídos com etanol, adaptou-se a metodologia de Engelmann, Crexi e Morais (2015) utilizada em óleo de arroz. Adicionou-se ao óleo sem solvente residual 5% em massa de água destilada a 50 °C e manteve-se a mistura sob agitação magnética e aquecimento a 60 °C durante 30 minutos. Em seguida, a mistura foi transferida para um tubo específico para a

centrífuga (Novatecnica, NT-812) e realizou-se a centrifugação a 3000 rpm por 20 minutos, com aceleração de 200 segundos e frenagem de 90 segundos. Após a centrifugação, transferiu-se a fase oleosa superior com o auxílio de uma pipeta de Pasteur para um frasco âmbar. O rendimento de óleo degomado foi calculado de acordo com a equação abaixo:

$$R_{degomado} = \frac{m_{\text{óleodegomado}}}{m_{\text{sólido}}} * 100$$

onde: $R_{degomado}$ é o rendimento de óleo obtido após a degomagem (%); $m_{\text{óleodegomado}}$ é a massa de óleo obtida após a degomagem (g) e $m_{\text{sólido}}$ é a massa de amêndoas trituradas utilizada na extração com solvente (g).

Para a realização dos cálculos e construção dos gráficos das extrações com n-hexano, os fatores de proporção de solvente para sólido, tempo e temperatura foram codificados como A, B e C, respectivamente, e os seus níveis foram classificados entre nível inferior, “-1”, ou nível superior, “+1”, como descrito nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Codificação dos fatores e níveis do experimento fatorial 2^2 para a extração de óleo de sementes de licuri em Soxhlet com n-hexano.

Fator	Nível -1	Nível +1
Proporção (mL/g) (A)	7	10
Tempo (h) (B)	3	6

Fonte: O Autor (2019).

Tabela 5: Codificação do experimento fatorial 2^3 de extração de óleo de sementes de licuri com n-hexano como solvente assistida por ultrassom.

Fator	Nível -1	Nível +1
Proporção (mL/g) (A)	7	10
Tempo (min) (B)	30	60
Temperatura (°C) (C)	30	50

Fonte: O Autor (2019).

Para o experimento fatorial 2^3 de extrações assistidas por ultrassom com diferentes solventes, os fatores proporção de solvente para sólido, temperatura e solvente foram codificados como A, B e C, respectivamente, e os seus níveis foram classificados como “-1” ou “+1”, como descrito na tabela 6. Os cálculos dos efeitos principais e dos efeitos de interação, a análise de variância, a proposição de modelos matemáticos e a construção de gráficos foram realizados com o auxílio do Software Estatístico Minitab versão 20.3, que oferece recursos para realizar testes de associação entre variáveis qualitativas. Esses resultados são importantes para avaliar a influência dos fatores na resposta e verificar se os efeitos são significativos ou não. O nível de significância adotado em todos os experimentos foi de 0,05, ou seja, alfa igual a 5%.

Tabela 6: Codificação do experimento fatorial 2^3 de extração de óleo de sementes de licuri com diferentes solventes assistida por ultrassom.

Fator	Nível -1	Nível +1
Proporção (mL/g) (A)	7	10
Temperatura (min) (B)	30	50
Solvente (C)	N-Hexano	Etanol

Fonte: O Autor (2019).

6.4 Análise estatística

Os dados foram obtidos em triplicata e submetidos à análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey para comparação das médias, admitindo-se um intervalo de confiança de 95%. Para todas as avaliações foi utilizado o Software Past 4.0 e o Software Estatístico Minitab 20.3.

7 Resultados e Discussão

7.1 *Pleurotus djamor* (cogumelo salmão)

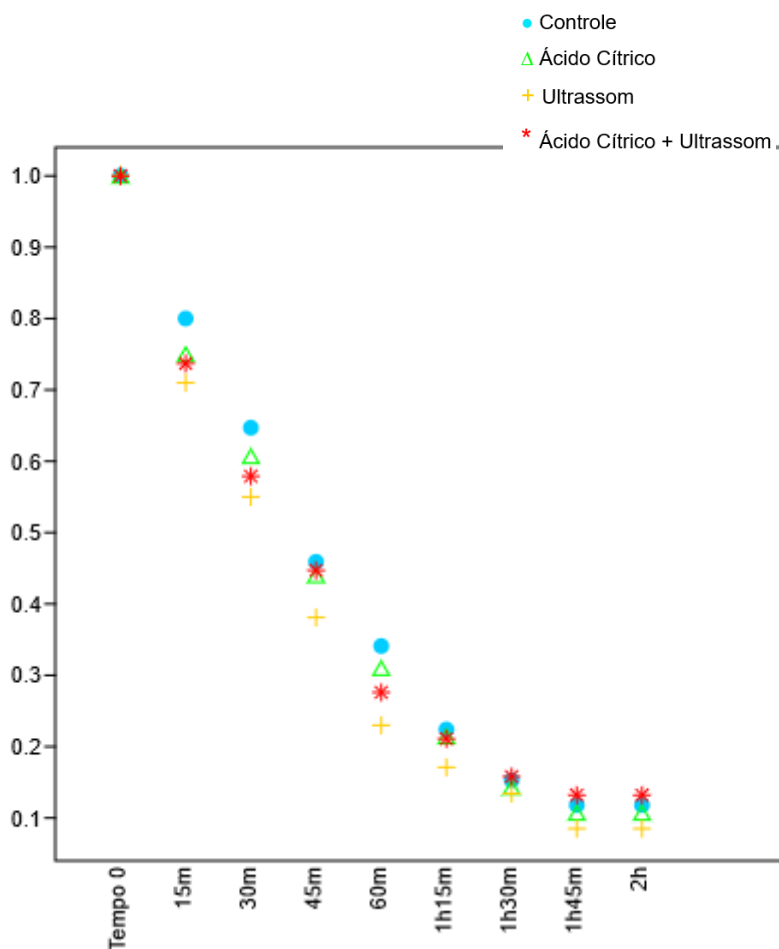
7.1.1 Secagem

A figura 13 apresenta as alterações do conteúdo de umidade do cogumelo salmão com o tempo de secagem nas três metodologias de pré-tratamento testadas - ácido cítrico (ÁC), ultrassom (US) e ácido cítrico conjuntamente com ultrassom (ÁC+US). Algumas diferenças nas taxas de processo foram observadas de acordo com o tipo de metodologia utilizada. Porém, em todos os casos há uma curva decrescente de secagem dividida em duas fases: uma primeira fase quase constante de perda de água rápida, e uma segunda fase caracterizada por um declive na curva, que mostra uma redução na taxa de secagem até o final do processamento.

Todos os tratamentos atingiram o equilíbrio na secagem (peso constante) em aproximadamente uma 105 minutos, não havendo grandes diferenças entre as metodologias testadas. Isto se deve ao fato de o cogumelo salmão ter uma estrutura porosa, o que já facilita sua dessecação, e ao tempo de secagem curto, fazendo com que diferenças discretas não sejam tão perceptíveis. Ainda assim, o cogumelo tratado apenas com banho ultrassônico obteve uma secagem discretamente mais rápida nos primeiros 75 min em comparação com os demais tratamentos. Como visto por Moura *et al.* (2024), a aplicação de ultrassom aumenta a difusividade da água por criar bolhas de cavitação que rompem parte das paredes celulares, levando a uma remoção de umidade mais eficiente durante os processos de secagem. Entretanto, diferente do que visto pelos mesmos autores, a adição de um ácido orgânico não otimizou o tempo de secagem, com todos os tratamentos e a amostra controle ficando com pesos estáveis em 105 minutos. Tendo em vista que o presente trabalho avaliou a secagem de cogumelos, com parede celular com quitina e β -glucana, e não de um derivado

vegetal com a parede celular típica de vegetais com celulose e lignina, como visto por Moura *et al* (2024), a adição do ácido cítrico no tratamento pré-secagem não modificou a estrutura da parede celular.

Figura 13: Adimensional de umidade (ADM) em função do tempo para o processo de secagem do cogumelo salmão por diferentes técnicas de pré-preparo.



Fonte: O autor (2022).

7.1.2 Composição Centesimal

Quanto a composição centesimal do cogumelo desidratado, poucas foram as diferenças verificadas entre os tratamentos (Tabela 7). No teor de umidade final, as amostras desidratadas sem um pré-tratamento (amostras controle) apresentaram uma umidade maior quando comparadas com as amostras que passaram por um banho ultrassônico durante o pré-tratamento (US e ÁC+US). Como visto na revisão de Ahmad *et al* (2023) sobre a aplicação de ultrassom em alimentos, a aplicação de

ultrassom aumenta a taxa de transferência de massa, o que é crucial para uma desidratação eficaz e completa. O colapso das bolhas de cavitação gera ondas de choque que aumentam o movimento da umidade, levando a um aumento significativo nas taxas de transferência de massa. Além disso, o formato das bolhas de cavitação, geralmente cilíndricas, é significativo, pois influencia a dispersão do líquido dos capilares no material que está sendo desidratado (Khmelev *et al.*, 2024)

Tabela 7: Composição centesimal do cogumelo salmão (*Pleurotus djamor*) desidratado utilizando diferentes pré-tratamentos.

	Controle	Ác. Cítrico	Ultrassom	Ác. + US
Umidade (g)	6,96 ±1,09a	6,27 ±0,31ab	5,17 ±0,18b	5,02 ±0,24b
Proteínas (g)	24,73 ±0,60a	24,40 ±0,36a	24,78 ±0,23a	24,40 ±0,26a
Lipídeos (g)	1,28 ±0,29a	1,19 ±0,13a	1,07 ±0,15a	0,88 ±0,19a
Carboidratos (g)	42,29 ±1,43a	41,20 ±0,61a	40,67 ±0,73a	40,31 ±0,47a
Fibras (g)	19,39 ±0,43a	19,59 ±0,27a	22,98 ±0,44b	22,33 ±0,45b
Cinzas (g)	5,33 ±0,12a	7,35 ±0,17b	5,33 ±0,32a	7,06 ±0,14b

Fonte: O autor (2025).

Resultados apresentados como média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Os teores de proteínas, lipídios e carboidratos não foram afetados pelos pré-tratamentos utilizados (Tabela 7). O que demonstra que nem a adição de banho ultrassônico nem com ácido cítrico afeta, positiva ou negativamente, o conteúdo dos macronutrientes do cogumelo salmão. Para Siti-Nuramira *et al* (2022) a escolha do método de secagem, e não o pré-tratamento, pode influenciar a qualidade nutricional dos cogumelos. Em seu experimento, também utilizando *Pleurotus djamour*, foi visto que quando os cogumelos são secos em estufa produziram níveis mais altos de proteína (29,94% ± 0,60) em comparação com outros métodos de secagem (estufa a vácuo e secagem em micro-ondas). Diferente de Siti-Nuramira *et al* (2022), que obteve valores de proteínas maiores que o aqui encontrados, Medeiros *et al* (2024) obtiveram resultados bem menores, de até 19,32% de proteínas em massa seca de *Pleurotus djamour*.

Em um estudo também utilizando pré-tratamento com ácido cítrico antes da desidratação, mas com cogumelos da espécie *Pleurotus citrinopileatus*, Tram *et al* (2024) observaram um menor teor de proteína (23.03% comparada com valores máximos de 28,25% do estudo) quando os cogumelos foram tratados com

concentrações mais altas de ácido cítrico (0,8% por 20 minutos). Esta redução foi relacionada ao vazamento de materiais proteicos durante a imersão em solução aquosa de ácido cítrico. Além disso, quando um tempo de exposição a essa solução é mais longo, maiores os níveis de desnaturação e solubilização de proteínas, repercutindo em menor teor de proteína. Esta diferença vista por Tram *et al* (2024) não foi observada nos dados aqui apresentados porque todas as amostras, incluindo a controle, ficaram embebidas em solução de ácido cítrico ou água pura, mantendo assim as mesmas condições de tratamento para todas as amostras. Esta mudança de concentração proteica é importante pois várias proteínas derivadas de cogumelos estão associadas a diversas propriedades promotoras da saúde, incluindo a inibição da enzima conversora de angiotensina (ECA) e efeitos antioxidantes, antimicrobianos, anticancerígenos e de modulação da microbiota intestinal (Ayimbila; Keawsompong, 2023).

O teor de lipídios aqui encontrado foi ligeiramente maior do que o encontrado por Siti-Nuramira *et al.* (2022), de 0,79%, e por Medeiros *et al* (2024), de 0,43%, mas ambos não utilizaram nenhum tipo de pré-preparo, o que acarretar leves mudanças de teores de nutrientes. Fato este que ocorreu também nos níveis de carboidratos, já que os teores encontrados por Nuramira *et al.* (2022) e Medeiros *et al* (2024) foram de, respectivamente, 50,75% e 46,30%. Já, comparando os resultados de lipídios e carboidratos com os resultados de Vega *et al.* (2022) e de İnci, Kirbağ e Akyüz (2024), estão dentro da faixa por eles também encontrados (0,77 a 2,26% de lipídios e 41,45 a 51,06% de carboidratos).

No que diz respeito as fibras, foi verificado que as amostras com uso de ultrassom (US e ÁC+US) obtiveram resultados significativamente maiores quando comparado com as amostras que não utilizaram (tratamento controle e com banho de ácido cítrico). O pré-tratamento com ultrassom pode causar alterações significativas na microestrutura dos materiais alimentares. Ele afrouxa a estrutura da parede celular, o que pode levar à liberação de fibras ligadas e aumentar a retenção de fibras alimentares no produto seco. Isso é particularmente evidente em estudos em que o pré-tratamento com ultrassom aumentou a porosidade e reduziu o tempo de secagem de produtos alimentícios, preservando assim a integridade estrutural das fibras alimentares e aumentando conteúdo de fibras obtido (Ahmad *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2024).

Segundo Moutia, Lakatos e Kovács (2024) diferentes métodos de secagem impactam no conteúdo de fibras de formas diferentes em cogumelos desidratados. Assim como também é afetado pelo substrato de crescimento, como demonstrado por Vega *et al* (2022) que obtiveram resultados parecidos com os aqui apresentados, mas com uma variação de teor maior devido aos diferentes meios de cultivo do *Pleurotus djamor* (fibras variando de 13.32 a 19,1%).

Quanto aos valores obtidos de cinzas (sais minerais), houve diferença significativa quando as amostras passavam por um pré-tratamento com ácido cítrico, obtendo resultados maiores de cinzas. Assim como demonstrado por Ukom *et al.* (2023) com farinha de berinjela tratada com ácido cítrico, em que o pré-tratamento com ácido pôde aumentar o conteúdo mineral geral do material tratado, assim como aumentou os níveis de minerais essenciais, como sódio, zinco, potássio, magnésio e ferro. Já no estudo de Espinoza-Ticona *et al.* (2023), utilizando sumo de limão como pré-tratamento à secagem de cogumelos da espécie *Suillus luteus*, obtiveram resultados menores de cinzas quando comparados aos cogumelos secos sem pré-tratamento. Isto pode acontecer quando se compara uma amostra que foi embebida em solução aquosa com uma amostra que não foi embebida, pois assim os minerais hidrossolúveis podem ir para a matriz hídrica em que está a substância ácida solubilizada.

Esta caracterização bromatológica também demonstra a importância da incorporação de fungos na dieta, especialmente no que se refere às espécies de *Pleurotus*. Sua incorporação na dieta e nos alimentos pode melhorar a composição nutricional, especialmente no que diz respeito às proteínas, sais minerais e fibras. Assim como pode servir como ingrediente funcional no desenvolvimento de alimentos mais saudáveis. Como no estudo de Irakiza *et al.* (2021), que constataram que o pão fortificado produzido a partir de farinhas de mandioca e cogumelos apresentou melhor qualidade nutricional e boa aceitabilidade. O teor de proteína aumentou de 19,63% para 22,66% com a adição de apenas 10% de farinha de cogumelos, além de elevação no valor nutricional do pão à medida que a incorporação de cogumelos aumentava.

A ideia de enriquecimento de alimentos com pó de fungos de espécies de *Pleurotus* é vantajosa para o produtor e para o consumidor. Como foi o caso dos biscoitos amanteigados avaliados no estudo de Sławińska, Jabłońska-Ryś e Gustaw (2024). O estudo demonstrou que a substituição parcial da farinha de trigo por pó de

cogumelos de *Agaricus bisporus* e *Pleurotus ostreatus* melhorou significativamente o perfil nutricional dos biscoitos, resultando em níveis mais altos de proteína, fibra e minerais essenciais, como zinco, ferro, magnésio, potássio e cobre, em comparação com biscoitos de controle. Assim como no estudo de Srivastava *et al.* (2024), o qual constatou que a suplementação de pão multigrãos com pó de *Pleurotus ostreatus* melhorou significativamente seu perfil nutricional, além de melhorar suas propriedades antioxidantes e não afetar negativamente a aceitabilidade do consumidor.

7.1.3 Caracterização Físico-Química

Os dados mensurados das propriedades físico-químicas do cogumelo salmão desidratado com diferentes pré-tratamentos estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8: Propriedades físico-químicas de cogumelo salmão (*Pleurotus djamor*) desidratado utilizando diferentes pré-tratamentos

	Controle	Ácido Cítrico	Ultrassom	Ácido Cítrico + Ultrassom
Atividade de água (aw)	0,58 ±0,03a	0,57 ±0,01a	0,57 ±0,03a	0,59 ±0,01a
pH	4,67 ±0,35a	3,96 ±0,05b	4,87 ±0,06a	3,83 ±0,15b
Acidez titulável (AT) (dg/100g)	0,85 ±0,05a	1,33 ±0,12b	0,84 ±0,08a	1,39 ±0,08b
Sólidos Solúveis (SS) (° Brix)	7,30 ±0,46a	6,67 ±0,45a	9,30 ±0,20b	9,33 ±0,40b

Fonte: O autor (2025).

Resultados apresentados como média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Os valores de atividade de água (a_w) foram significativamente reduzidos após a secagem (Tabela 8) pois inicialmente o cogumelo possuía a_w de ,092. Isto revela que a desidratação foi um tratamento adequado para reduzir esse parâmetro e melhorar as características de estabilidade do cogumelo salmão. Esta a_w foi reduzida a aproximadamente 0,58 em todas as amostras, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre elas ($p > 0,05$). Valores similares foram encontrados por Engin (2020) em *Pleurotus ostreatus* desidratados em 55°C (valor de

0,57). Todas as amostras desidratadas obtiveram valores de a_w abaixo de 0,6, o que garante a estabilidade microbiológica do produto, devido à supressão do crescimento de microrganismos contaminantes em alimentos (Troller, 1980).

As amostras de cogumelo salmão submetidas ao pré-tratamento por sonicação apresentaram valores de acidez superiores e pH inferiores em comparação às aquelas que não foram expostas às ondas ultrassônicas (Tabela 8). A formação de microcanais no tecido fúngico, promovida pela ação do ultrassom, favorece a liberação de ácidos orgânicos para a solução extratora utilizada na análise. Além disso, os ciclos de expansão e contração gerados durante a aplicação do ultrassom causam pequenas rupturas na parede celular, o que facilita a penetração da solução extratora e o consequente extravasamento dos ácidos orgânicos (Villamiel *et al.*, 2017).

7.1.4 Compostos bioativos

7.1.4.1 Ácido ascórbico

O conteúdo de vitamina C variou significativamente (Tabela 9) conforme o tipo de pré-tratamento aplicado. A amostra *in natura* apresentou o maior valor ($11,67 \pm 0,55$ mg/100g), enquanto o tratamento controle, submetido direto ao processo térmico, teve uma redução expressiva ($4,43 \pm 0,4$ mg/100g). Os tratamentos com ácido cítrico e ultrassom — individualmente ou em combinação — mostraram-se eficazes na parcial preservação da vitamina C, com valores variando entre 5,93 e 7,40 mg/100g. A adição de ácido cítrico possivelmente atuou como um agente estabilizante, reduzindo a degradação oxidativa do ácido ascórbico durante o processamento, enquanto o ultrassom pode ter contribuído para uma liberação mais eficiente do ácido ascórbico presente nas amostras. Isso sugere que a combinação de métodos de pré-tratamento pode ser uma estratégia eficaz para preservar este nutrientes durante o processamento.

Tabela 9: Conteúdo de vitamina C, compostos fenólicos e flavonoides de *Pleurotus djamor* *in natura* e desidratados com diferentes pré-tratamentos.

	In natura	Controle	Ácido Cítrico	Ultrassom	Ácido Cítrico + Ultrassom
Flavanoides (mg EQ/g)	7,17 ±0,65a	1,40 ±0,19b	1,51 ±0,08b	2,25 ±0,14b	2,25 ±0,11b
Compostos fenólicos (mgGAE/g)	11,10 ±0,38a	4,36 ±0,46b	7,41 ±0,07c	8,13 ±0,17c	8,22 ±0,38c
Vitamina C (mg/100 g)	11,67 ±0,55a	4,43 ±0,4b	7,40 ±0,26d	5,93 ±0,35c	7,2 ±0,46d

Fonte: O autor (2025).

Resultados apresentados como média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Comparando com outros estudos, os valores encontrados aqui para *P. djamor* situam-se dentro de uma faixa coerente. Por exemplo, Goyal, Grewal e Goyal (2020) relataram um teor de 4,34 mg/100g de massa seca em *P. sajor-caju*, valor semelhante ao da amostra controle do presente estudo. Já os resultados de Zięba *et al.* (2021) revelaram que o enriquecimento do substrato com $MgCl_2$ elevou o teor de vitamina C em *P. djamor* para 77,5 mg/100g de amostra úmida — um valor substancialmente mais alto que o obtido na amostra *in natura* deste trabalho. Isso evidencia o impacto direto da composição do substrato sobre a biossíntese de metabólitos bioativos, como o ácido ascórbico.

Gąsecka *et al.* (2016) observaram que o enriquecimento de *Pleurotus ostreatus* e *P. eryngii* com selênio e zinco também aumentava significativamente os teores de vitamina C (de 10,28 para 15,76 mg/100g em *P. ostreatus* e de 16,64 para 34,74 mg/100g em *P. eryngii*). Já Khatana *et al.* (2022) demonstraram que o tipo de substrato também impacta os níveis de vitamina C. Ao utilizar resíduos de algodão para o cultivo de *P. eryngii*, os autores encontraram 2,9 mg/100g de ácido ascórbico, enquanto o uso de palha de arroz com casca de castanha d'água resultou em apenas 0,7 mg/100g. Esses dados corroboram a ideia de que fatores extrínsecos ao fungo, como o tipo de substrato e as condições de processamento, têm papel determinante na retenção de compostos nutricionais.

7.1.4.2 Flavonoides Totais

Com base nos dados apresentados na tabela 9, observa-se que o teor de flavonoides (expresso em mg de equivalentes de quercetina por grama) é significativamente mais elevado na amostra *in natura* ($7,17 \pm 0,65$ mg EQ/g), em comparação com todas as demais condições de tratamento. Resultado este esperado, uma vez que o tratamento térmico pode afetar a concentração e atividade de flavonoides, que tendem a ser mais sensíveis ao calor e podem se degradar (Panche; Diwan; Chandra, 2016).

Os três tipos de pré-tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, porém todos mostraram teores significativamente menores do que a amostra *in natura*. Isso sugere que os flavonoides são compostos sensíveis ao processamento, o que pode resultar na sua degradação, oxidação ou extração parcial para o meio externo enquanto ocorre o pré-tratamento. Ainda que o ultrassom, isoladamente ou em combinação com o ácido durante o pré-tratamento, tenda a extrair mais os compostos fenólicos gerais, esse efeito positivo não se estende aos flavonoides, o que indica uma seletividade na estabilidade desses compostos frente ao tipo de processamento aplicado.

Medeiros *et al.*, 2024, também trabalharam com *P. djamor* e obtiveram resultado de flavonoides de 117.24 µg EQ/mL, quando este era produzido em um substrato de 50% de folhas de bananeira e 50% de bagaço de cana-de-açúcar. O conteúdo total de flavonoides foi expresso em µg de equivalentes de quercetina por mL de extrato, o que dificulta a comparação, uma vez que a taxa de proporção de extrato para gramatura de amostra pode ser variável de acordo com a metodologia tomada. Dificuldade comparativa esta também encontrada para comparação com o estudo de Cruz-Moreno *et al.* (2023), em que encontrou valores de flavonoides em *P. djamor* variando de 20 a 44.25 mg ER/g, dependendo das condições de cultivo.

Como estes últimos autores apresentaram seus dados em equivalentes de rutina, e não equivalentes de quercetina, a comparação pode ser equivocada. Porém, pode ser feito uma extrapolação matemática com os dados moleculares dos dois flavonoides. O fator de conversão de rutina para quercetina é obtido pela razão entre o peso molecular da quercetina e o da rutina ($302.24 / 610.52 \approx 0.495$) (Panche; Diwan; Chandra, 2016). Logo, a quantidade de flavonoides encontrada por Cruz-

Moreno *et al.* (2023) é de aproximadamente 9,9 a 21,9 mg EQ/g. Quantidade esta bem acima da encontrada no dado estudo, que variou, em base seca, de 1,40 a 2,25 mg EQ/g, dependendo do pré-tratamento estabelecido antes da secagem.

Valores diferentes também foram encontrados em amostras de *P. djamor* por Barsingi e Patnala, (2024), com teores menores do que os aqui encontrados, de 0,20 mg EQ/g, e por Martínez-Flores, Contreras-Chávez e Garnica-Romo (2021) com teores maiores do que os aqui encontrados, de 4.70 a 4.82 mg EQ/g. Vários fatores podem justificar variações nos teores de flavonoides, como o substrato de crescimento, variações ambientais (como luz, água e temperatura), diferenças genéticas entre cultivares, ou até a época do ano. Além disso, a estrutura química dos flavonoides, incluindo a presença de grupos funcionais (hidroxila, carboidratos, etc.) e modificações, como glicosilação e metilação, afeta sua estabilidade e atividade, o que pode variar de acordo com o fungo e as diferentes condições de crescimento (Panche; Diwan; Chandra, 2016).

7.1.4.3 Compostos Fenólicos

Assim como foi observado com os flavonoides, o teor de compostos fenólicos totais (expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por grama – mg GAE/g) foi significativamente mais elevado na amostra *in natura* ($11,10 \pm 0,38$ mg GAE/g) (Tabela 9), indicando que o tratamento térmico reduz consideravelmente nos níveis desses compostos.

A amostra controle (sem pré-tratamento) apresentou o menor teor de compostos fenólicos totais ($4,36 \pm 0,46$ mg GAE/g). Em contrapartida, os tratamentos com ácido cítrico, ultrassom e a combinação de ambos resultaram em níveis intermediários, estatisticamente semelhantes entre si, e significativamente superiores ao controle. Esses resultados indicam que o uso de ácido cítrico e/ou ultrassom favorece a extração dos compostos fenólicos, quando comparado ao simples aquecimento direto das amostras.

Isso pode estar relacionado ao pH ácido promovido pelo ácido cítrico, que pode inibir a oxidação desses compostos e pode promover a quebra da lignina e de outras estruturas complexas da parede celular, liberando os compostos fenólicos (Dyab *et al.*, 2023). Assim como também é devido à ação do ultrassom, que pode

romper estruturas celulares, liberando os fenólicos retidos nas matrizes vegetais (Moura *et al.*, 2024). No entanto, mesmo com esses pré-tratamentos, os níveis não alcançam os valores encontrados na amostra *in natura*. Isto confirma que, de qualquer forma o processamento térmico tende a causar perdas desses bioativos, pois temperaturas elevadas causam-lhes degradação por oxidação e hidrólise.

Na revisão feita por Shen *et al.* (2023) são enumeradas várias vantagens de extrações de componentes bioativo assistidas por ultrassom. No que tange aos compostos fenólicos, o uso preliminar de ondas ultrassônicas nas amostras que sofrerão processamento de extração é vantajoso para melhorar a eficiência da extração e retirar da matriz celular os componentes em estudo. Frequências abaixo de 40 kHz (como no dado trabalho, que utilizou frequência de 25 kHz) são mais eficazes para evitar possíveis degradações dos compostos fenólicos sob certas condições de ultrassom, especialmente em altas frequências e potências.

Ao comparar com outros estudos, observa-se que os valores obtidos no dado trabalho estão em conformidade com resultados encontrados na literatura. Por exemplo, o estudo de Barsingi e Patnala (2024), que também utilizaram *P. djamor*, relataram teor semelhante (7,8 mg GAE/g em massa seca), muito próximo ao das amostras tratadas com ácido cítrico ou ultrassom do presente estudo. Em contrapartida, Nwaji *et al.* (2024) obtiveram um valor bastante inferior (0,59 mg GAE/g) para a mesma espécie, o que pode ser atribuído aos autores optarem pela secagem dos fungos ao ar livre. A secagem ao ar, sem controle de tempo ou temperatura, favorece a degradação de polifenóis devido à exposição prolongada à luz solar, tempo prolongado ao acesso do oxigênio e a temperaturas mais altas, como destacado por Moutia, Lakatos e Kovács (2024).

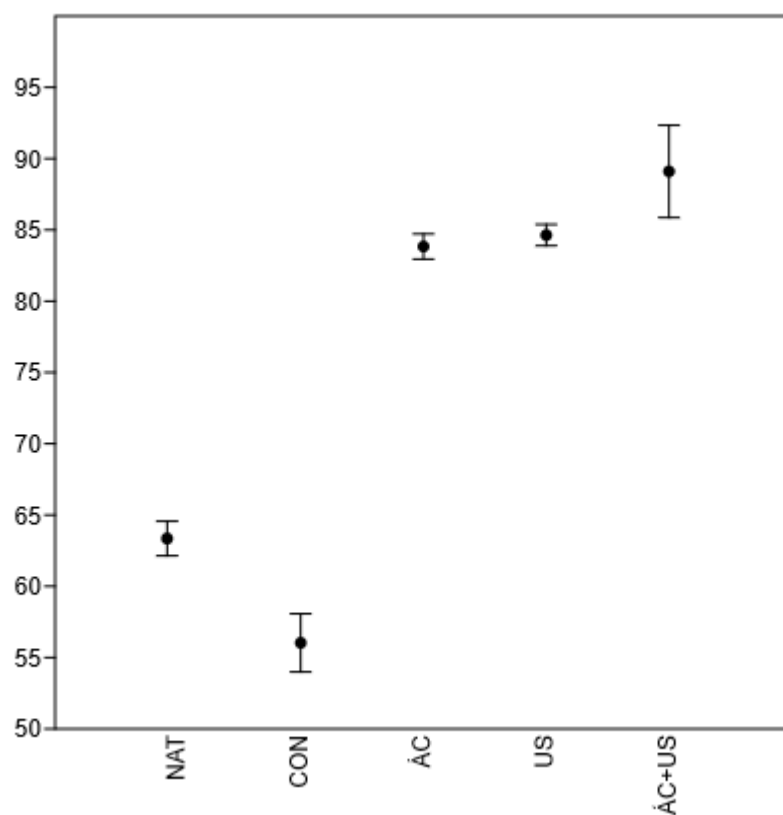
Além disso, valores ainda mais elevados foram observados em estudos que utilizaram métodos avançados de extração, como extração por fluido supercrítico ou por líquidos pressurizados. Krümmel *et al.* (2022), por exemplo, relataram teores de fenóis, em amostras secas de *Pleurotus sajor-caju*, de 9.7 mgGAE/g quando utilizado o sistema de extração de fluido supercrítico, 14.1 mgGAE/g quando utilizado o sistema de extração de líquido pressurizado, e de até 15.6 mgGAE/g quando utilizados os dois sistemas de extração em sequencia. Entretanto, esses métodos exigem equipamentos específicos, custos iniciais elevados e a necessidade de cuidados específicos com a segurança devido às altas pressões e temperaturas envolvidas.

Outro estudo interessante é o de Pérez-Bassart *et al.* (2024), que obteve entre 12,41 e 15,25 mgGAE/g, em massa seca, utilizando biomassa residual de *Pleurotus ostreatus* ou partes dos estipes deste fungo. Esses valores, embora elevados, foram obtidos a partir de partes do fungo distintas das utilizadas aqui e de outra espécie, o que naturalmente interfere nos valores observados. Já Radzki *et al.* (2023) destacaram que diferentes espécies de *Pleurotus* possuem variação natural no conteúdo de compostos fenólicos, com *P. ostreatus* atingindo 5,57 mg GAE/g, valor inferior ao encontrado nas amostras processadas deste estudo, utilizando a espécie *P. djamor*, e no estudo de Pérez-Bassart *et al.* (2024), com a mesma espécie. Já o estudo de Beltrán Delgado *et al.* (2013), que utilizou secagem em estufa por 24h a 45°C, resultou em valores relativamente baixos (86,37 a 138,4 mg GAE/100g, ou 0,86 a 1,38 mg GAE/g), corroborando a noção de que o tempo prolongado e a temperatura, mesmo moderada, podem levar à perda significativa de compostos fenólicos.

7.1.5 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante de *P. djamor*, avaliada por meio da inibição dos radicais DPPH (figura 14) e ABTS (figura 15), demonstrou variações significativas entre os diferentes tratamentos aplicados no cogumelo salmão antes de desidratá-lo. No teste com DPPH, os valores de inibição variaram de 56,03% $\pm$ 1,04 (controle) a 89,1% $\pm$ 1,65 (amostra pré-tratada com ácido cítrico mais ultrassom), enquanto para ABTS os resultados oscilaram entre 61,77% (controle) e 78,93% (amostra *in natura*). Os maiores valores de atividade antioxidantes estão nos fungos *in natura*; Isto demonstra que o processo de aumento da temperatura imposto pelo processo de secagem danifica o composto antioxidantes presentes nas amostras. Entretanto, o tratamento com ácido cítrico e ultrassom combinado apresentou um desempenho notável, com 89,1% de inibição de DPPH e 75,8% de ABTS, evidenciando a eficiência dessa abordagem em preservar ou potencializar compostos bioativos com ação antioxidante.

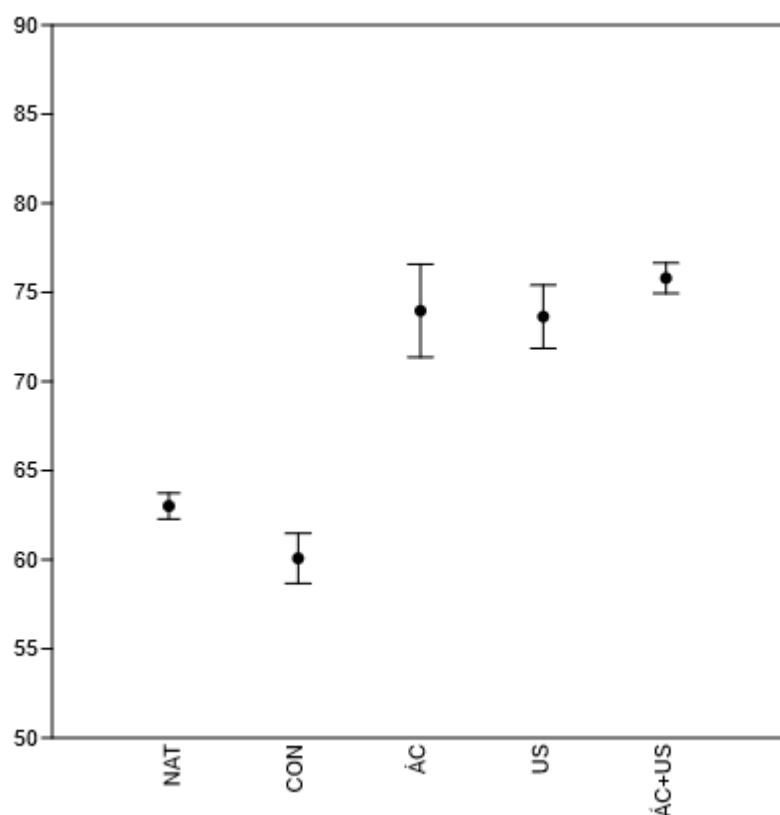
Figura 14: Porcentagem de inibição do radical DPPH no cogumelo salmão (*Pleurotus djamor*) desidratado utilizando diferentes pré-tratamentos.



Legenda das amostras analisadas: NAT = In natura; COM = Controle; ÁC = Ácido Cítrico; US = Ultrassom; ÁC+US = Ácido Cítrico mais Ultrassom.

Fonte: O autor (2023).

Figura 15: Porcentagem de inibição do radical ABTS no cogumelo salmão (*Pleurotus djamor*) desidratado utilizando diferentes pré-tratamentos.



Legenda das amostras analisadas: NAT = In natura; COM = Controle; ÁC = Ácido Cítrico; US = Ultrassom; ÁC+US = Ácido Cítrico mais Ultrassom.

Fonte: O autor (2023).

Esses resultados estão entre os mais altos reportados na literatura para o gênero *Pleurotus*. Aruwa *et al.* (2021) relataram uma inibição de 66,87% no DPPH com extratos aquosos do fungo *P. pulmonarius*, mas essa atividade antioxidante reduzia com a polaridade do líquido extrator, reduzindo até 32,8% quando se utilizava hexano. Enquanto, comparando com uma outra espécie de fungo comestível, o *P. sajor-caju*, Rashidi & Yang (2016) reportaram 89,29% de inibição do reagente DPPH.

Martínez-Flores *et al.* (2021) observaram valores baixos em extratos aquosos de *P. djamor in natura* (24,62% DPPH e 38,71% ABTS), com melhora considerável após secagem por energia solar (70,16% DPPH e 71,25% ABTS). Medeiros *et al.* (2024) também mostraram altos níveis antioxidantes em *P. djamor*, com variação de 63% a 74,5% para DPPH e de 83% a 91,6% para ABTS, o que está em linha com os dados atuais, embora em nosso caso a amostra in natura tenha superado ligeiramente

esses valores. Além disso, Cruz-Moreno *et al.* (2023) destacaram variações importantes na atividade antioxidante de *Pleurotus* dependendo do tipo de substrato, com inibição de DPPH entre 40% e 65% e de ABTS entre 46% e 73%, reforçando o impacto do ambiente de cultivo nos teores de compostos antioxidantes. Já Zięba *et al.* (2021) reportaram baixos níveis de atividade antioxidante (aproximadamente 35% de DPPH) mesmo após suplementação com magnésio, o que se distancia significativamente dos altos percentuais obtidos nesta pesquisa.

Essas comparações indicam que *P. djamor* possui elevado potencial antioxidante, e que técnicas como a aplicação de ultrassom, uso de ácidos orgânicos ou a otimização de condições de cultivo podem ser estratégias eficazes para aumentar a concentração de micoquímicos antioxidantes (compostos químicos produzidos por fungos com atividade antioxidante), com possíveis aplicações funcionais e farmacológicas.

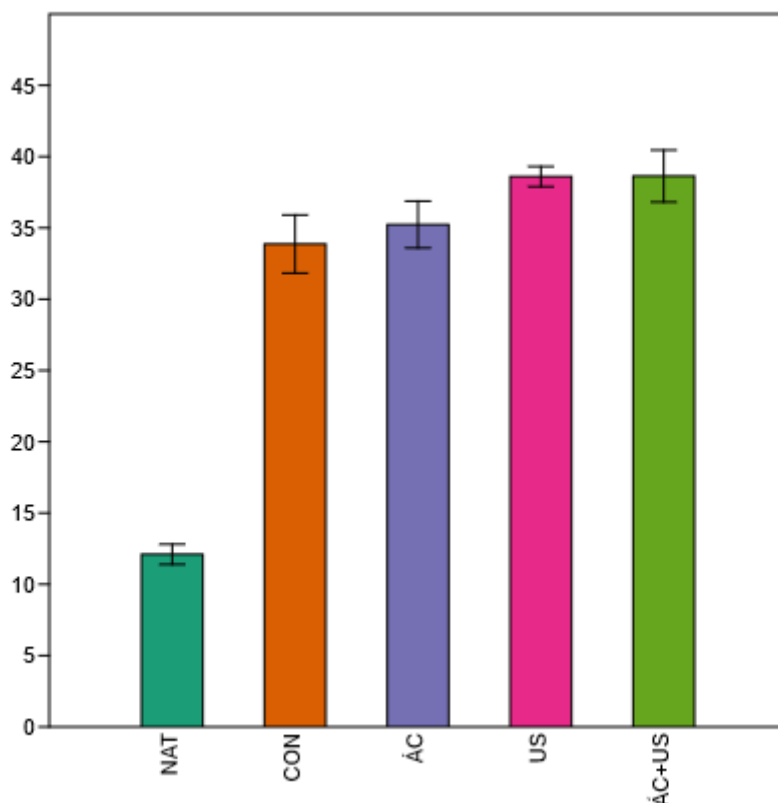
Esses achados reforçam a versatilidade dos cogumelos do gênero *Pleurotus* como fontes naturais de compostos bioativos com ação antioxidante, não apenas em seus extratos, mas também quando incorporados a alimentos processados. A aplicação de cogumelos em pó, por exemplo, tem demonstrado potencial em melhorar o perfil nutricional e funcional de produtos panificados. Lu *et al.* (2021) observaram que a incorporação de pó de cogumelo em pães de trigo reduziu o teor total de amido e aumentou significativamente o conteúdo fenólico, resultando em melhorias nas propriedades antioxidantes, conforme indicado pelos testes de DPPH e ORAC. Além dos ganhos nutricionais, houve alterações na microestrutura do pão que podem favorecer interações benéficas entre os componentes alimentares e contribuir para efeitos positivos à saúde do consumidor.

De forma semelhante, Sławińska, Jabłońska-Ryś e Gustaw (2024) relataram que a adição de *P. ostreatus* em biscoitos elevou substancialmente o conteúdo de polifenóis totais (TPC) e a capacidade antioxidante dos produtos. Além dos benefícios funcionais, a avaliação sensorial indicou que os biscoitos enriquecidos com cogumelos foram melhor aceitos pelos consumidores em comparação com as amostras controle, o que evidencia o potencial desses fungos comestíveis tanto para aplicações nutracêuticas quanto para a inovação em alimentos funcionais.

7.1.5 Teor de β -glucana

Os β -glucanos são componentes estruturais fundamentais da parede celular dos fungos, e têm despertado crescente interesse pelas suas propriedades funcionais e terapêuticas (Vlassopoulou *et al.*, 2021). Com os dados aqui obtidos sobre o cogumelo salmão (Figura 16), foi possível verificar que o conteúdo de β -glucana sofreu variações significativas conforme os diferentes pré-tratamentos aplicados. Com a desidratação, o teor mais baixo foi observado na amostra sem pré-tratamento ($33,87\% \pm 1,04$), enquanto os tratamentos com ultrassom ($38,6\% \pm 0,36$) ou a combinação entre ácido cítrico e ultrassom ($38,63\% \pm 0,93$) elevaram os níveis obtidos. O aumento do conteúdo de β -glucana após os tratamentos pode ser atribuído à maior acessibilidade das enzimas aos componentes da parede celular devido às rupturas causadas pelo ultrassom, favorecendo a extração desses polissacarídeos.

Figura 16: Porcentagem de β -glucana no cogumelo salmão (*Pleurotus djamor*) desidratado utilizando diferentes pré-tratamentos.



Fonte: O autor (2024).

Legenda das amostras analisadas: NAT = In natura; COM = Controle; AC = Ácido Cítrico; US = Ultrassom; AC+US = Ácido Cítrico mais Ultrassom.

Quando comparamos esses resultados com os encontrados na literatura para outras espécies do gênero *Pleurotus*, observa-se que os níveis obtidos em nosso estudo são compatíveis ou até superiores aos já reportados. Por exemplo, Thikham *et al.* (2024) relataram 34,03% de β -glucana no píleo (chapéu) e 50,22% no estipe de *Pleurotus pulmonarius*, evidenciando que a parte do estipe concentra maior teor desse polissacarídeo. Golian *et al.* (2022) observaram tendência semelhante em *Pleurotus ostreatus*, com 36% na píleo e 48% no estipe.

Outros estudos também apontam teores relevantes em diferentes espécies: *P. sajor-caju* com 32,43% (Moolkaew *et al.*, 2019); em resíduos industriais de *P. ostreatus*, com 35,9 a 56,91 g/100 g de peso seco, principalmente oriundos do estipe (Pérez-Bassart *et al.*, 2024); Bekiaris *et al.* (2020) relataram 38,5% de β -glucana em *P. ostreatus* e 39,2% em *P. eryngii*, valores bastante próximos aos obtidos em nosso experimento com *P. djamor* após os tratamentos aplicados.

Os dados da literatura reforçam ainda que o conteúdo de β -glucana pode ser influenciado por fatores como o processo de secagem, sendo a temperatura próxima dos 55 °C considerada ideal para cogumelos shiitake (Timm *et al.*, 2019). Além disso, Ciric *et al.* (2020) demonstraram ampla variabilidade nos conteúdos de β -glucana em suplementos alimentares contendo cogumelos desidratados, com valores médios de 18,45% da massa seca, e extremos variando de 5,5% a 37,5%. Em contraste, estudos com *Boletus edulis* mostram teores ainda mais elevados, com até 57,3% de β -glucana no estipe (Vetter, 2023).

A importância dos β -glucanos transcende seu papel estrutural, pois eles exercem diversos efeitos benéficos na saúde humana, como imunomoduladores, antioxidantes, antitumorais e até antienvelhecimento (Vlassopoulou *et al.*, 2021; Vetter, 2023). A revisão sistemática de Vlassopoulou *et al.* (2021) destacou esses efeitos utilizando 34 ensaios clínicos randomizados, evidenciando melhorias em bem-estar geral, imunidade e redução de comorbidades. No caso específico do *Pleurotus djamor*, há evidências adicionais de propriedades medicinais associadas aos β -glucanos obtidos tanto dos basidiocarpos quanto de culturas in vitro. Esses compostos apresentaram efeitos citotóxicos contra células tumorais, ação antioxidante em tecidos hepáticos e renais, além de propriedades antienvelhecimento em modelos animais (Zięba *et al.*, 2021).

Dessa forma, os dados aqui apresentados não apenas evidenciam a eficácia dos pré-tratamentos aplicados em aumentar o teor de β -glucanas no *Pleurotus djamor* desidratado, mas também demonstram a competitividade dessa espécie em relação a outras já amplamente estudadas e usadas como suplementos ou fontes de β -glucanas. Este conjunto de evidências funcionais (conteúdo nutricional, presença de compostos bioativos, atividade antioxidante e alta concentração de β -glucanas) reforça o potencial do *P. djamor* como fonte alimentar e nutracêutica promissora.

7.1.6 Substâncias antinutricionais

Os resultados da tabela 10 mostram que o teor de taninos nas amostras de *Pleurotus djamor* variou significativamente entre os tratamentos, com o menor valor observado na amostra *in natura* ($0,21\% \pm 0,01$) e os maiores nas amostras submetidas à combinação de ácido cítrico e ultrassom ($2,48\% \pm 0,09$). Observa-se um leve aumento (mas estatisticamente significativo) no teor de taninos após os tratamentos que envolveram ultrassom, indicando que esse processo pode favorecer a liberação ou extração de compostos fenólicos condensados, como os taninos, da matriz fúngica.

Tabela 10: Teor de substâncias antinutricionais em *Pleurotus djamor in natura* e desidratados com diferentes pré-tratamentos.

	In natura	Controle	Ácido Cítrico	Ultrassom	Ácido Cítrico + Ultrassom
Taninos (%)	0,21 $\pm$ 0,01a	2,05 $\pm$ 0,11b	1,99 $\pm$ 0,01b	2,40 $\pm$ 0,04c	2,48 $\pm$ 0,09c
Saponinas (mg/g)	0,46 $\pm$ 0,04a	1,12 $\pm$ 0,12b	1,2 $\pm$ 0,04b	1,72 $\pm$ 0,09c	1,70 $\pm$ 0,09c

Fonte: O autor (2025).

Resultados apresentados como média $\pm$ desvio padrão (n = 3). Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

Comparando com outros estudos em espécies do gênero *Pleurotus*, os teores obtidos neste trabalho mostram uma ampla variação, mas ainda estão dentro dos intervalos relatados na literatura. Okwulehie e Okoro (2013) relataram teores de taninos entre 0,137% e 0,270% em *Pleurotus* spp., dependendo do substrato de cultivo. Já Ganesan *et al.* (2023) identificaram 2,15% de taninos em *P. florida*, e Odjimogho *et al.* (2024) relataram 2,8% em *P. tuber-regium*, valores muito próximos

ou ligeiramente superiores aos obtidos nas amostras tratadas com ultrassom e ácido cítrico.

Por outro lado, *Pleurotus pulmonarius* apresentou um conteúdo significativamente inferior (0,12%) segundo Aruwa *et al.* (2021), o que pode ser explicado por variações intrínsecas entre espécies, estágio de desenvolvimento dos corpos frutíferos, bem como diferenças metodológicas. Além disso, a concentração de substâncias fenólicas, como os taninos, também pode ser influenciada pela exposição à luz, temperatura e composição do substrato (Zawadzka *et al.*, 2022).

Níveis elevados de substâncias fenólicas, como os taninos, aliados à presença de outros componentes antioxidantes — incluindo vitaminas e enzimas —, podem conferir proteção significativa contra os danos causados pelo estresse oxidativo. No presente estudo, *Pleurotus djamor* apresentou teores elevados de fenóis totais, flavonoides e taninos, evidenciando seu potencial como uma fonte natural de compostos antioxidantes. Os compostos fenólicos, reconhecidos como metabólitos secundários de alta relevância farmacológica, estão amplamente distribuídos nos corpos frutíferos de espécies do gênero *Pleurotus*. Nesse contexto, os extratos de *Pleurotus* demonstram-se promissores como fontes de biomoléculas bioativas com aplicações potenciais na promoção da saúde humana e no desenvolvimento de formulações terapêuticas voltadas à prevenção e ao tratamento de enfermidades associadas ao estresse oxidativo.

Importante destacar que, embora os fungos tenham certa quantidade de taninos, os valores encontrados ainda estão consideravelmente abaixo do limite seguro. O consumo de tanino abaixo de 1,5-2,5 g por dia é seguro e não tem consequências negativas; no entanto, o consumo acima dessa faixa resulta em má absorção alimentar, principalmente do de ferro (Ozogul *et al.*, 2025).

No que se refere aos teores de saponinas, observou-se (Tabela 10) que este teor variou de 1,12 mg/g na amostra controle (sem pré-tratamento) até 1,72 mg/g no tratamento com ultrassom, indicando que técnicas de processamento como a sonicação podem potencializar a extração ou concentração desses compostos bioativos. A cavitação ultrassônica (com frequências acima de 20 kHz) promove a formação de microbolhas em líquidos, que ao colapsarem geram vibrações capazes de romper as paredes celulares dos fungos, acelerando a liberação dos compostos no solvente. Esse fenômeno facilita a penetração de solventes nos tecidos e,

consequentemente, melhora a extração de compostos, como saponinas e taninos (Fraga-Corral *et al.*, 2020; Shen *et al.*, 2023).

Nwaji *et al.* (2024) encontraram 1,11 mg/g de saponinas em *P. pulmonarius* cultivado em fibra de cacho de palma, o que se aproxima dos teores aqui verificados nas amostras sem o uso do ultrassom, sugerindo que o substrato e a aplicação prévia de ultrassom influencia a extração de saponinas. Já Chen *et al.* (2023), ao estudar o fungo *Trametes versicolor*, demonstraram que as modificações das condições de fermentação pode mais que dobrar o rendimento de saponinas, passando de 0,587 mg/mL para 1,670 mg/mL. Isso reforça que a otimização de variáveis, como tipo de substrato e temperatura, pode ser crucial para elevar a produção desses compostos bioativos, inclusive em *Pleurotus sp.*

7.2 *Syagrus coronata* (licuri)

7.2.1 Extrações do óleo em Soxhlet

Os rendimentos médios obtidos por extração em Soxhlet com n-hexano estão na tabela 11.

Tabela 11: Rendimentos médios das extrações de óleo de sementes de licuri em Soxhlet, nas condições do experimento fatorial 2² em triplicata e com n-hexano como solvente.

Ensaio	Proporção (mL/g)	Tempo (h)	Rendimento (%)
1	7	3	62,89 ± 0,48
2	10	3	64,37 ± 0,08
3	7	6	62,97 ± 0,37
4	10	6	62,69 ± 0,15

Fonte: O autor (2021).

O maior rendimento de óleo pela extração em Soxhlet empregando n-hexano foi de 64,37%, em média, obtido nas condições de 10 mL de solvente por grama de amêndoas de licuri e 3 h de duração. Este resultado é similar ao encontrado por Sulaiman, Aziz e Aroua (2013) na extração de óleo de coco residual em Soxhlet. Utilizando partículas de coco de 0,5 mm a 1,2 mm de diâmetro, foram realizados

ensaios com tempos de 15 min até 6 horas e com proporções de 6 mL/g, 10 mL/g e 12 mL/g e foi visto o rendimento máximo em 3 h e com proporção de 10 mL/g. A partir dos rendimentos das extrações em Soxhlet com n-hexano e com o auxílio do Software Estatístico Minitab 20.3, realizou-se a análise estatística do experimento fatorial 2² e ajustou-se um modelo. Os resultados da análise de variância (ANOVA) das extrações em Soxhlet é mostrado na tabela 12.

Tabela 12: Análise de variância do experimento fatorial 2².

Fonte	G.L.	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Proporção	1	1,072	1,0718	3,64	0,093
Tempo	1	1,905	1,9054	6,48	0,034
Proporção*Tempo	1	2,312	2,3117	7,86	0,023
Erro	8	2,354	0,2942		
Total	11	7,642			

Fonte: O autor (2021).

De acordo com a análise de variância da tabela 12, o fator tempo e a interação entre proporção e tempo exercem influência no rendimento da análise, pois possuem valores-p menores que 0,05. Como é desejável manter a hierarquia, não se exclui nenhum termo de ordem inferior do modelo, seja ele significativo ou não. Os efeitos dos fatores individuais e da interação, os coeficientes padronizados do modelo ajustado e estatísticas associadas aos termos encontram-se na tabela 13.

Tabela 13: Efeitos, coeficientes padronizados e estatísticas do experimento Fatorial 2².

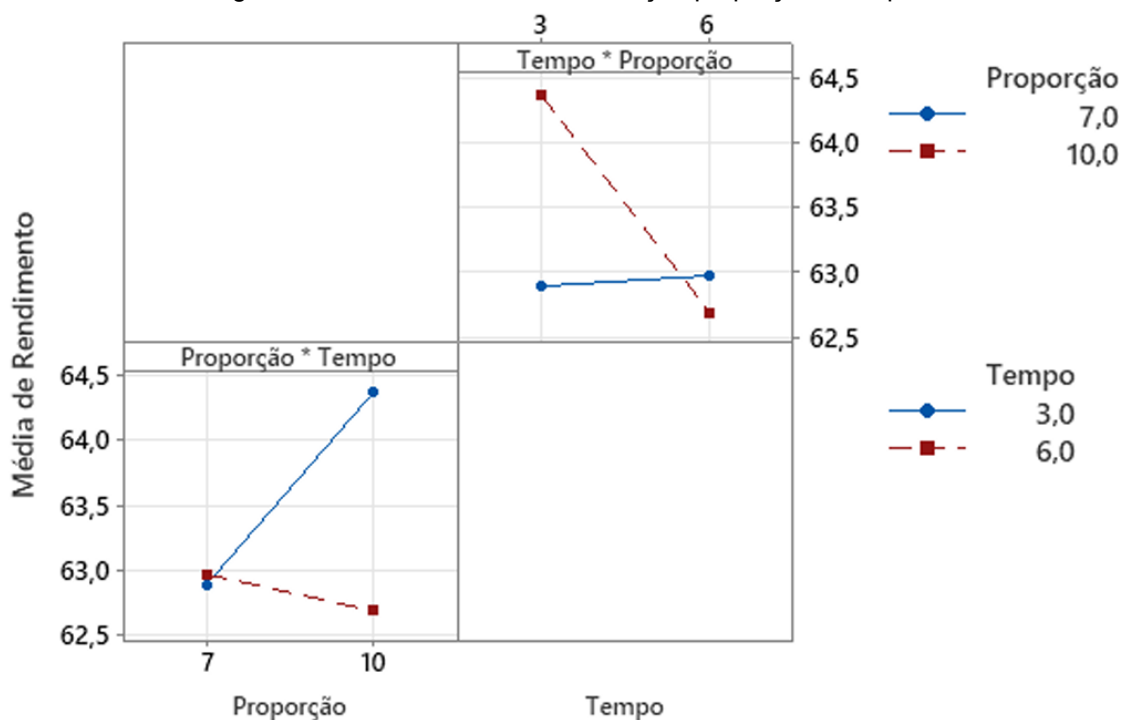
Termo	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão do Coeficiente	Valor-T	Valor-P
Constante	-	63,229	0,157	403,83	0,000
Proporção	0,598	0,299	0,157	1,91	0,093
Tempo	-0,797	-0,398	0,157	-2,54	0,034
Proporção*Tempo	-0,878	-0,439	0,157	-2,80	0,023

Fonte: O autor (2021).

Como pode ser visto na tabela 13, o efeito de interação deste experimento fatorial é significativo e os efeitos da proporção e do tempo dependem entre si, tornando-se necessário analisá-los ao mesmo tempo. Ao aumentar a proporção de

nível, a influência no rendimento da extração depende se a duração da extração é de 3 horas ou de 6 horas. Quando o tempo da extração é de 3 horas, o aumento da proporção do nível inferior para o nível superior eleva o rendimento em 1,48%, enquanto no tempo de 6 horas, o aumento da proporção de 7 mL/g para 10 mL/g reduz o rendimento em 0,28%. Este efeito de interação pode ser visualizado na figura 17.

Figura 17: Gráfico do efeito de interação proporção x tempo.



Fonte: O autor (2022).

O efeito de interação pode ser similarmente avaliado pela alteração do nível do tempo numa dada proporção fixa. Para o fator tempo, o aumento de 3 horas para 6 horas eleva o rendimento em 0,08%, quando a proporção é de 7 mL/g, e reduz o rendimento em 1,67%, quando a proporção é de 10 mL/g. Para as extrações em Soxhlet utilizando n-hexano como solvente, a equação de regressão em unidades não-codificadas do modelo está na equação abaixo.

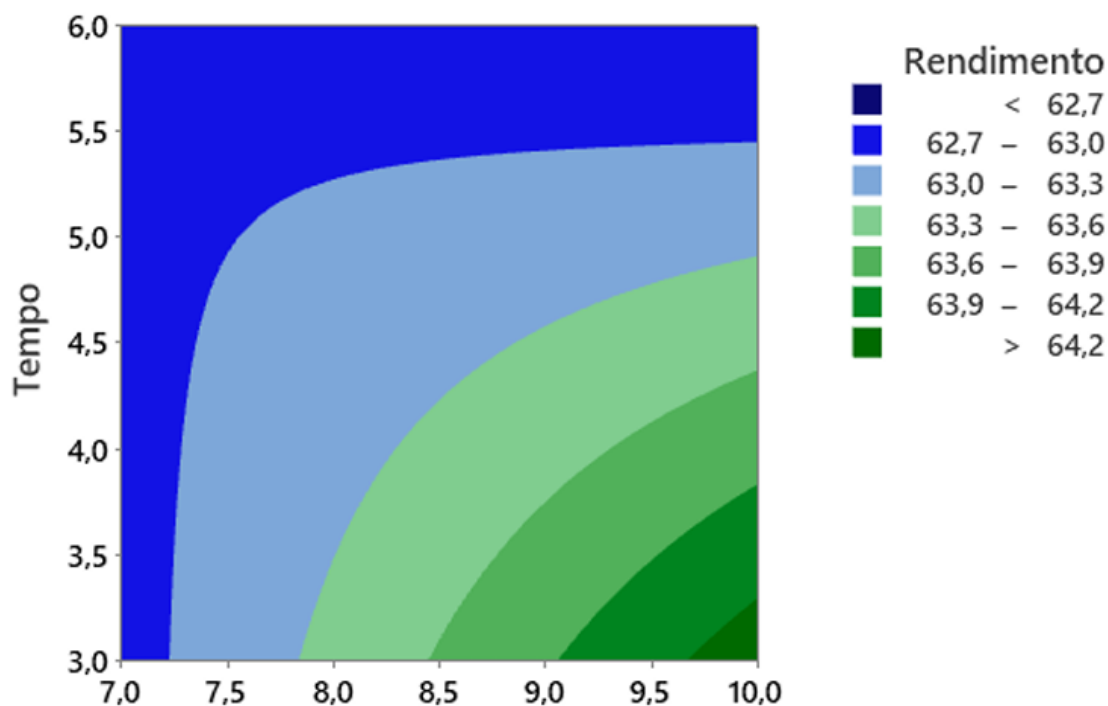
Equação:

$$R = 55,27 + 1,077 \cdot A + 1,392 \cdot B - 0,1951 \cdot A \cdot B$$

onde: R é o rendimento de óleo na extração (%); A é a Proporção de solvente para sólido utilizada (mL/g) e B é o Tempo de extração (h).

O modelo teve um coeficiente de determinação (R^2) de 57,66%, sendo necessários mais pontos de análise, em níveis intermediários, para tornar o modelo mais exato. O modelo das extrações em Soxhlet com n-hexano produziu o gráfico de contorno de rendimentos da figura 18.

Figura 18: Gráfico de contorno dos rendimentos das extrações em soxhlet.



Fonte: O autor (2022).

O gráfico de contorno mostra que as extrações com 7 mL/g forneceram rendimentos de cerca de 63% nos ensaios de 3 h a 6 h de duração. Já a extração com 10 mL/g forneceu rendimento superior a 64,2% de óleo em 3 h e este valor decresce quando o tempo de análise aumenta. Com isso, maior tempo de análise não favoreceu a extração de óleo em Soxhlet. Para comparar a performance dos solventes n-hexano e etanol na extração de óleo de amêndoas do licuri, foram realizadas três extrações em Soxhlet com a proporção 10 mL/g de e com 3 horas de duração. Na extração com etanol, obteve-se um extrato bifásico, de aparência turva, diferente do extrato límpido obtido com n-hexano.

O solvente etanol foi capaz de extrair compostos lipídicos polares e apolares, devido a sua polaridade, alcançando um rendimento de 73,04% de extrato

heterogêneo. Após o processo de degomagem, obteve-se, em média, 63,34% de óleo degomado em relação a massa de amêndoas de licuri empregada na extração. Este rendimento é cerca de 1% menor do que o rendimento alcançado pelo solvente n-hexano, no entanto, a obtenção do extrato polar também pode ser de interesse para a indústria, para produzir emulsificantes e vitaminas. Outro ponto positivo da extração com etanol é a redução do teor de açúcares da torta de sólido residual, torta esta que é muito designada à produção de ração animal.

Bäumler, Carrín e Carelli (2016) verificaram que na extração de girassol em Soxhlet, o etanol extraiu cerca de 32% da massa inicial de sólido, enquanto o n-hexano, 22,8%. Dos compostos obtidos pelo etanol, 69% eram de fração lipídica solúvel em hexano, representando 22,2% de rendimento para o sólido inicial. Desta forma, a capacidade de extração de material lipídico foi semelhante para ambos os solventes. O etanol foi capaz de extrair também maior teor de fosfolipídios e tocoferóis e menos ceras cristalizáveis do que o n-hexano. Enquanto o n-hexano não extrai açúcares, o álcool foi capaz de extrair 75% do teor inicial de açúcar existente nos sólidos de girassol. Avaliando os ensaios realizados com ambos os solventes, embora o tempo médio das extrações em Soxhlet seja de 6 h, é possível reduzi-lo nas extrações de óleo de amêndoas do licuri ao utilizar partículas sólidas de diâmetro entre 0,85 mm a 1,18 mm. Extrações com 3 horas de duração são suficientes, pois o igualaram ou superaram os rendimentos das de 6 horas de duração. Santos (2015) verificou que foram necessárias 2 horas para extrair a totalidade de óleo das sementes de licuri em Soxhlet quando as partículas possuíam diâmetro médio de 1,015 mm, mas que para partículas de tamanho superior, extrações mais longas produziram maior teor de óleo. A diminuição do tempo de extração reduz gastos de energia e degradação dos extratos.

7.2.2 Extração Assistida por Ultrassom

O método de extração de óleo assistido por ultrassom possui muitas variáveis envolvidas no processo que podem levar a uma elevação ou redução do rendimento de óleo obtido. A frequência das ondas geradas pelo banho ultrassônico foi escolhida com base nos resultados da pesquisa de Gutte, Sahoo e Ranveer (2015) sobre extração de óleo de linhaça com ultrassom. Nela, foram testadas a frequências de 20, 40, 60 e 80 kHz e encontrou-se rendimento ótimo na faixa de 40 kHz. Por este motivo,

escolheu-se o aparelho de banho ultrassônico com frequência de 40 kHz para extrair óleo do licuri.

Para verificar a capacidade do ultrassom em extrair óleo de sementes do licuri, primeiramente, foram realizados experimentos com o solvente n-hexano, comparando-os com os ensaios em Soxhlet. Os resultados do experimento fatorial 2³ para extrações em banho ultrassônico com os fatores proporção de solvente para sólido, tempo de extração e temperatura do meio estão disponíveis na tabela 14.

Tabela 14: Rendimentos médios das extrações de óleo de sementes de licuri assistidas por ultrassom, nas condições do experimento fatorial 2³ com n-hexano como solvente.

Ensaio	Proporção (mL/g)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Rendimento (%)
1	7	30	30	45,73 ± 0,91
2	10	30	30	55,66 ± 0,32
3	7	60	30	48,71 ± 0,37
4	10	60	30	53,28 ± 0,58
5	7	30	50	48,80 ± 0,69
6	10	30	50	54,20 ± 0,64
7	7	60	50	53,54 ± 0,75
8	10	60	50	54,46 ± 0,84

Fonte: O autor (2021).

Pelos resultados da tabela 14, a maior porcentagem de óleo obtida foi de 55,66%, nas condições de proporção de 10 mL/g, tempo de 30 min e temperatura do banho de 30 °C. Este rendimento é inferior aos 64,37% obtido pela extração em Soxhlet nas condições de 10mL/g e 3 h de análise, porém utilizou temperaturas cerca de 40 graus inferiores e tempo de extração reduzido em 2,5 h. Para analisar as variáveis que influenciaram nos rendimentos, realizou-se a análise de variância das extrações assistidas por ultrassom, a qual está disponível na tabela 15.

Tabela 15: Análise de Variância das extrações assistidas por ultrassom com o solvente n-hexano.

Fonte	G.L.	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Proporção	1	162,571	162,571	121,96	0,000
Tempo	1	11,818	11,818	8,87	0,009
Temperatura	1	21,723	21,723	16,30	0,001
Proporção*Tempo	1	36,379	36,379	27,29	0,000
Proporção*Temperatura	1	25,100	25,100	18,83	0,001
Tempo*Temperatura	1	7,252	7,252	5,44	0,033
Proporção*Tempo*Temperatura	1	0,287	0,287	0,22	0,649
Erro	16	21,327	1,333		
Total	23	286,458			

Fonte: O autor (2021).

Pela análise de variância, verificou-se que o efeito de interação entre proporção, tempo e temperatura não teve significância nos rendimentos dos experimentos, pois apresentou valor p maior do que o nível de significância de 5%. Desta forma, reduziu-se o modelo proposto, retirando o termo de interação dos três fatores, e realizou-se uma nova análise de variância, disponível na tabela 16.

Tabela 16: Análise de variância do modelo reduzido das extrações assistidas por ultrassom com o solvente n-hexano.

Fonte	G.L.	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Proporção	1	162,571	162,571	127,86	0,000
Tempo	1	11,818	11,818	9,29	0,007
Temperatura	1	21,723	21,723	17,09	0,001
Proporção*Tempo	1	36,379	36,379	28,61	0,000
Proporção*Temperatura	1	25,100	25,100	19,74	0,000
Tempo*Temperatura	1	7,252	7,252	5,70	0,029
Erro	17	21,614	1,271		
Total	23	286,458			

Fonte: O autor (2021).

A partir dos valores-p da tabela 16, avalia-se que todas as interações entre os fatores foram significativas neste novo modelo proposto. O coeficiente de determinação (R^2) aumentou de 89,30% para 89,79% quando o modelo foi reduzido, indicando que a alteração ajustou melhor o modelo aos dados experimentais. Os

efeitos principais dos fatores, os efeitos de interação, os coeficientes padronizados do modelo ajustado e estatísticas associadas aos termos encontram-se na tabela 17.

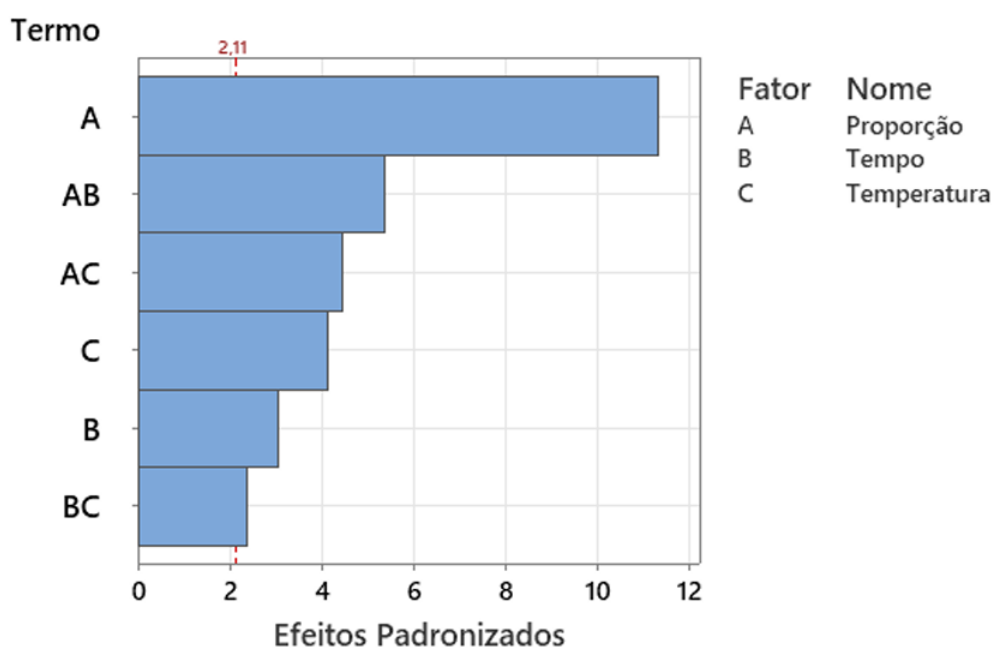
Tabela 17: Efeitos, coeficientes padronizados e estatísticas do modelo reduzido das extrações assistidas por ultrassom com o solvente n-hexano.

Termo	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão do Coeficiente	Valor-T	Valor-P
Constante		51,798	0,230	225,04	0,000
Proporção	5,205	2,603	0,230	11,31	0,000
Tempo	1,403	0,702	0,230	3,05	0,007
Temperatura	1,903	0,951	0,230	4,13	0,001
Proporção*Tempo	-2,462	-1,231	0,230	-5,35	0,000
Proporção*Temperatura	-2,045	-1,023	0,230	-4,44	0,000
Tempo*Temperatura	1,099	0,550	0,230	2,39	0,029

Fonte: O autor (2021).

O Gráfico de Pareto foi construído a partir dos valores-t da tabela 17 (Figura 19) para comparar a magnitude da significância dos efeitos deste experimento fatorial 2^3 .

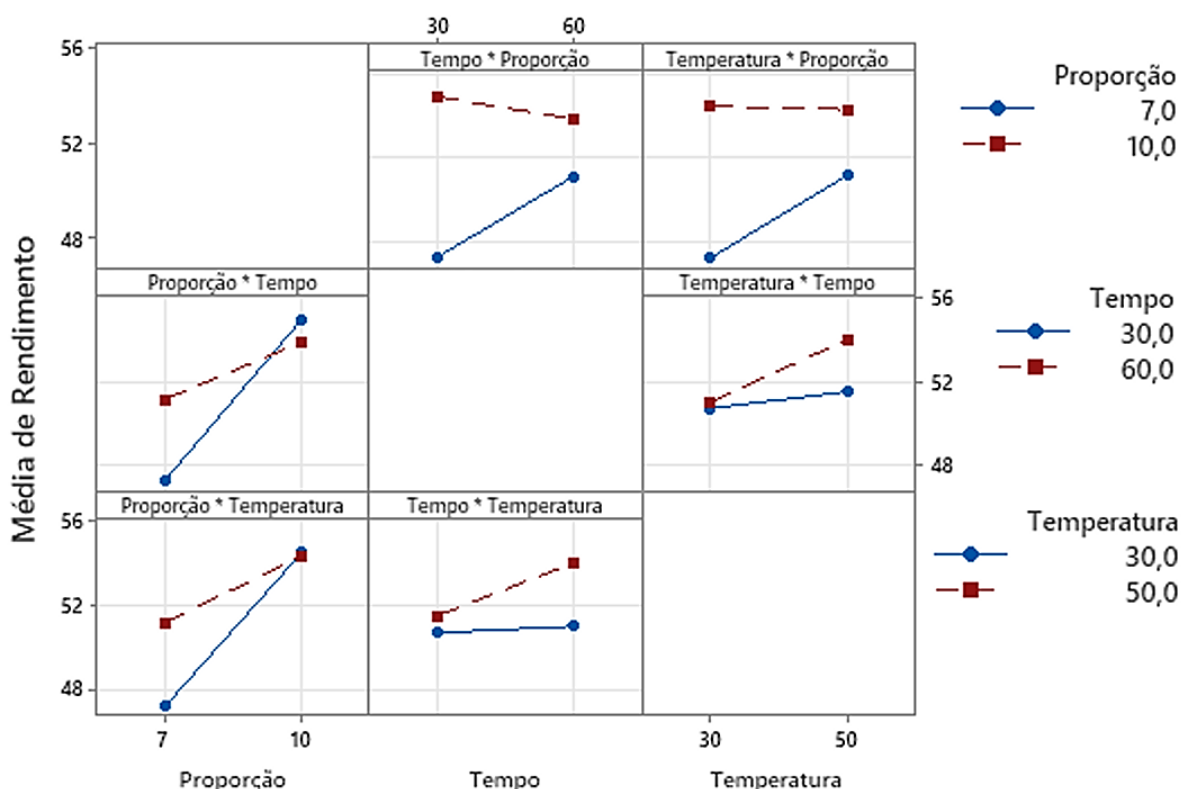
Figura 19: Gráfico de Pareto dos Efeitos Padronizados para o experimento fatorial das extrações assistidas por ultrassom com solvente n-hexano.



Fonte: O autor (2021).

O valor crítico para o teste-t é 2,11, representado pela linha vermelha pontilhada vertical. Todas as barras de valores-t absolutos que ultrapassam esta linha correspondem a efeitos significativos. O efeito principal da proporção de solvente para sólido é o maior, ou seja, o que mais influencia na resposta rendimento, e o efeito de interação de temperatura e tempo é o menor. Na figura 20 estão todos os gráficos dos efeitos de interação para o experimento com ultrassom e n-hexano.

Figura 20: Gráficos dos efeitos de interação das extrações assistidas por ultrassom com n-hexano.



Fonte: O autor (2022).

Pelos gráficos dos efeitos de interação, é perceptível como a elevação da proporção de 7mL/g para 10mL/g aumenta o rendimento médio de óleo das extrações, sendo este aumento mais pronunciado nas análises de 30 minutos de duração e de 30 °C. Os efeitos da elevação do tempo e da temperatura nas análises a 7 mL/g foram positivos no rendimento médio de óleo. Já para a proporção de solvente de 10 mL/g, as mudanças de nível de tempo e temperatura pouco influenciaram os rendimentos médios obtidos. No banho ultrassônico, como não havia agitação, as sementes de licuri permaneceram na base do erlenmeyer durante todo o processo de extração. Por haver uma quantidade elevada de sólido, principalmente nas análises com 7 mL/g, a turbulência microscópica do líquido e a agitação das partículas provocada pela

cavitação acústica não devem movimentado as partículas suficientemente para garantir o acesso do solvente a toda a massa sólida, reduzindo a área superficial disponível para transferência de massa (Shirsath; Sonawane; Gogate, 2012).

É provável que as sementes tenham ficado apenas parcialmente disponíveis para a extração, sendo gerado resíduo sólido ainda com alto teor de óleo (Mason; Peters, 2002). Para as extrações assistidas por ultrassom utilizando n-hexano como solvente, a equação de regressão em unidades não-codificadas do modelo é a equação abaixo.

$$R = -6,38 + 6,925*A + 0,365*B + 0,510*C - 0,0547*A*B - 0,0682*A*C + 0,00366*B*C$$

onde: R é o Rendimento percentual da extração; A é a Proporção de solvente para sólido (mL/g); B é o Tempo de extração (min) e C é a Temperatura do banho ultrassônico (°C).

Mohammadpour *et al.* (2019) estabeleceram níveis de tempo, temperatura e proporção solvente/sólido com o objetivo de otimizar a extração de óleo das sementes da planta *Moringa peregrina*, empregando banho ultrassônico (20 kHz) com n-hexano como solvente. O efeito principal da proporção solvente/sólido foi significativo, configurando-se como variável determinante do processo. Utilizando sólidos secos com diâmetro inferior a 0,841 mm, observou-se aumento do rendimento até 30 minutos de extração, com razão líquido-sólido de 20 mL/g. Temperaturas entre 30 °C e 60 °C foram avaliadas, sendo constatado que o aumento da temperatura reduziu o rendimento do óleo, indicando 30 °C como a condição ótima. O rendimento máximo obtido pelo ultrassom foi de 53,10%, enquanto no Soxhlet alcançou-se um teor máximo de 43%.

Os resultados relatados por Mohammadpour *et al.* (2019) foram semelhantes aos obtidos nas extrações de óleo de sementes de licuri assistidas por ultrassom com n-hexano. Em ambos os casos, 30 minutos de extração a 30 °C foram suficientes para alcançar o rendimento máximo. Tanto os efeitos principais quanto as interações da proporção solvente/sólido foram os fatores de maior influência no rendimento das extrações de *S. coronata*, de forma análoga ao observado para *M. peregrina*. Ressalta-se que uma maior quantidade de solvente amplia o gradiente de concentração entre o sólido e o meio líquido, favorecendo a transferência de massa.

O outro experimento, delineado em fatorial 2^3 , as extrações assistidas por ultrassom foram conduzidas durante 30 minutos utilizando n-hexano e etanol como solventes. O objetivo foi avaliar o efeito principal da variação do solvente sobre os rendimentos, bem como identificar possíveis interações entre o tipo de solvente e os demais fatores. Os fatores investigados foram proporção solvente/sólido, temperatura e solvente, e os rendimentos médios desses ensaios estão apresentados na tabela 18.

Tabela 18: Rendimentos médios das extrações de óleo de sementes de licuri assistida por ultrassom, nas condições do experimento fatorial 2^3 com dois solventes.

Ensaio	Proporção (mL/g)	Temperatura (°C)	Solvente	Rendimento (%)
1	7	30	N-Hexano	45,73 ± 0,91
2	10	30	N-Hexano	55,66 ± 0,32
3	7	50	N-Hexano	48,80 ± 0,69
4	10	50	N-Hexano	54,20 ± 0,64
5	7	30	Etanol	41,72 ± 0,84
6	10	30	Etanol	50,13 ± 1,12
7	7	50	Etanol	42,84 ± 0,25
8	10	50	Etanol	48,03 ± 0,23

Fonte: O autor (2022).

Para os ensaios com o solvente etanol, os resultados da Tabela 18 correspondem aos rendimentos de óleo degomado. Assim como nas extrações em Soxhlet, o óleo extraído com etanol apresentou-se turvo e heterogêneo, com partículas sólidas dispersas pelo óleo. A degomagem retirou estes sólidos polares e tornou límpido o extrato lipídico apolar. Pelos rendimentos obtidos, verificou-se melhor extração de óleo com o solvente n-hexano no ultrassom.

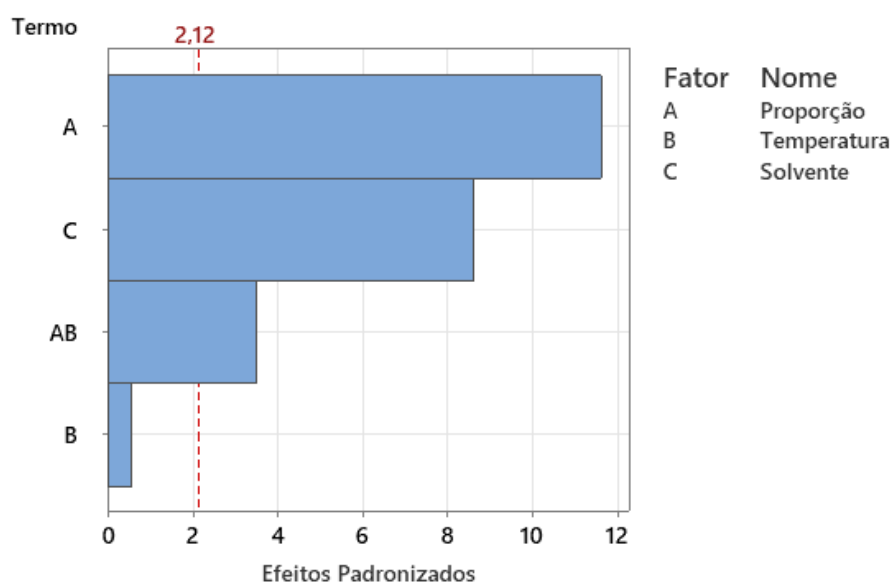
O modelo reduzido possuiu R^2 de 92,33%, ajustando-se bem aos dados fornecidos. Os efeitos de interação entre proporção e temperatura e o efeito principal do solvente possuíram influencia nos rendimentos. Os efeitos calculados e os coeficientes padronizados deste experimento com dois solventes estão na tabela 19 e o gráfico de Pareto está na figura 21.

Tabela 19: Efeitos, coeficientes padronizados e estatísticas do modelo reduzido das extrações assistidas por ultrassom com os solventes n-hexano e etanol.

Termo	Efeito	Coeficiente	Erro Padrão do Coeficiente	Valor-T	Valor-P
Constante		48,478	0,304	159,32	0,000
Proporção	7,056	3,528	0,304	11,59	0,000
Temperatura	0,339	0,169	0,304	0,56	0,586
Solvente	-5,236	-2,618	0,304	-8,60	0,000
Proporção*Temperatura	-2,117	-1,059	0,304	-3,48	0,003

Fonte: O autor (2022).

Figura 21: Gráfico de Pareto dos Efeitos Padronizados para o experimento fatorial das extrações assistidas por ultrassom com solventes n-hexano e etanol.



Fonte: O autor (2022).

As interações do solvente com os demais fatores não foram significativas, portanto, foi possível avaliar o seu efeito principal isoladamente. Os resultados da tabela 19 mostraram o efeito da troca de solvente n-hexano para etanol sendo igual a -5,236, ou seja, o uso do etanol no lugar do n-hexano reduziria o rendimento da extração de lipídios apolares em 5,2%. É importante ressaltar que esta redução de rendimento é relativa aos lipídios apolares. Além dos lipídios apolares, solúveis em n-hexano, o etanol é capaz de extrair carboidratos, proteínas, vitaminas e lipídios

polares das sementes do licuri. Do extrato total obtido pelo etanol, cerca de 86% são de compostos apolares e o restante, polares. Optou-se por utilizar os dados de óleo degomado para possibilitar a comparação da eficiência de extração dos dois solventes.

Para ambos os solventes estudados, a condição de melhor rendimento de óleo utilizou proporção de 10 mL/g, tempo de 30 minutos e temperatura de 30 °C. O n-hexano obteve rendimento máximo de 55,66% no ultrassom, enquanto o etanol alcançou rendimento de 57,80% em extrato bruto e 50,13% em óleo degomado. Esses valores são inferiores aos obtidos pela extração em Soxhlet, cujos rendimentos foram de 64,37% e 63,34% para o n-hexano e para o etanol, respectivamente.

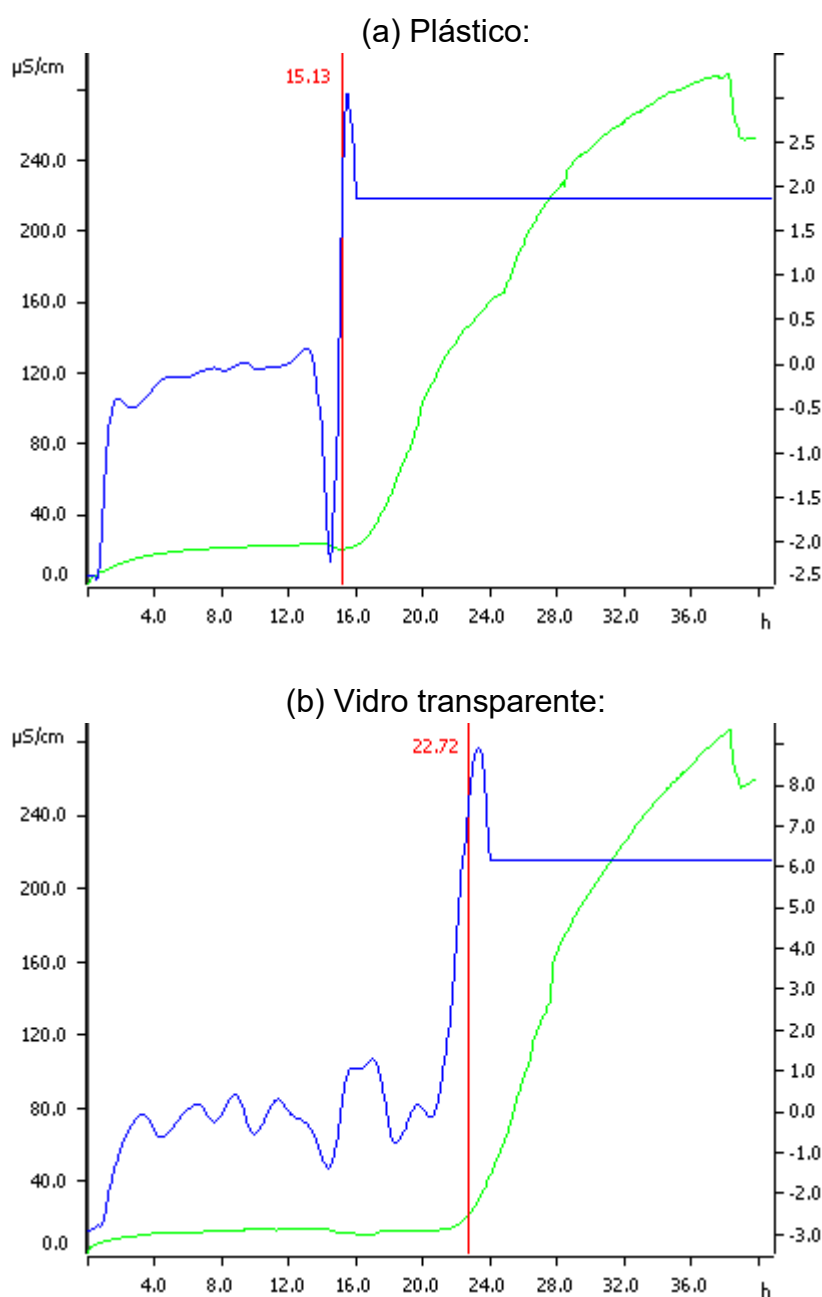
A fim de elevar o rendimento por ultrassom, pode se ajustar o sistema de extração. Num banho ultrassônico, a potência transmitida depende da posição do frasco em relação aos transdutores. Para um banho com um único transdutor na base, o recipiente deve estar localizado verticalmente acima do único transdutor. Para um banho com múltiplos transdutores, é indicado realizar experimentos para mapear o campo sonoro e identificar os locais de maior potência acústica. É possível mapeá-lo usando uma série de folhas de alumínio, pois perfurações maiores nas folhas ocorrem na intensidade máxima do ultrassom. Outra possível alteração do sistema de extração seria adicionar um agitador mecânico para dispersar o sólido, expondo-o completamente ao solvente. A velocidade e o posicionamento do agitador precisam ser ajustados para promover a dispersão do sólido sem comprometer a ocorrência da cavitação acústica (Mason; Peters, 2002).

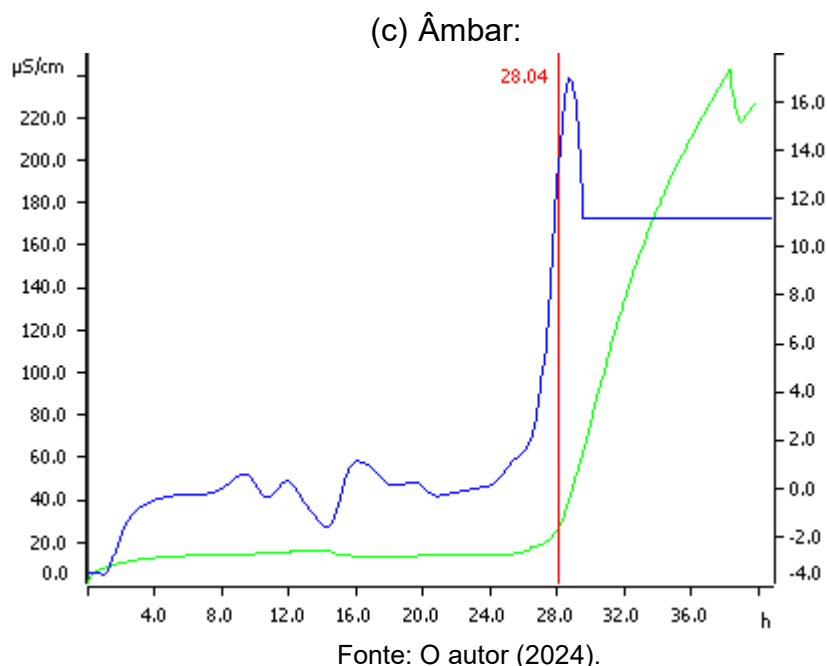
7.2.3 Estabilidade oxidativa

A análise dos gráficos obtidos no ensaio Rancimat permite comparar a estabilidade oxidativa do óleo de licuri acondicionado nos três tipos de frascos. O gráfico obtido pelo ensaio Rancimat (Figura 22 - a) mostra que, em embalagem de plástico, até aproximadamente 15,13 horas, a curva de condutividade (em azul) apresenta uma elevação gradual, indicando baixa liberação de compostos voláteis e, portanto, estabilidade oxidativa do óleo. No ponto de 15,13 horas, ocorre um aumento abrupto na condutividade, evidenciado também pela derivada (curva verde), que sinaliza a taxa máxima de variação da condutividade e define o ponto de inflexão

(período de indução - IP). A partir desse momento, o óleo entra em rápida oxidação, com liberação intensa de ácidos voláteis. Esse IP de 15,13 horas é considerado elevado e indica que o óleo apresenta excelente resistência à oxidação, sendo altamente estável e com boa vida útil, mas bem menor do que as outras amostras armazenadas em vidro.

Figura 22: Medição da condutividade em função do tempo de óleo de Licuri, a 120°C 0,2L/h em 40h de experimento. Óleos armazenados por 24 meses em embalagem de plástico(a), vidro transparente (b) e vidro âmbar (c).





No frasco de vidro transparente, observou-se um período de indução (IP) de 22,72 horas (Figura 22 - b). Até esse ponto, a condutividade da solução — que é representada com curva em azul — manteve-se relativamente estável, indicando baixa liberação de compostos voláteis. A partir do IP, houve um aumento abrupto na condutividade, evidenciado também pela inflexão na curva derivada (verde), sinalizando o início acelerado da oxidação. O tempo de indução obtido nessa amostra demonstra uma boa estabilidade oxidativa, embora inferior àquela observada para o óleo acondicionado em frasco âmbar.

No gráfico referente ao frasco de vidro âmbar (Figura 22 - c), o período de indução foi ainda mais prolongado, atingindo 28,04 horas. Isso indica que o óleo se manteve estável por um período significativamente maior antes de iniciar sua degradação oxidativa. A curva de condutividade mostrou um crescimento mais tardio e gradual, e a curva derivada evidenciou o ponto de inflexão de forma clara e em tempo mais distante. Esse resultado sugere que o frasco âmbar proporcionou maior proteção ao óleo, provavelmente devido à sua capacidade de bloquear a luz visível e a radiação ultravioleta, fatores que aceleram reações oxidativas (De-Souza *et al.*, 2024)

Em comparação com o óleo armazenado em frasco de plástico, com IP de 15,13 horas, tanto o óleo em frasco transparente quanto aquele em frasco âmbar

demonstraram estabilidade superior. Isso indica que na condição de uma embalagem menos protetiva, o leva a uma oxidação mais precoce. Em conjunto, os resultados reforçam a importância da escolha do tipo de embalagem na preservação da qualidade e vida útil do óleo de licuri, sendo o vidro âmbar o mais eficaz entre os avaliados.

7.2.4 Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS)

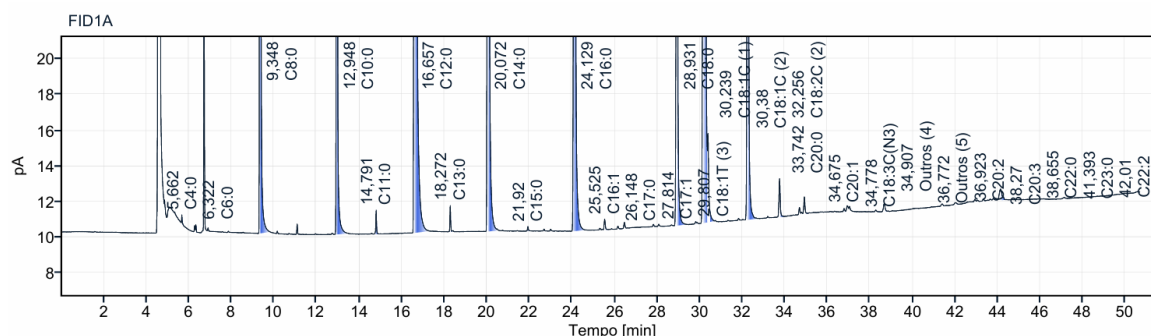
O perfil de ácidos graxos do óleo extraído das sementes de licuri revelou uma predominância de ácidos graxos saturados, totalizando 85,02% da composição total. Os principais ácidos identificados foram o ácido láurico (C12:0), com 43,58%, seguido pelo ácido mirístico (C14:0), com 13,59%, e pelo ácido caprílico (C8:0), com 11,25%. Esses três ácidos representaram juntos mais de dois terços da composição total do óleo. O ácido palmítico (C16:0) também esteve presente em concentração relevante (6,67%).

Os ácidos graxos insaturados corresponderam a uma menor proporção da amostra, com destaque para o ácido oleico (C18:1), com teor combinado de 11,97%, e o ácido linoleico (C18:2), com 2,85%. Pequenas quantidades de outros ácidos insaturados também foram detectadas, como o ácido palmitoleico (C16:1), linolênico (C18:3), eicosenoico (C20:1), entre outros, todos com concentrações inferiores a 0,1%. A razão entre ácidos graxos saturados e insaturados (SFA/UFA) foi elevada, reforçando o caráter altamente saturado do óleo de licuri analisado.

O óleo apresentou um perfil consistente com o relatado na literatura para óleos láuricos (Bessa *et al.*, 2016), sendo especialmente rico em ácidos graxos de cadeia média, o que pode ser interessante para aplicações alimentares, cosméticas e farmacêuticas. A elevada proporção de ácido láurico confere ao óleo características físico-químicas desejáveis, como estabilidade oxidativa e ponto de fusão mais elevado (Khatua; Jana; Hansmann. 2021).

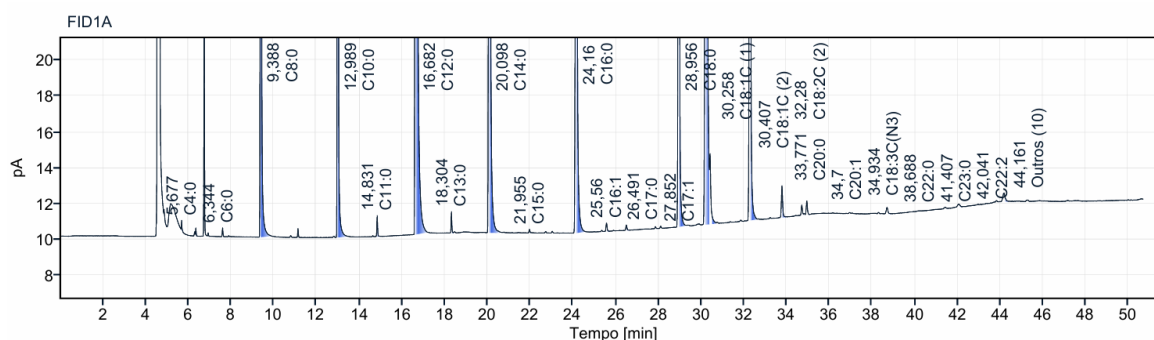
Quando comparado quanto à exposição luminosa, os resultados dos óleos armazenados por 24 meses em embalagens de vidro transparente (ou seja, no claro – Figura 23) e vidro âmbar (ou seja, no escuro – Figura 24), poucas diferenças foram observadas, tendo o perfil geral de ácidos graxos permanecido semelhante (tabela 20).

Figura 23: Cromatogramas obtido com o óleo de *Syagrus coronata* armazenado em embalagem de vidro transparente por 24 meses.



Fonte: O autor (2024).

Figura 24: Cromatogramas obtido com o óleo de *Syagrus coronata* armazenado em embalagem de vidro âmbar por 24 meses.



Fonte: O autor (2024).

O armazenamento do óleo de licuri em ambiente escuro demonstrou preservar de forma eficaz seu perfil lipídico, apresentando apenas pequenas variações na maioria dos compostos analisados. Um dos principais efeitos observados foi o leve aumento nos ácidos graxos poli-insaturados, como o linoleico (C18:2) e o linolênico (C18:3), indicando uma possível menor degradação oxidativa quando o óleo é protegido da exposição à luz. Esse comportamento sugere que a ausência de luz contribui para a estabilidade dos compostos insaturados, que são particularmente sensíveis à oxidação (LASHKO *et al.*, 2019).

Outro achado relevante foi o desaparecimento do ácido lignocérico (C24:0), detectado em baixa concentração (0,06%) no óleo armazenado sob luz, mas ausente na amostra mantida no escuro. Essa ausência pode indicar que sua concentração ficou abaixo do limite de detecção ou que ele se transformou em compostos menores. Além disso, a presença de trans-isômeros do ácido oleico (C18:1T) em traços no óleo em vidro transparente (0,01%) e sua ausência no óleo em vidro âmbar reforçam os

benefícios do armazenamento em ambientes protegidos da luz, uma vez que esses isômeros são considerados indesejáveis do ponto de vista nutricional e funcional.

Tabela 20: Diferenças entre proporções de ácidos graxos de óleo de licuri armazenados em diferentes embalagens por 24 meses.

Ácido Graxo	VIDRO TRANSPARENTE	VIDRO ÂMBAR	Diferença
	Quantitativo (%)	Quantitativo (%)	
C12:0 (Láurico)	43,58	43,20	Muito similar
C14:0 (Mirístico)	13,59	13,43	Sem diferença relevante
C8:0 (Caprílico)	11,25	11,64	Leve aumento no escuro
C18:1C (Oleico)	11,97	11,92	Praticamente idêntico
C10:0 (Caprico)	6,71	6,73	Sem diferença relevante
C16:0 (Palmítico)	6,67	6,58	Ligeiramente menor no escuro
C18:2 (Linoleico)	2,85	3,09	Leve aumento no escuro
C18:0 (Esteárico)	2,92	2,98	Muito similar
C24:0 (Lignocérico)	0,06	0,00	Desapareceu no escuro
C18:3n3 (Linolênico)	0,01	0,04	Aumentou no escuro
Trans (C18:1T)	0,01	0,00	Ausente no escuro
Saturados totais	85,02	84,82	Leve queda no escuro

Fonte: O autor (2024).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que os pré-tratamentos com ácido cítrico, ultrassom e a combinação de ambos exercem efeitos distintos sobre a composição físico-química e propriedades bioativas do cogumelo *Pleurotus djamor*. Em relação ao processo de secagem, verificou-se que todos os tratamentos promoveram a perda de umidade de forma semelhante, com equilíbrio alcançado em aproximadamente 105 minutos. O uso do ultrassom, entretanto, favoreceu uma secagem mais rápida nos primeiros minutos do processo, evidenciando sua capacidade de aumentar a taxa de transferência de massa.

Na composição nutricional, os tratamentos não alteraram significativamente os teores de macronutrientes como proteínas, lipídios e carboidratos. Contudo, o uso do ultrassom se destacou por aumentar o teor de fibras alimentares e favorecer a extração de β -glucanas, indicando impacto positivo na funcionalidade do produto final. Além disso, a combinação de ultrassom e ácido cítrico se mostrou eficaz na preservação parcial do ácido ascórbico e dos compostos fenólicos, contribuindo para a manutenção da atividade antioxidante.

Dessa forma, conclui-se que o uso de pré-tratamentos com ultrassom e ácido cítrico, isoladamente ou combinados, pode ser uma estratégia eficaz para melhorar aspectos nutricionais, funcionais e tecnológicos de *Pleurotus djamor* desidratado, contribuindo para seu aproveitamento na indústria alimentícia como um ingrediente funcional e de valor agregado.

Com base nos resultados obtidos para o óleo de licuri, conclui-se que sua extração por Soxhlet com n-hexano é a mais eficiente em termos de rendimento, alcançando até 64,37% com a proporção de 10 mL/g em 3 horas de extração. No entanto, a análise estatística sugere a necessidade de mais experimentos em níveis intermediários para aprimorar o modelo preditivo. Por outro lado, a extração assistida por ultrassom (EAU) se destaca por operar a temperaturas significativamente mais baixas e com tempo reduzido, atingindo rendimentos satisfatórios. Apesar de seu menor rendimento em comparação ao Soxhlet, a EAU apresenta vantagens operacionais, como menor consumo energético e menor degradação dos compostos extraídos.

As extrações com etanol, tanto por Soxhlet quanto por ultrassom, evidenciaram a presença de compostos polares, com potencial de aplicação em formulações

industriais, como emulsificantes e vitaminas. Assim, a escolha do método e do solvente deve considerar não apenas o rendimento, mas também as características do produto final, o custo energético e a aplicabilidade dos compostos obtidos.

As diferenças entre os óleos armazenados no claro e no escuro são sutis, mas indicam que o armazenamento no escuro pode contribuir levemente para a preservação de ácidos graxos insaturados e reduzir a formação de isômeros trans. Ainda que o perfil geral seja mantido, esses detalhes são importantes para aplicações que exigem estabilidade nutricional e funcional de compostos bioativos.

No armazenamento, o vidro âmbar proporcionou a maior estabilidade oxidativa ao óleo, com um período de indução 5,3 horas maior que o vidro transparente e quase 13 horas superior ao armazenamento em plástico. Isso reforça que a embalagem tem impacto direto na conservação da qualidade do óleo, especialmente em produtos ricos em compostos bioativos sensíveis à oxidação, como o óleo de licuri. A diferença entre vidro âmbar (escuro) e os transparentes mostra que a proteção contra luz (especialmente UV) é um fator importante na vida útil dos óleos vegetais.

REFERÊNCIAS

- ABEBAW, GASHAW. *Review on: Its Potentials and Application of Potato Peel (Waste)*. Journal of Aquaculture & Livestock Production, [S. l.], 2020.
- ABEBEW, G. Review on: Nutritional Value and Health Benefits of Edible Mushroom. *Journal of Engineering and Applied Sciences Technology*, v. 2, p. 113, 2020. SRC/JEAST-122.
- AHMAD, F.; MOHAMMAD, ZH.; ZAIDI, S.; IBRAHIM, S. A. A comprehensive review on the application of ultrasound for the preservation of fruits and vegetables. *Journal of Food Process Engineering*, 2023;46(6).
- AI, Q.; MIAO, Y.; MAI, K. The anti-nutritional effects and degradations of dietary tannins: a review. *Periodical of Ocean University of China*, v. 41, p. 33–40, 2011.
- AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 17. ed. Washington: AOAC, 2002. 1115 p.
- ARAUJO, A. L. de; CANTERI, M. H. G.; BITTENCOURT, J. V. M. “Agricultura familiar e o impacto da Covid-19 aos programas de políticas públicas - PNAE e PAA”. In OLIVEIRA, R. J. de (Org.). *Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar*, 2021. p. 81-103.
- ARAÚJO, H. F. P.; RODAL, M. J. N.; ALMEIDA, A. M.; CASTRO, A. A. J. F.; SANTOS, G. M. M.; BARBOSA, M. R. The Caatinga region is a system and not an aggregate. *Journal of Arid Environments*, v. 203, p. 104778, 2022.
- ARAUJO, K. S.; SILVA, S. M. S. E.; SANTOS, L. D.; MALAFAIA, C. B.; BARBOSA, M. O. A preliminary study of the physico-chemical properties and fatty acid profile of five palm genotypes cultivated in Northeast of Brazil. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 4, p. 251–256, 2019.
- AROUCHA, E. P. T. L.; AROUCHA, M. L. *Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável do Licuri*. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2013.
- ARUWA, G.; ADENIPEKUN, C. O.; OGUNBANWO, S. T.; AKINBODE, E. O. Phytochemical evaluation and antioxidant capacity of *Ganoderma lucidum* and *Pleurotus pulmonarius* in Ibadan, Nigeria. *Biotechnology Journal International*, v. 25, n. 1, p. 23–32, 2021.
- AYIMBILA, F.; KEAWSOMPONG, S. Nutritional Quality and Biological Application of Mushroom Protein as a Novel Protein Alternative. *Curr. Nutr. Rep.*, 2023, 12, 290–307.
- BALÍYAN, S.; MUKHERJEE, R.; PRIYADARSHINI, A.; VIBHUTI, A.; GUPTA, A.; PANDEY, R. P.; CHANG, C. M. Determination of antioxidants by DPPH radical

scavenging activity and quantitative phytochemical analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules (Basel, Switzerland)*, v. 27, n. 4, p. 1326, 2022.

BARSINGI, S.; PATNALA, K. Mushrooms grown in high-altitude soil exhibiting distinct alterations in growth, biochemical composition and antioxidant potential. *Research Journal of Chemistry and Environment*, v. 28, p. 113–129, 2024.

BATISTA, M. L. P.; MACÊDO, E. M.; BEZERRA, A. K. L.; SILVA, A. J. DA; BARROS, R. F. M. DE. Comunidade rural do Nordeste brasileiro: um cenário de reflexão para a formulação de políticas de desenvolvimento local e empreendedorismo sustentável. *Revista de Administração Pública*, v. 57, n. 1, e-2022-0160, 2023.

BAÜMLER, E. R.; CARRÍN, M. E.; CARELLI, A. A. Extraction of sunflower oil using ethanol as solvent. *Journal of Food Engineering*, v. 178, p. 190-197, jan. 2016. ISSN: 0260-8774.

BEKIARIS, G.; TAGKOULI, D.; KOUTROTSIOS, G.; KALOGEROPOULOS, N.; ZERVAKIS, G. I. *Pleurotus* mushrooms content in glucans and ergosterol assessed by ATR-FTIR spectroscopy and multivariate analysis. *Foods*, v. 9, p. 535, 2020.

BESSA, C. M. A. DA S.; NASCIMENTO, R. S. DO; ALVES, R. C. C.; ANSELMO, J. M.; DA SILVA, A. P. S.; DA SILVA, A. G.; LIMA, V. L. DE M.; TAVARES, J. F.; DA SILVA, L. C. N.; DA SILVA, M. V.; CORREIA, M. T. DOS S. *Syagrus coronata* seed oils have antimicrobial action against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of Medicinal Plants Research*, v. 10, n. 23, p. 310–317, 2016.

BOA, E.. *Wild Edible Fungi: A Global Overview of Their Use and Importance to People*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2004.

BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 272 de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Produtos de Vegetais, Produtos de Frutas e Cogumelos Comestíveis, revogando a resolução –CNNPA nº12, de 24 de julho de 1978. *Diário Oficial da União*, Brasília, 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional da Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução nº 15 de 1977. Estabelece o padrão de identidade e qualidade para frutas cristalizadas e glaceadas. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 15 de julho de 1977. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: 10 set. 2016.

CARDOSO, M. S.; STELUTTI, R. M.; GIESE, E. C.; BARBOSA, A. M. Caracterização química de glucanas fúngicas e suas aplicações biotecnológicas. *Química Nova*, v. 29, p. 85–92, 2006.

CARVALHO, H. J. M.; BARCIA, M. T.; SCHMIELE, M. Non-Conventional Starches: Properties and Potential Applications in Food and Non-Food Products. *Macromol*, v. 4, n. 4, p. 886–909, 2024.

CAVALCANTE, F. S.; CAMPOS, M. C. C.; DE LIMA, J. P. S. a importância dos macrofungos para o meio ambiente. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 13, n. 1, 2024.

CHANG, SHU-TING. World Production of Cultivated Edible and Medicinal Mushrooms in 1997 with Emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing, in China. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, v. 1, p. 291–300, 1999.

CHANG, SHU-TING; MILES, PHILLIP G. *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effects and Environmental Impact*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2004.

CHATTERJEE, D.; HALDER, D.; DAS, S. Varieties of Mushrooms and their Nutraceutical Importance: A Systematic Review. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, v. 15, n. 3, 2021.

CHEN, Q.; WANG, J.; GAO, Y.; GAO, X.; YAN, P. Optimization of fermentation conditions and product identification of a saponin-producing endophytic fungus. *Microorganisms*, v. 11, n. 9, p. 2331, 2023.

CIRIC, M. Z.; DABETIC, N.; TODOROVIC, V.; DURIS, J.; VIDOVIC, B. Beta-glucan content and antioxidant activities of mushroom-derived food supplements. *Journal of the Serbian Chemical Society*, v. 85, p. 439–451, 2020.

COLAUTO, N. B.; FERNANDES, A. M. A.; EIRA, A. F.; LINO, R. S. Production flush of *Agaricus blazei* on Brazilian casing layers. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 42, p. 616–623, 2011.

CORRADI DA SILVA, M. L.; MARTINEZ, P. F.; IZELI, N. L.; SILVA, I. R.; VASCONCELOS, A. F. D.; CARDOSO, M. S.; STELUTTI, R. M.; GIESE, E. C.; BARBOSA, A. D. M. Caracterização química de glucanas fúngicas e suas aplicações biotecnológicas. *Química Nova*, v. 29, p. 85–92, 2006.

CREPALDI, I. C.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. D.; RIOS, M. D. G.; PENTEADO, M. D. V. C.; SALATINO, A. Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari). *Revista Brasileira de Botânica*, v. 24, n. 2, p. 155–159, 2001.

CRUZ-MORENO, B. A.; PÉREZ, A. A. F.; GARCÍA-TREJO, J. F.; PÉREZ-GARCÍA, S. A.; GUTIÉRREZ-ANTONIO, C. Identification of secondary metabolites of interest in *Pleurotus djamor* using *Agave tequilana* bagasse. *Molecules*, v. 28, n. 2, p. 557, 2023.

DAS, A. K.; ISLAM, M. N.; FARUK, M. O.; ASHADUZZAMAN, M.; DUNGANI, R. Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *South African Journal of Botany*, v. 135, p. 58–70, 2020.

DE SOUZA, M. C.; DE MENEZES JÚNIOR, O. T.; DE ARAÚJO, L. C. A., PONTES, F. B., FERREIRA, F. M., & DA COSTA, L. P. Análise da estabilidade por parâmetros físico-químicos do óleo das sementes de inajá (*maximiliana maripa*) oriundas da Região Amazônica. *Conjecturas*, v. 24(1), p. 337-354, 2024.

DIAS, E. S. Mushroom cultivation in Brazil: challenges and potential for growth. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, p. 795–803, 2010.

DICKS, L.; ELLINGER, S. Effect of the Intake of Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) on Cardiometabolic Parameters—A Systematic Review of Clinical Trials. *Nutrients*, v. 12, 1134, 2020.

DICKS, L.; ELLINGER, S. Effect of the Intake of Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) on Cardiometabolic Parameters—A Systematic Review of Clinical Trials. *Nutrients*, v. 12, n. 4, p. 1134, 2020.

DING, C.; YU, D.; CHEN, Y.; ZHU, J.; WU, J.; DU, X.-W.; WANG, X. Analysis of the mechanism of saponin biotransformation in *Dioscoreae nipponicae rhizoma* by the endophytic fungus *Fusarium* sp. C39 using whole-genome sequencing. *Journal of Basic Microbiology*, v. 62, n. 5, p. 623–633, 2022.

DINI, I.; TENORE, G. C.; DINI, A. Saponins in *Ipomoea batatas* tubers: Isolation, characterization, quantification and antioxidant properties. *Food Chemistry*, v. 113, n. 2, p. 411–419, 2009.

DJERIDANE, A.; YOUSFI, M.; NADJEMI, B.; BOUTASSOUNA, D.; STOCKER, P.; VIDAL, N. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compound. *Food Chemistry*, v. 97, p. 654–660, 2006.

DRECHSLER-SANTOS, E. R.; WARTCHOW, F.; COIMBRA, V. R. M.; GIBERTONI, T. B.; CAVALCANTI, M. A. Q. Studies on lentinoid fungi (*Lentinus* and *Panus*) from the semi-arid region of Brazil. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, v. 139, p. 437–446, 2012.

DUBEUX, A.; BATISTA, M. P. Agroecologia e Economia Solidária: um diálogo necessário à consolidação do direito à soberania e segurança alimentar e nutricional. *Redes*, v. 22, n. 2, p. 227–249, 2017.

DYAB, A.; EL-EL-SHERIF, G.; GAB-ALLAH, R. Evaluate the effect of pretreatments and drying techniques on the sweet potato slices. *Food Technology Research Journal*, v. 1, p. 9–19, 2023.

EFFIONG, M. E.; UMEOKWOCHI, C. P.; AFOLABI, I. S.; CHINEDU, S. N. Comparative antioxidant activity and phytochemical content of five extracts of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom). *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 3794, 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMBRAPA. Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: frutas desidratadas. Brasília: Embrapa. Informação Tecnológica, (Série Agronegócios), 2003. 115 p.

ENGELMANN, J. I.; CREXI, V. T.; MORAIS, M. M. Óleo de Arroz (*Oryza sativa*): Degomagem e Neutralização. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*, v.1, n.2. p. 4086-4093, fev. 2015.

ENGIN, D. Effect of Drying Temperature on Color and Desorption Characteristics of Oyster Mushroom. *Food Sci. Technol.*, v. 40, p. 187–193, 2020.

ESPINOSA-PÁEZ, E.; HERNÁNDEZ-LUNA, C. E.; LONGORIA-GARCÍA, S.; MARTÍNEZ-SILVA, P. A.; ORTIZ-RODRÍGUEZ, I.; VILLARREAL-VERA, M. T.; CANTÚ-SALDAÑA, C. M. *Pleurotus ostreatus*: A Potential Concurrent Biotransformation Agent/Ingredient on Development of Functional Foods (Cookies). *LWT*, v. 148, 111727, 2021.

ESPINOSA-PÁEZ, E.; HERNÁNDEZ-MONTAÑO, I.; LÓPEZ, A. D. D. J.; LÓPEZ, A. C. D.; GUTIÉRREZ, L. R. P.; GARCÍA, A. R. R. *Pleurotus ostreatus*: A potential concurrent biotransformation agent/ingredient on development of functional foods (cookies). *LWT*, v. 148, p. 111727, 2021.

ESPINOZA-TICONA, Y.; LOZANO, F.; MOREANO-ALARCÓN, L.; CALIXTO-MUÑOZ, J. J.; CHAQUILLA QUILCA, G. Pre-treatments and drying methods on the physicochemical and sensory characteristics of wild mushrooms (*Suillus luteus*) from Apurimac-Peru. *Chilean J. Agric. Anim. Sci.*, v. 39, n. 3, p. 276-287, 2023.

FIDALGO, O.; PRANCE, G. T. The Ethnomycology of the Sanama indians. *Mycologia*, v. 68, n. 1, p. 201–210, 1976.

FOGARASI, M.; DIACONEASA, Z. M.; POP, C. R.; FOGARASI, S.; SEMENIUC, C. A.; FĂRCAS, A. C.; SOCACI, S. A. Elemental composition, antioxidant and antibacterial properties of some wild edible mushrooms from Romania. *Agronomy*, v. 10, n. 12, p. 1972, 2020.

FONTENELE, A. M.; CABRAL, M. B. Acordo de Paris e a transformação dos sistemas alimentares: da agropecuária de baixa emissão de carbono à agroecologia. *Observatório de la economía latinoamericana*, v. 23, n. 3, e9277, 2025.

FRAGA-CORRAL, M.; GARCÍA-OLIVEIRA, P.; PEREIRA, A. G.; LOURENÇO-LOPES, C.; JIMENEZ-LOPEZ, C.; PRIETO, M. A.; SIMAL-GANDARA, J. Technological application of tannin-based extracts. *Molecules*, v. 25, n. 3, p. 614, 2020.

GANEM, K. A.; PAIVA, J. G.; FONSECA, M. A. S.; SILVA, A. P. S.; ARAÚJO, C. S. Mapeamento da vegetação da Caatinga a partir de dados ópticos de observação da Terra – oportunidades e desafios. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, p. 829–854, 2020.

GANESAN, G.; SELVAM, G.; VARATHARASU, A.; ANNAMALAI, P. Physico-Chemical and Qualitative, Quantitative Chemical Compounds Analysis of *Pleurotus florida* in Thanjavur, Tamilnadu, India. *International Journal of Life Sciences and Pharma Research*, v. 13, n. 2, p. L8-L17, 2023.

GOLIAN, M.; CHLEBOVÁ, Z.; ŽIAROVSKÁ, J.; BENZOVÁ, L.; URBANOVÁ, L.; HOVAŇÁKOVÁ, L.; CHLEBO, P.; URMINSKÁ, D. Analysis of biochemical and genetic variability of *Pleurotus ostreatus* based on the β -glucans and CDDP markers. *Journal of Fungi*, v. 8, n. 6, p. 563, 2022.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Kinetic models of β -carotene degradation during air drying of carrots. *Drying Technology*, v. 28, n. 6, p. 752-761, 2010.

GOYAL, R.; GREWAL, R.; GOYAL, R. K. Vitamin and mineral content of *Agaricus bisporus* (white button) and *Pleurotus sajor-caju* (dhingri) mushrooms. *International Journal of Food Science and Nutrition*, v. 5, p. 100–102, 2020.

GUTTE, K. B.; SAHOO, A. K.; RANVEER, R. C. Effect of ultrasonic treatment on extraction and fatty acid profile of flaxseed oil. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, v. 22, n. 6, p. 7, 2015.

HALL, I. R.; YUN, W.; AMICUCCI, A. Cultivation of edible ectomycorrhizal mushrooms. *Trends in Biotechnology*, v. 21, n. 10, p. 433–438, 2003.

HAN, S. R.; KIM, K. H.; LIM, K. O.; OH, T. J. Biological activity analysis of different solvent extracts from *Pleurotus ostreatus*. *Indian Journal of Science and Technology*, v. 8, n. 26, p. 1–8, 2015.

İNCI, Ş.; KIRBAĞ, S.; AKYÜZ, M. Valorization of local agro-residues for the cultivation of *Pleurotus djamor* (Rumph. Ex Fr.) Boedijn and their effects on nutritional value. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2024.

IRAKIZA, P. N.; CHUMA, G. B.; LYOBA, T. Z.; MWEZE, M. A.; MONDO, J. M.; ZIHALIRWA, P. K.; MAPATANO, S.; BALEZI, A. Z.; MUSHAGALUSA, G. N. Fortification with mushroom flour (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm) and substitution of wheat flour by cassava flour in bread-making: Nutritional and technical implications in eastern DR Congo. *Agricultural and Food Science*, v. 10, n. 1, p. 1–11, 2021.

ISO 6886: 2009. Animal and vegetable fats and oils - determination of oxidation stability (accelerated oxidation test). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

JAHANGIRI, KAVEH; FAZELI, NARGES; MAHMOUDI, PARISA; NAZARI, SADEGH; JAHANGIRI, HOSSEIN; HASSANZADEH, MEHDI. Reducing Pressure on Drinking Water Resources in Droughts: A Narrative Study. *Journal of Archives in Environmental Health and Research*, 2023.

- KAUR, D.; MEKHALA, M. S.; MA, T.; KAMISAKA, Y.; PHAN, A. Q.; RATHINAVELU, A.; LEE, J. H. Engineering Isoprenoid Quinone Production in Yeast. *ACS Synthetic Biology*, v. 9, n. 9, p. 2239–2245, 2020.
- KAUR, R.; SHARMA, M.; JI, D.; XU, M.; AGYEI, D. Structural features, modification, and functionalities of beta-glucan. *Fibers*, v. 8, n. 1, p. 1, 2019.
- KHATANA, M. A.; JAHANGIR, M. M.; AMJAD, M.; SHAHID, M. Assessment of agronomic crops-based residues for growth and nutritional profile of *Pleurotus eryngii*. *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, e261752, 2022.
- KHATUA, P.; JANA, A. K.; HANSMANN, U. H. E. Effect of Lauric Acid on the Stability of A β 42 Oligomers. *ACS Omega*, v. 6, n. 8, p. 5795–5804, 2021.
- KHMELEV, V.; SHALUNOV, A.; TARENTIEV, S.; GOLYKH, R. N.; NESTEROV, V. Ultrasonic dehydration of materials without liquid-vapor transition. *Drying Technology*, 2024.
- KINUPP, VALDELY F. *Plantas Alimentícias Não-Convencionais da Região Metropolitana de Porto Alegre, RS*. 2007. 562 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- KINUPP, VALDELY F.; LORENZI, HAROLDO. *Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas*. 1. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 768 p.
- KITYANIA, S.; NATH, R.; DAS, S.; NATH, D.; PATRA, J. K.; TALUKDAR, A. D. Fungi as nutraceutical: present to future. In: *Applied Mycology: Entrepreneurship with Fungi*. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 187-202.
- KOZARSKI, M.; KLAUS, A.; NIKSIC, M.; JAKOVLJEVIC, D.; HELSPER, J. P.; GRIENSVEN, L. J. Antioxidative and immunomodulating activities of polysaccharide extracts of the medicinal mushrooms *Agaricus bisporus*, *Agaricus brasiliensis*, *Ganoderma lucidum* and *Phellinus linteus*. *Food Chemistry*, v. 129, p. 1667–1675, 2011.
- KUYU, C. G.; TOLA, Y. B.; MOHAMMED, A.; RAMASWAMY, H. S. Determination of citric acid pretreatment effect on nutrient content, bioactive components, and total antioxidant capacity of dried sweet potato flour. *Food science & nutrition*, v. 6, n. 6, p. 1724-1733, 2018.
- KRÜMMEL, A.; RODRIGUES, L. G. G.; VITALI, L.; FERREIRA, S. R. S. Bioactive compounds from *Pleurotus sajor-caju* mushroom recovered by sustainable high-pressure methods. *LWT*, v. 160, 113316, 2022.
- LAGNIKA, C.; HUANG, J.; JIANG, N.; LI, D.; LIU, C.; SONG, J.; WEI, A.; ZHANG, M. Ultrasound-assisted osmotic process on quality of microwave vacuum drying sweet potato. *Drying Technology*, p. 1-13, 2018.

LASHKO, N., CHAUSOVSKY, G., DEREVIANKO, N., BRAZHKO, O. Effect of light on the kinetics of oxidation reactions in vegetable oils. *Food Science and Technology International*. 2019.

LI, H.; ZHAO, Y.; YANG, W.; ZHANG, Z. Characterization of astragaloside I-IV based on the separation of HPTLC from *Pleurotus ostreatus* cultivated with *Astragalus*. *Journal of Food Science*, v. 85, n. 10, p. 3183-3190, 2020.

LIN, J. Y.; TANG, C. Y. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chemistry*, v. 101, p. 140–147, 2007.

LISBOA, M. C.; WILTSHIRE, F. M. S.; FRICKS, A. T.; DARIVA, C.; CARRIERE, F.; LIMA, Á. S.; SOARES, C. M. F.. Oleochemistry potential from Brazil northeastern exotic plants. *Biochimie*, v. 178, p. 96-104, 2020.

LIU, Y.; LI, Z.; XU, H.; HAN, Y. Extraction of saponin from *Camellia oleifera* Abel cake by a combination method of alkali solution and acid isolation. *Journal of Chemistry*, 2016.

LOPEZ-GARCÍA, DANIEL. Who is the subject of agroecological transitions? Local Agroecological Dynamization and the plural subject of food systems transformation. *Landbauforschung – Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems*, v. 70, n. 2, p. 36–42, 2020.

LORENZI, HAROLDO; NOBLICK, L. R.; KAHN, FRANCIS; FERREIRA, EDSON. *Flora brasileira: Arecaceae (Palmeiras)*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2010. 382 p.

LORENZI, HAROLDO; SOUZA, HERMÍNIO M.; MEDEIROS-COSTA, JOSÉ T.; CERQUEIRA, LÍVIA S. C.; FERREIRA, EDSON. *Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas*. Nova Odessa: Plantarum, 2004.

LU, X.; BRENNAN, M. A.; GUAN, W.; ZHANG, J.; YUAN, L.; BRENNAN, C. S.; BRENNAN, C. S. Enhancing the nutritional properties of bread by incorporating mushroom bioactive compounds: The manipulation of the predictive glycaemic response and the phenolic properties. *Foods*, v. 10, n. 4, p. 731, 2021.

MACHADO, A. F.; FIALHO, S. ; OLIVEIRA, F. F. ; ROCHA, A. M. A. ; SILVA, T. A. ; BASTOS, G. G. ; CHEVITARESE, L. ; REIS, R. D. ; FARIA, A. L. ; DUARTE, T. V. R. ; REIS, J. D. Ecogastronomia e plantas alimentícias não convencionais (PANCS) para o fortalecimento do turismo de base comunitária (TBC) no Brasil. *Observatorio de la economía latinoamericana*, v. 22, p. 1-30, 2024.

MAGAE, Y.; OHARA, S. Structure-activity relationships of triterpenoid saponins on fruiting body induction in *Pleurotus ostreatus*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, v. 70, n. 8, p. 1979-1982, 2006.

MAIA, L. C., CARVALHO, A. A. D., CAVALCANTI, L. D. H., GUGLIOTTA, A. D. M., DRECHSLER-SANTOS, E. R., SANTIAGO, A. L. D. A., SILVA, V. F. D. Diversity of Brazilian Fungi. *Rodriguésia*, v.66, n.4, p.1033-1045, 2015.

MARQUES, L. G.; PRADO, M. M.; FREIRE, J. T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *Journal of Food Science and Technology*, v. 42, p. 1232-1237, 2009.

MARTÍNEZ-FLORES, H. E.; CONTRERAS-CHÁVEZ, R.; GARNICA-ROMO, M. G. Effect of extraction processes on bioactive compounds from *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus djamor*: Their applications in the synthesis of silver nanoparticles. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, v. 31, p. 1406–1418, 2021.

MARTINEZ-FLORES, HECTOR; GARCÍA-PACHECO, JOSÉ LUIS; RAMOS, DULCE MARÍA; RENDÓN-RAMÍREZ, IRMA; MENDOZA-GARCÍA, PABLO G.; ZENDEJAS, CARMEN GARCÍA. Effect of Extraction Processes on Bioactive Compounds from *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus djamor*: Their Applications in the Synthesis of Silver Nanoparticles. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, v. 31, p. 1–13, 2021.

MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória: Incaper, 2003. 497 p.

MASON, Timothy; PETERS, Dietmar. *Practical Sonochemistry: Power Ultrasound Uses and Applications*. 2 ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2002.

MAYOR, L.; SERENO, A. M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *Journal of Food Engineering*, v. 61, n. 3, p. 373-386, 2004.

MCCLEARY, B. V.; DRAGA, A. Measurement of β -glucan in mushrooms and mycelial products. *Journal of AOAC International*, v. 99, n. 2, p. 364-373, 2016.

MEDEIROS, R. L.; ANDRADE, G. M.; CRISPIM, R. B.; SILVA, N. N. D. S.; SILVA, S. A. D.; SOUZA, H. A. N.; ZÁRATE-SALAZAR, J. R.; MEDEIROS, F. D.; DANTAS, C. E. A.; VIEIRA, V. B.; SILVA, A. L. E.; TAVARES, J. F.; PEREIRA, F. O. Nutritional and antioxidant potential of *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn produced on agronomic wastes banana leaves and sugarcane bagasse substrates. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 55, n. 2, p. 1117-1129, 2024.

MILÃO, G. L.; DE OLIVEIRA, A. P. H.; DE SOUZA SOARES, L.; ARRUDA, T. R.; VIEIRA, É. N. R.; JUNIOR, B. R. D. C. L. Unconventional food plants: Nutritional aspects and perspectives for industrial applications. *Future Foods*, v. 5, p. 100124, 2022.

MOHAMMADPOUR, H.; SADRAMELI, S. M.; ESLAMI, F.; ASOODEH, A. Optimization of ultrasound-assisted extraction of *Moringa peregrina* oil with response surface

methodology and comparison with Soxhlet method. *Industrial Crops and Products*, v. 131, p. 106-116, 2019.

MOOLKAEW, P.; JUNYUSEN, T.; CHATCHAVANTHATRI, N.; PHAN, V. M.; SORNSOMBOONSUK, S. Microwave-assisted extraction of *Pleurotus sajor-caju* polysaccharides and characterization of bioactive compounds. *Suranaree Journal of Science and Technology*, v. 26, p. 520–532, 2019.

MORTIMER, PETER; KARUNARATHNA, SAMAN S.; LI, QING; GUI, HONG; YE, LIU; SUKKEE, YOUN; HYUN, HONG I.; XING, XING; HYDE, KEVIN D. Prized edible Asian mushrooms: Ecology, conservation and sustainability. *Fungal Diversity*, v. 56, p. 31–47, 2012.

Mothibe, K. J.; Zhang, M.; Nsor-atindana, J.; Wang, Y. C. Use of ultrasound pretreatment in drying of fruits: Drying rates, quality attributes, and shelf life extension. *Drying Technology*, v. 29, n. 14, p. 1611-1621, 2011.

MOURA, J. R. R. DE O.; MORAIS, B. R. S. DE; ALVES, A. S. S.; BRANDÃO, S. C. R.; AZOUBEL, P. M. Evaluation of Organic Acids and Ultrasound as Pretreatment in Convective Drying Kinetics and Quality Parameters of Pumpkin. *Foods*, 2024.

MOUTIA, I.; LAKATOS, E.; KOVÁCS, A. J. Impact of Dehydration Techniques on the Nutritional and Microbial Profiles of Dried Mushrooms. *Foods*, v. 13, p. 3245, 2024.

MOUTIA, I.; LAKATOS, E.; KOVÁCS, A. J. Impact of dehydration techniques on the nutritional and microbial profiles of dried mushrooms. *Foods*, v. 13, 3245, 2024.

NASCIMENTO, C. C.; PINHEIRO, F. G. B.; WARTCHOW, F.; ALVES, M. H. *Cantharellus rubescens*, a new Chantarelle from the Brazilian Semi-Arid. *Cryptogamie Mycologie*, v. 35, p. 369 - 375. 2014.

NOPE PAEZ, D. F.; ORTÍZ ULLOA, L. M.; RACINES GONZÁLEZ, J. Optimización de un método analítico para la separación y cuantificación de flavonoides totales expresados en equivalentes de quercetina, en un extracto del hongo *Pleurotus ostreatus* mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). *Química Farmacéutica*, 2024.

ODJIMOGHO, S. E.; IDU, F. K.; IDU, M.; ODJIMOGHO, S. E.; AKAEZE, A. T.; GABRIEL, B. O. Preliminary Phytochemistry, In-vitro Antioxidant and Reducing Effect of Intraocular Pressure of *Pleurotus tuber-regium* (Fr) Sing Using Animal Model. *Al-Qadisiyah Journal of Pure Science*, v. 29, n. 1, p. 12, 2024.

OKWULEHIE, I. C.; OKORO, C. E. Assessment of the phytochemical, proximate, mineral and heavy metal constituents of some grass straws and used in cultivating *Pleurotus ostreatus* var. *florida* (Eger). *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, v. 8, p. 43–49, 2013.

OZOGUL, Y.; UCAR, Y.; TADESSE, E. E.; RATHOD, N.; KULAWIK, P.; TRIF, M.; ESATBEYOGLU, T.; OZOGUL, F. Tannins for Food Preservation and Human Health: A Review of Current Knowledge. *Applied Food Research*, 100738, 2025.

PANCHE, A. N.; DIWAN, A. D.; CHANDRA, S. R. Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, v. 5, e47, 2016.

PÉREZ-BASSART, Z.; FALCÓ, I.; MARTÍNEZ-SANZ, M.; MARTÍNEZ-ABAD, A.; SÁNCHEZ, G.; LÓPEZ-RUBIO, A.; FABRA, M. J. Antiviral and technological properties of β -glucan-rich aqueous fractions from *Pleurotus ostreatus* waste biomass. *Food Hydrocolloids*, v. 146, p. 109308, 2024.

PEREZ-GONZALEZ, G.; TOMPSETT, G. A.; MASTALERZ, K.; TIMKO, M. T.; GOODELL, B. Interaction of oxalate with β -glucan: Implications for the fungal extracellular matrix, and metabolite transport. *iScience*, v. 26, n. 6, 106851, 2023.

PEREZ-GONZALEZ, GABRIELA; SEBESTYEN, DAVID; PETIT, ÉRIC; JELLISON, JONATHAN; MUGNAI, LAURA; GELHAYE, ÉRIC; LEE, NATHAN; FARINE, SÉBASTIEN; BERTSCH, CÉLINE; GOODELL, BARRY. Oxygen Radical-Generating Metabolites Secreted by *Eutypa* and *Esca* Fungal Consortia: Understanding the Mechanisms Behind Grapevine Wood Deterioration and Pathogenesis. *Frontiers in Plant Science*, v. 13, p. 921961, 2022.

PH. EUR. - EUROPEAN PHARMACOPOEIA. Tannins in herbal drugs (Chapter 2.8.14). In: *European Pharmacopoeia*. 11th ed. Amsterdam: European Medicines Agency, 2023. p. 326.

PILZ, D.; NORVELL, L.; DANELL, E.; MOLINA, R. *Ecology and Management of Commercially Harvested Chanterelle Mushrooms*. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 2003. (Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-576), 83 p.

PINHEIRO, F. G. B.; WARTCHOW, F. *Cantharellus protectus*, a new species from Paraíba, Brazil. *Sydowia*, v. 65, p. 27-31, 2013.

RADZKI, W.; TUTAJ, K.; SKRZYPCZAK, K.; MICHALAK-MAJEWSKA, M.; GUSTAW, W. Ethanolic extracts of six cultivated mushrooms as a source of bioactive compounds. *Applied Sciences*, v. 14, n. 1, p. 66, 2023.

RAMÍREZ-TERRAZO, A.; MONTOYA, E. A.; GARIBAY-ORIJEL, R.; CABALLERO-NIETO, J.; KONG-LUZ, A.; MÉNDEZ-ESPINOZA, C. Breaking the paradigms of residual categories and neglectable importance of non-used resources: the “vital” traditional knowledge of non-edible mushrooms and their substantive cultural significance. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 17, n. 1, artigo 28, 2021.

RAMPINELLI, J. R.; SILVEIRA, M. L. L.; GERN, R. M. M.; FURLAN, S. A.; NINOW, J. L.; WISBECK, E. Nutritional value of *Pleurotus djamor* cultivated in banana straw. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v. 21, n. 2, p. 197-202, 2010.

RASHIDI, A. N. M.; YANG, T. A. Nutritional and antioxidant values of oyster mushroom (*P. sajor-caju*) cultivated on rubber sawdust. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, v. 6, n. 2, p. 161–164, 2016.

RAYNIE, D. E. Looking at the Past to Understand the Future: Soxhlet Extraction. *LC GC North America*, v. 37, n. 8, p. 510-513, ago. 2019.

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

RECIFE. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. *Plano Local de Ação Climática da Cidade do Recife*. Recife, PE, 2020.

REYNA, S.; GARCIA-BARREDA, S. Black truffle cultivation: a global reality. *Forest Systems*, v. 23, n. 2, p. 317–328, 2014.

RUAN-SOTO, F., TRIERVEILER-PEREIRA, L., PÉREZ-OVANDO, E., PRADO-ELIAS, A., CRUZ-LORENZO, M.F. Use and Management of Macroscopic Fungi in the Lowland Neotropics: The Mesoamerican and Amazonian Cases. In: Casas, A., *et al.* Biodiversity Management and Domestication in the Neotropics. Springer, Cham. 2025.

SÁ, ANA A. DE; SOUSA, CLARICE R. DE C. Biodiversidade e conservação da Caatinga: um desafio para a ciência. *Revista Contemporânea*, v. 4, n. 12, p. e7136, 2024.

SANTI, Eduarda Maria Trentin. Atividade de *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus florida* e *Pleurotus djamor* sobre larvas e adultos de *Lucilia cuprina*. 2021. 54 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS. 2021.

SANTOS, L. T. S. D. *Estudo das potencialidades do fruto do Ouricuri*. 2015. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

SHARMA, A.; SHARMA, A.; TRIPATHI, A. Biological activities of *Pleurotus* spp. polysaccharides: A review. *Journal of Food Biochemistry*, v. 45, n. 6, e13748, 2021.

SHEN, L.; PANG, S.; ZHONG, M.; SUN, Y.; QAYUM, A.; LIU, Y.; RASHID, A.; XU, B.; LIANG, Q.; MA, H.; REN, X. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 101, 2023.

SHEN, L.; PANG, S.; ZHONG, M.; SUN, Y.; QAYUM, A.; LIU, Y.; RASHID, A.; XU, B.; LIANG, Q.; MA, H.; REN, X. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 101, 2023.

SHI, S.; YIN, L.; SHEN, X.; DAI, Y.; WANG, J.; YIN, D. β -Glucans from *Trametes versicolor* (L.) Lloyd is effective for prevention of influenza virus infection. *Viruses*, v. 14, n. 2, 237, 2022.

SHI, X.; LIU, X.; HUANG, H.; ZHU, Y.; DONG, Z.; TANG, L.; ZHANG, W. ABHD16A Negatively Regulates the Palmitoylation and Antiviral Function of IFITM Proteins. *mBio*, v. 13, n. 6, p. e0228922, 2022.

SHIRSATH, S.R.; SONAWANE, S.H.; GOGATE, P.R. Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations - A review of current status. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, v. 53, p. 10-23, 2012.

SI, X.; CHEN, Q.; BI, J.; WU, X.; YI, J.; ZHOU, L.; LI, Z. Comparison of different drying methods on the physical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of raspberry powders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 96, n. 6, p. 2055–2062, 2015.

SILVA, G. D.; BARROS, Z. M. P.; MEDEIROS, R. A. B.; CARVALHO, C. B. O.; BRANDAO, S. C. R.; AZOUBEL, P. M. Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum. *LWT-Food Science and Technology*, v. 74, p. 114-119, 2015.

SILVA, M. C.; ROWLAND, L.; OLIVEIRA, R. S.; PENNINGTON, T. R.; MOONLIGHT, PETER. Elevation modulates the impacts of climate change on the Brazilian Cerrado flora. *Diversity and Distributions*, v. 30, e13832, 2024.

SINGH, ARVIND KUMAR; CHEN, CHUN; WU, JIANHUA; YANG, BIN; ZAKARI, SAYYID; JIANG, XIAOJUN; SINGH, NARESH; LIU, WEI. The role of glomalin in mitigation of multiple soil degradation problems. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 50, p. 1–35, 2020.

SITI-NURAMIRA, J.; FARHANA, R. N.; NABIL, S.; JAFARI, S. M.; RASEETHA, S. Impact of drying methods on the quality of grey (*Pleurotus sajor caju*) and pink (*Pleurotus djamor*) oyster mushrooms. *Journal of Food Measurement and Characterization*, v. 16, n. 5, p. 3331–3343, 2022.

SIUCIŃSKA, K.; KONOPACKA, D. Application of ultrasound to modify and improve dried fruit and vegetable tissue: a review. *Drying Technology*, v. 32, n. 11, p. 1360–1368, 2014.

SŁAWIŃSKA, A.; JABŁOŃSKA-RYŚ, E.; GUSTAW, W. Physico-Chemical, Sensory, and Nutritional Properties of Shortbread Cookies Enriched with *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* Powders. *Applied Sciences*, 2024.

SŁAWIŃSKA, A.; JABŁOŃSKA-RYŚ, E.; GUSTAW, W. Physico-chemical, sensory, and nutritional properties of shortbread cookies enriched with *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* powders. *Applied Sciences*, 2024.

SMITH, S. E.; READ, D. J. *Mycorrhizal Symbiosis*. 2nd ed. London: Academic Press, 1997.

SRIVASTAVA, A.; ATTRI, B. L.; KAMAL, S.; PATHERA, A. K.; KASHYAP, R.; VERMA, S.; SHARMA, V. P. Nutritional enhancement, microstructural modifications, and sensory evaluation of mushroom-enriched multigrain bread. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 59, p. 9523–9531, 2024.

STAMETS, P. Techniques for the cultivation of the medicinal mushroom Royal Sun *Agaricus Agaricus blazei* Murr. (Agaricomycetidae). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, v.2, p.151-160, 2000.

STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; Piaia, A.; Handte, V. G.; Costa, A. F. P.; MORAIS, R. M. *Aspectos técnicos sobre a produção de cogumelos comestíveis em substratos orgânicos*. Ponta Grossa-PR: Atena Editora, 2021. 37 p

STOICA, R. M.; MOSCOVICI, M.; LAKATOS, E. S.; CIOCA, L. I. Exopolysaccharides of fungal origin: properties and pharmaceutical applications. *Processes*, v. 11, n. 2, 335, 2023.

TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. M. C. The future of the Caatinga. In: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Ed.). *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 461–474.

THIKHAM, S.; JEENPITAK, T.; SHOJI, K.; PHONGTHAI, S.; THERDTATHA, P.; YAWOOTTI, A.; KLANGPETCH, W. Pulsed electric field-assisted extraction of mushroom β -glucan from *Pleurotus pulmonarius* by-product and study of prebiotic properties. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 59, n. 6, p. 3939–3949, 2024.

TIMM, T. G.; PASKO, R. Z.; CAMPOS, C. S. G.; HELM, C. V.; TAVARES, L. B. B. Drying process of *Lentinus edodes*: Influence of temperature on β -glucan content and adjustment of mathematical models. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 49, e025719, 2019.

TÖRÖS, G.; EL-RAMADY, H.; PROKISCH, J.; VELASCO, F.; LLANAJ, X.; NGUYEN, D. H.; PELES, F. Modulation of the gut microbiota with prebiotics and antimicrobial agents from *Pleurotus ostreatus* mushroom. *Foods*, v. 12, n. 10, p. 1–23, 2023.

TORRES-MARTÍNEZ, B.; VARGAS-SÁNCHEZ, R. D.; IBARRA-ARIAS, F. J.; IBARRA-TORRES, E. V.; TORRESCANO-URRUTIA, G. R.; SÁNCHEZ-ESCALANTE, A. Effect of extraction solvent on chemical composition, physicochemical and biological

properties of edible mushrooms extracts. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, v. 24, 2021.

TROLLER, J. A. Influence of water activity on microorganisms in foods. *Food Technology*, v. 29, p. 76-82, 1980.

TSOUPRAS, A.; DAVI, K. G. Bioactive metabolites from fungi with anti-inflammatory and antithrombotic properties: current status and future perspectives for drug development. In: *Fungi Bioactive Metabolites: Integration of Pharmaceutical Applications*. p. 427–494, 2024.

TSOUPRAS, ANTONIOS; DAVI, KONSTANTINA G. Bioactive Metabolites from Fungi with Anti-Inflammatory and Antithrombotic Properties: Current Status and Future Perspectives for Drug Development. In: DESHMUKH, S. K.; TAKAHASHI, J. A.; SAXENA, S. (Org.). *Fungi Bioactive Metabolites: Integration of Pharmaceutical Applications*. Springer, 2024. p. 427–494.

UKOM, A.; EGBUJOR, D.; NWANAGBA, L. N.; OKPARAUKA, I. Effect of Pretreatments and Drying Methods on The Physicochemical and Antioxidant Properties of Whole Eggplant (*Solanum Aethiopicum*) Flour. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, v. 20, n. 1, p. 31-40, 2023.

VAARIO, L. M.; MATSUSHITA, N. Conservation of edible ectomycorrhizal mushrooms: understanding of the ECM fungi mediated carbon and nitrogen movement within forest ecosystems. In: Ohyama, T.; Inubushi, K. (eds) *Nitrogen in agriculture—physiological, agricultural and ecological aspects*. Intech Open, 2021. p. 95399.

VARGAS-ISLA, R.; ISHIKAWA, N. K.; PY-DANIEL, V. Contribuições etnomicológicas dos povos indígenas da Amazônia. *Biota Amazônia*, v. 3, p. 58–65, 2013.

VEGA, A.; DE LEÓN, J. A.; MIRANDA, S.; REYES, S. M. Agro-industrial waste improves the nutritional and antioxidant profile of *Pleurotus djamor*. *Clean Waste Systems*, v. 2, p. 100018, 2022.

VETTER, J. The Mushroom Glucans: Molecules of High Biological and Medicinal Importance. *Foods*, v. 12, p. 1009, 2023.

VILLAMIEL, M.; GARCIA-PEREZ, J. V.; MONTILLA, A.; CARCEL, J. A.; BENEDITO, J. *Ultrasound in Food Processing: Recent Advances*. Chichester: John Wiley & Sons, 2017. 544 p.

VLASSOPOULOU, M.; YANNAKOULIA, M.; PLETSIA, V.; ZERVAKIS, G. I.; KYRIACOU, A. Effects of fungal beta-glucans on health – a systematic review of randomized controlled trials. *Food & Function*, v. 12, n. 8, p. 3366–3380, 2021.

WANG, Q.; YANG, Z.; REN, W. Ultrasound pretreatment enhances moisture migration and drying quality of mulberry via microstructure and cell-wall polysaccharides nanostructure modification. *Food Research International*, 2024.

WARTCHOW, F.; BUYCK, B.; MAIA, L. C. *Cantharellus aurantioconspicuus* (Cantharellales), a new species from Pernambuco, Brazil. *Nova Hedwigia*, v. 94, p. 129 – 137, 2012.

WU, H.; YANG, H.; YOU, X.; LI, Y. Isolation and characterization of saponin-producing fungal endophytes from *Aralia elata* in Northeast China. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 13, n. 12, p. 16255–16266, 2012.

YILDIZ, S.; YILMAZ, A.; CAN, Z.; KILIÇ, C.; YILDIZ, Ü. C. Total phenolic, flavonoid, tannin contents and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus citrinopileatus* cultivated on various sawdust. *Gıda*, v. 42, n. 3, p. 315–323, 2017.

ZAKI, A. A.; KADDAH, M. M. Y.; ABULKHAIR, H. S.; ASHOUR, A. Unravelling the antifungal and antiprotozoal activities and LC-MS/MS quantification of steroidal saponins isolated from *Panicum turgidum*. *RSC Advances*, v. 12, n. 5, p. 2980–2991, 2022.

ZAWADZKA, A.; JANCZEWSKA, A.; KOBUS-CISOWSKA, J.; DZIEDZIŃSKI, M.; SIWULSKI, M.; CZARNIECKA-SKUBINA, E.; STUPER-SZABLEWSKA, K. The effect of light conditions on the content of selected active ingredients in anatomical parts of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.). *Plos one*, v. 17, n. 1, e0262279, 2022.

ZIĘBA, P.; SEKARA, A.; BERNAS, E.; KRAKOWSKA, A.; SUŁKOWSKA-ZIAJA, K.; KUNICKI, E.; SUCHANEK, M.; MUSZYŃSKA, B. Supplementation with magnesium salts—a strategy to increase nutraceutical value of *Pleurotus djamor* fruiting bodies. *Molecules*, v. 26, n. 11, 3273, 2021.